



NOEMI CRISTINA ALMEIDA PINTO

**APLICAÇÕES DA GENÉTICA E DA GENEALOGIA NA
INVESTIGAÇÃO CRIMINAL**

Cuiabá/MT

2025

NOEMI CRISTINA ALMEIDA PINTO

**APLICAÇÕES DA GENÉTICA E DA GENEALOGIA NA
INVESTIGAÇÃO CRIMINAL**

Projeto de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Avaliadora do Curso de Biomedicina, da
Faculdade Fasipe, como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Biomedicina

Orientador(a): Michell Charlles de Souza Costa

Cuiabá/MT

2025

NOEMI CRISTINA ALMEIDA PINTO

**APLICAÇÕES DA GENÉTICA E DA GENEALOGIA NA
INVESTIGAÇÃO CRIMINAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Biomedicina da FASIPE-CPA, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em BIOMEDICINA.

Aprovado em:

Professor Orientador: XXXXXXXXX
Departamento de Biomedicina - FASIPE

Professor(a) Avaliador(a):
Departamento de Biomedicina - FASIPE

Professor(a) Avaliador(a): Prof. Michell Charles
Departamento de Biomedicina - FASIPE

Profº. Me. XXXXXX
Coordenador do Curso de Biomedicina
FASIPE - Faculdade CPA

**Cuiabá- MT
2025**

APÊNDICE V

PROTOCOLO DE ENTREGA DA VERSÃO FINAL

Eu _____, orientador(a), pelo presente termo declaro ter feito a devida revisão do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “_____” de autoria do(a) Graduando(a), _____, do(a) qual fui orientador(a) e certifiquei de que todas as orientações, sugestões e necessidades de correções feitas pela Banca Examinadora da Defesa foram acatadas e cumpridas.

Sendo assim, o texto está pronto para ser entregue à Coordenação de Curso de Biomedicina conforme previsto no Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso.

Cuiabá- MT, de de 2025.

Assinatura do Orientador

DEDICO,

Primeiramente a Deus, por ter me dado discernimento, saúde e a oportunidade de chegar até aqui. Assim como a todos os que lutam por justiça, mesmo quando a verdade parece invisível.

AGRADEÇO,

Agradeço, com todo meu carinho, aos meus pais, pelo apoio incondicional e pelos sacrifícios feitos para que eu pudesse concluir essa etapa da minha vida. Sua dedicação e ajuda com os custos da faculdade foram fundamentais para que este sonho se tornasse realidade.

Às minhas avós, símbolo de força, sabedoria e ternura, que com suas palavras e exemplos me inspiraram a nunca desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Michell Charles, pela paciência, orientação cuidadosa e por acreditar no meu potencial, contribuindo de forma essencial para a construção deste trabalho.

EPÍGRAFE

"A ciência forense transforma vestígios invisíveis em verdades incontestáveis."

- Adaptado de princípios da Genética Forense

Cada molécula de DNA possui um perfil único. A biomedicina forense busca ler essa e separar cada um desses perfis em busca da justiça através da ciência.

NOEMI CRISTINA ALMEIDA PINTO. APLICAÇÕES DA GENÉTICA E DA GENEALOGIA NA INVESTIGAÇÃO CRIMINAL, 2025. 42 folhas. Monografia de Conclusão de Curso- FASIPE- Faculdade de CPA.

RESUMO

A genética e a genealogia vêm transformando a investigação criminal ao possibilitar a identificação precisa de indivíduos, mesmo a partir de vestígios biológicos degradados ou escassos. A genealogia genética, aliada à análise de DNA, tem ampliado a capacidade da perícia em solucionar casos complexos e antigos por meio da identificação de suspeitos e parentes distantes. Este estudo teve como objetivo descrever as principais aplicações da genética e da genealogia na investigação criminal, com ênfase em suas técnicas, regulamentações e aspectos éticos. A metodologia adotada foi a revisão narrativa da literatura, com base em artigos publicados entre 2013 e 2024, extraídos de bases como Google Acadêmico, PubMed, SciELO e Jusbrasil. Foram incluídas apenas fontes em português e inglês, excluindo-se sites não oficiais ou desalinhados com o objetivo do estudo. Técnicas como PCR, STRs, SNPs, DNA mitocondrial, cromossomo Y e NGS têm se destacado por sua alta precisão. A efetividade dessas análises depende do correto manejo das amostras biológicas e do respeito à cadeia de custódia. Bancos de dados genéticos, como o CODIS, NDNAD e o BNPG brasileiro, ampliam a capacidade investigativa, embora levantem questões éticas relacionadas à privacidade e ao consentimento. A Lei nº 13.964/2019 regulamenta o uso desses dados no Brasil. O biomédico forense, quando habilitado, tem papel essencial na coleta, análise e emissão de laudos, devendo atuar com ética, competência técnica e respeito aos direitos humanos. Conclui-se que a genética e a genealogia revolucionaram a perícia criminal, oferecendo ferramentas eficazes para a identificação de indivíduos e a resolução de crimes. Para que seus benefícios sejam plenamente alcançados, é necessário rigor técnico, regulamentação adequada e profissionais qualificados.

Palavras-chave: Genética, Genealogia, Perícia

NOEMI CRISTINA ALMEIDA PINTO. **APPLICATIONS OF GENETICS AND GENEALOGY IN CRIMINAL INVESTIGATION**, 2025. 42 pages. Course Completion Monograph - FASIPE - CPA Faculty.

ABSTRACT

Genetics and genealogy have been transforming criminal investigation by enabling the precise identification of individuals, even from degraded or scarce biological traces. Genetic genealogy, combined with DNA analysis, has expanded the ability of forensics to solve complex and old cases by identifying suspects and distant relatives. This study aimed to describe the main applications of genetics and genealogy in criminal investigation, with an emphasis on their techniques, regulations, and ethical aspects. The methodology adopted was a narrative review of the literature, based on articles published between 2013 and 2024, extracted from databases such as Google Scholar, PubMed, SciELO, and Jusbrasil. Only sources in Portuguese and English were included, excluding unofficial sites or those not aligned with the objective of the study. Techniques such as PCR, STRs, SNPs, mitochondrial DNA, Y chromosome, and NGS have stood out for their high accuracy. The effectiveness of these analyses depends on the correct handling of biological samples and respect for the chain of custody. Genetic databases, such as CODIS, NDNAD and the Brazilian BNPG, expand investigative capacity, although they raise ethical issues related to privacy and consent. Law No. 13.964/2019 regulates the use of these data in Brazil. Forensic biomedical professionals, when qualified, play an essential role in the collection, analysis and issuance of reports, and must act ethically, with technical competence and respect for human rights. It is concluded that genetics and genealogy have revolutionized criminal expertise, offering effective tools for identifying individuals and solving crimes. In order for their benefits to be fully realized, technical rigor, adequate regulation and qualified professionals are necessary.

Keywords: Genetics, Genealogy, Forensics

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Genealogia e sua Aplicação Forense: Fundamentos, Benefícios e Desafios.....	21
QUADRO 2: Bancos de Dados Genéticos na Investigação Criminal: Descrição Comparativa.....	24
QUADRO 3: Parâmetros de Coleta, Conservação e Análise de Amostras Biológicas Forenses.....	26
QUADRO 4: Principais Técnicas Genéticas Aplicadas à Perícia Criminal.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Genética forense: histórico e evolução	17
2.2 Genealogia Genética e sua Inserção na Perícia Criminal	19
2.3 Banco de Dados Genéticos: Estrutura, Funcionamento e Impacto	22
2.4 Coleta, Conservação e Análise de Amostras Biológicas	25
2.5 Principais técnicas genéticas utilizadas na perícia criminal	27
2.6. Aspectos Éticos, Legais e Bioéticos do Uso de Dados Genéticos	31
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
4. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

A genealogia é o ramo do conhecimento voltado ao estudo da origem e da filiação de indivíduos e famílias. Tradicionalmente utilizada para fins históricos e pessoais, essa área tem ganhado cada vez mais destaque na perícia criminal, principalmente quando associada aos avanços da genética. O ácido desoxirribonucleico (DNA) tornou-se uma das principais provas técnicas utilizadas em julgamentos criminais, tendo grande impacto sobre as decisões de jurados e juízes. Através da análise genética, é possível identificar indivíduos, estejam eles vivos ou mortos, estabelecer vínculos biológicos entre suspeitos e vítimas, e até mesmo elucidar crimes antigos que permaneceram sem solução por limitações tecnológicas da época. Isso se torna viável graças à existência de bancos de dados genéticos cada vez mais abrangentes (ASSIS, 2022).

Por sua vez, a perícia criminal é uma área essencial das ciências forenses, dedicada à análise técnica de evidências físicas encontradas em locais de crime. Por meio de métodos científicos rigorosos, busca-se reconstruir a dinâmica dos fatos, identificar os envolvidos e compreender as circunstâncias que cercaram o delito. Essa atividade, muitas vezes determinante na condução de um processo judicial, exige a atuação de peritos especializados, incluindo biomédicos capacitados em genética forense, biologia molecular, toxicologia e outras áreas correlatas (COLAVITE; FRANCA; FARJE, 2021).

Com os recentes avanços tecnológicos e o uso crescente de dados genéticos na identificação de suspeitos, vítimas e seus familiares, ressalta-se a importância da criação de bancos de dados genéticos amplos e bem integrados. Tais bancos contribuem significativamente para o aprimoramento das técnicas investigativas, permitindo que uma amostra de DNA inicialmente não identificada possa ser associada a um indivíduo específico, seja por comparação direta ou por meio de algum familiar previamente registrado (KATSANIS, 2020).

Nesse contexto, destacam-se três métodos principais de análise genética aplicados à investigação criminal: o DNA fingerprinting, que permite identificar um indivíduo por

sequências específicas de seu DNA; a fenotipagem, que utiliza informações genéticas para prever características físicas e ancestralidade; e a genética molecular, que estuda a estrutura e o funcionamento do DNA de forma mais ampla. Diante dessas tecnologias emergentes, surgem também questionamentos acerca de sua conformidade com a legislação brasileira vigente, especialmente no que se refere à privacidade, consentimento e uso ético dos dados genéticos (DAL SOCHIO, R. O., 2022).

Na perícia criminal, a Biomedicina atua de forma central na análise de materiais biológicos, como sangue, saliva, cabelos e demais materiais orgânicos. Entre as diversas técnicas utilizadas pelos peritos biomédicos, a genealogia genética se destaca como uma abordagem inovadora e promissora, especialmente em casos em que a identificação de suspeitos ou vítimas pode ser feita a partir do estudo das relações familiares e linhagens genéticas. Essa técnica permite a elaboração de um perfil genético detalhado, que pode ser utilizado tanto para excluir quanto confirmar a participação de um indivíduo em determinado caso (FARJE, 2021).

Nas últimas décadas, a integração entre bases de dados genéticos e programas de mapeamento genealógico tem gerado avanços significativos no campo da investigação criminal. Casos complexos, como homicídios não solucionados há anos e desaparecimentos misteriosos, têm sido finalmente resolvidos por meio da associação entre análises de DNA e investigações genealógicas. O uso dessa técnica inovadora tem crescido exponencialmente, oferecendo evidências altamente precisas e contribuindo com a solução de casos antes considerados insolúveis (B.A, 2022).

A IGG (genealogia genética investigativa) é um campo emergente da ciência forense, em rápida expansão. Esse método se baseia em dados de Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs), que podem incluir mais de meio milhão de marcadores genéticos, permitindo inferir relações de parentesco não apenas próximas, mas até mesmo distantes, ultrapassando o grau de primos de primeiro grau. Em escala forense, as técnicas de correspondência genética e análise de SNPs são aplicadas para identificar suspeitos de crimes ou localizar pessoas desaparecidas com um grau de precisão antes inalcançável (KLING, 2021).

A genética forense permite confirmar, por exemplo, o contato direto entre um suspeito e uma vítima, enquanto a genealogia genética amplia as possibilidades ao identificar familiares ou ancestrais por meio de grandes bases de dados de DNA. Essa abordagem já levou à resolução de crimes antigos em diversos países, redefinindo os limites da investigação tradicional. No entanto, a ausência de um sistema unificado de dados genéticos ainda representa um desafio. Em situações em que o autor do crime atua em diferentes regiões, sem vínculos locais aparentes, a investigação pode se tornar mais lenta e complexa. No Brasil, já existem iniciativas voltadas

à unificação desses dados, amparadas pela Lei nº 13.964/2019, que, em seu Art. 7º-C, prevê a coleta e uso de perfis genéticos para fins de identificação criminal. A regulamentação legal oferece um importante respaldo para o crescimento dessa tecnologia no país, possibilitando avanços significativos na ciência forense nacional.

Este estudo tem como objetivo descrever o funcionamento da genética e da genealogia no contexto da perícia criminal, destacando sua relevância na identificação de suspeitos e vítimas. Serão abordadas as principais técnicas empregadas, seus benefícios, desafios éticos e metodológicos, bem como o impacto dessas ferramentas na resolução de delitos. Além disso, será discutido o processo de coleta, conservação e análise das amostras genéticas, e a forma como os resultados devem ser apresentados. Também será investigada a existência e a eficácia de um sistema de dados genéticos no Brasil, considerando seu potencial contributivo para a investigação criminal.

A metodologia adotada foi a revisão narrativa da literatura, uma vez que não foram utilizados critérios sistemáticos para a seleção dos estudos. A coleta de dados foi fundamentada em pesquisas teóricas, abrangendo artigos científicos publicados entre 2013 e 2024. As fontes foram obtidas por meio de bases de dados reconhecidas, como Google Acadêmico, PubMed, SciELO, Jusbrasil e repositórios especializados em ciências forenses e perícia criminal. Além disso, foram considerados apenas artigos disponíveis em português e inglês, sendo descartados sites não oficiais ou que não estejam alinhados com os objetivos deste estudo. Todos os materiais selecionados atenderam aos critérios éticos e apresentaram conteúdo validado. Quanto aos aspectos éticos da pesquisa, uma vez que se trata de um estudo baseado exclusivamente em revisão de literatura, não foi necessária a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa. Todas as fontes utilizadas serão devidamente referenciadas, garantindo a integridade e a transparência do trabalho.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Descrever sobre as aplicações da genética e da genealogia na investigação criminal.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Compreender o que é a genética e como ela é aplicada na prática forense;
- Compreender o conceito de genealogia e sua utilização nas investigações criminais;

- Descrever como deve ser realizada a coleta e o processamento de amostras para exames genéticos na perícia;
- Apresentar inovações recentes na área investigativa que envolvem a genética e a genealogia;
- Identificar as principais técnicas e exames genéticos utilizados na perícia criminal para a resolução de crimes, bem como os principais marcadores moleculares associados a cada método;
- Relatar os benefícios de um banco de dados genético eficiente e seu papel na identificação de suspeitos e vítimas, por meio do registro de perfis genéticos de indivíduos ou de seus familiares.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Genética forense: histórico e evolução

A genética forense revolucionou a investigação criminal ao permitir a identificação precisa de indivíduos por meio do DNA, extraído de vestígios biológicos como sangue, sêmen, saliva e cabelos. Antes da introdução dessas técnicas, os métodos tradicionais se baseavam em impressões digitais, análise de grupos sanguíneos e tipagens enzimáticas, que embora úteis, não possuíam o mesmo grau de especificidade individual (JOBIM et al., 2021).

O marco inicial da genética forense ocorreu em 1984, quando o geneticista britânico Alec Jeffreys desenvolveu a técnica de "impressão digital de DNA" (*DNA fingerprinting*), capaz de identificar padrões genéticos únicos em cada indivíduo. Essa metodologia foi aplicada pela primeira vez em um caso criminal na Inglaterra, envolvendo os assassinatos de Lynda Mann e Dawn Ashworth. A análise do DNA revelou que o mesmo indivíduo era o responsável por ambos os crimes, e inocentou Richard Buckland, que havia confessado sob coação. O verdadeiro autor, Colin Pitchfork, foi identificado por meio de um extenso rastreamento genético e se tornou o primeiro condenado com base em provas de DNA (SILVA et al., 2018).

Nos Estados Unidos, um marco significativo foi o caso “Florida v. Andrews”, em 1986, quando o DNA foi aceito como prova pela primeira vez em uma corte americana, resultando na condenação de Tommie Lee Andrews por estupro. Este caso estabeleceu precedentes legais importantes e demonstrou a relevância do DNA como ferramenta jurídica. Com o avanço da biotecnologia, a técnica inicial evoluiu para métodos mais robustos, como a análise de microssatélites ou *short tandem repeats* (STRs), que oferecem maior sensibilidade e especificidade. Além disso, técnicas como análise do DNA mitocondrial e do cromossomo Y passaram a ser empregadas em situações em que o DNA nuclear está degradado ou em quantidades mínimas (BUTLER, 2015).

Casos emblemáticos ao longo do tempo demonstraram tanto o potencial quanto os desafios da genética forense. Um exemplo notório foi o chamado “Caso Fantasma de Heilbronn” (1993–2009), em que a polícia alemã acreditava que uma mesma mulher estava

envolvida em diversos crimes devido à presença recorrente de um perfil genético. Anos depois, descobriu-se que os swabs usados para coleta estavam contaminados por uma funcionária da fábrica, evidenciando a importância de protocolos rigorosos na manipulação de evidências (PRAINSACK & TOOM, 2013).

No Brasil, o uso da genética forense ganhou destaque internacional com o caso do assalto à transportadora de valores Prosegur, em Ciudad del Este (2017). A análise do DNA encontrado na cena do crime, cruzada com o Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG), permitiu vincular os envolvidos a outros 18 crimes cometidos em território brasileiro. Esse episódio evidenciou a eficácia do compartilhamento de dados genéticos em investigações transnacionais (BONACCORSO, 2022).

Além do BNPG, outros bancos genéticos têm papel fundamental na segurança pública global. Nos Estados Unidos, o sistema *Combined DNA Index System* (CODIS), desenvolvido pelo FBI, é um exemplo consolidado de banco de perfis genéticos que auxilia na elucidação de crimes, especialmente em casos de agressões sexuais e homicídios em série (BUTLER, 2015). Outros casos emblemáticos incluem a identificação dos restos mortais da família Romanov, assassinada durante a Revolução Russa, por meio de DNA mitocondrial (GILL et al., 1994), e o uso do DNA para identificar vítimas dos atentados de 11 de setembro de 2001. A genética também tem desempenhado um papel humanitário, como na localização de filhos de desaparecidos políticos durante as ditaduras militares na América Latina, utilizando testes de DNA para reconstituir laços familiares (PENCHASZADEH & SCHULER-FACCINI, 2014).

Esses avanços consolidam a genética forense como uma das ferramentas mais poderosas da ciência aplicada à justiça, promovendo transformações significativas nos sistemas jurídicos e investigativos ao redor do mundo. A possibilidade de individualizar perfis genéticos a partir de vestígios mínimos permite não apenas identificar e responsabilizar os verdadeiros culpados, mas também absolver inocentes condenados injustamente, corrigindo erros judiciais que poderiam resultar em penas severas e até em prisões prolongadas de indivíduos inocentes (BUTLER, 2015; SILVA et al., 2018).

Além de seu impacto direto na resolução de crimes, a genética forense tem se mostrado essencial em processos de reparação histórica e humanitária. Casos emblemáticos, como a identificação de vítimas de conflitos armados e regimes autoritários, demonstram o alcance ético e social dessa tecnologia. No contexto latino-americano, por exemplo, testes de DNA têm sido fundamentais para reunir famílias separadas por ditaduras militares, como no trabalho das Avós da Praça de Maio na Argentina, que buscam seus netos desaparecidos por meio da análise genética (PENCHASZADEH & SCHULER-FACCINI, 2014).

Outro aspecto relevante é o fortalecimento da confiança pública nas instituições de justiça. A utilização de métodos genéticos rigorosos e cientificamente validados contribui para investigações mais transparentes e decisões judiciais mais robustas, diminuindo a dependência de confissões obtidas sob pressão ou de provas circunstanciais (JOBIM et al., 2021). Em um cenário cada vez mais exigente por evidências técnicas e objetivas, a genética forense ocupa um lugar de destaque como aliada da verdade e dos direitos humanos.

Dessa forma, seu papel transcende o âmbito criminal, tornando-se uma ferramenta estratégica para a promoção da justiça, da dignidade humana e da memória coletiva, ao mesmo tempo em que impõe desafios éticos e legais que exigem regulamentações claras, vigilância institucional e formação especializada dos profissionais envolvidos (PRAINSACK & TOOM, 2013; BONACCORSO, 2022).

2.2 Genealogia Genética e sua Inserção na Perícia Criminal

A genética é uma ciência fundamental que estuda os genes, a hereditariedade e a variação das características nos organismos vivos, buscando compreender como as informações biológicas são transmitidas de uma geração para outra. Seu desenvolvimento tem sido crucial para o entendimento das bases moleculares de doenças, permitindo avanços significativos em diagnóstico, prognóstico e terapias personalizadas. Além disso, a genética é um instrumento valioso para a análise de identidade biológica, sendo amplamente utilizada em testes de paternidade, reconhecimento de vítimas de desastres e investigações criminais. O avanço das técnicas de biologia molecular e o mapeamento do genoma humano tornaram possível a identificação de indivíduos com precisão sem precedentes, mesmo a partir de amostras degradadas ou mínimas, reforçando a importância da genética no contexto forense (ARAÚJO & MATOS, 2024).

Paralelamente, a genealogia, tradicionalmente definida como o estudo da origem e linhagem de indivíduos e famílias, tem servido como uma ferramenta para compreender trajetórias históricas, composições familiares e relações sociais. Através da análise de documentos históricos, registros civis, relatos orais e arquivos religiosos, os genealogistas conseguem reconstruir árvores genealógicas detalhadas, permitindo análises sobre a manutenção de poder, heranças sociais e mobilidade entre classes. No contexto brasileiro, esse tipo de estudo tem sido particularmente útil para investigar a formação de elites políticas e econômicas, assim como dinâmicas de mestiçagem e ancestralidade em um país de grande diversidade étnica. No entanto, embora a genealogia tradicional tenha grande valor histórico e

sociológico, suas limitações se evidenciam quando os registros são escassos, ausentes ou imprecisos (OLIVEIRA, 2022).

É nesse ponto que a IGG surge como um método inovador ao aliar a precisão da genética à lógica investigativa da genealogia (QUADRO 1). Trata-se da utilização de perfis de DNA para identificar laços de parentesco entre indivíduos, mesmo que distantes, com base em bancos de dados genéticos voluntários. Esse processo se inicia a partir de um perfil genético, muitas vezes colhido em cenas de crimes ou restos mortais que, ao ser inserido em plataformas como GEDmatch ou FamilyTreeDNA, é comparado com milhares de outros perfis, permitindo a identificação de parentes em graus variados. A partir dessas informações, os investigadores constroem uma árvore genealógica reversa que pode conduzir à identidade do suspeito ou da vítima. Essa abordagem tem se mostrado extremamente eficaz, especialmente em casos arquivados há décadas, onde outras técnicas investigativas já se mostraram infrutíferas (JACQUES & MENEZES, 2021).

Um dos casos mais emblemáticos da aplicação da IGG foi a prisão de Joseph DeAngelo, o Golden State Killer, responsável por uma série de estupros e assassinatos na Califórnia entre as décadas de 1970 e 1980. Após anos de investigações sem resultados, seu DNA foi comparado com dados disponíveis no GEDmatch, levando os peritos a parentes distantes e, por meio da construção genealógica, à identificação do criminoso (ROBERTS, 2019). Desde então, dezenas de outros casos foram solucionados nos Estados Unidos utilizando a mesma abordagem, como o assassinato de Carla Walker, ocorrido em 1974, cuja resolução só foi possível graças à genealogia genética. O sucesso da técnica reforça seu potencial, especialmente em situações em que o banco de perfis criminais tradicional não fornece correspondências diretas.

Diversas plataformas comerciais como 23andMe, AncestryDNA, MyHeritageDNA e FamilyTreeDNA oferecem testes de ancestralidade ao público, gerando grandes bancos de dados genéticos. Embora o objetivo principal desses testes seja recreativo e informativo para os usuários, parte desses dados pode ser compartilhada em repositórios públicos mediante consentimento, como o GEDmatch, que tem colaborado com investigações policiais. A análise cruzada de dados genéticos e informações genealógicas desses bancos possibilita não apenas identificar suspeitos, mas também vítimas não reconhecidas, aumentando significativamente a capacidade das autoridades de solucionar crimes e localizar desaparecidos (RAYMOND et al., 2020).

No Brasil, a aplicação da IGG ainda é incipiente, enfrentando obstáculos jurídicos, éticos e estruturais. Apesar de algumas iniciativas acadêmicas e parcerias com órgãos de segurança pública, como institutos de criminalística e laboratórios de genética forense, o país

carece de uma regulamentação específica sobre o uso de bancos genéticos privados para fins investigativos. A ausência de legislação clara sobre consentimento e privacidade, somada à baixa representação da diversidade genética da população brasileira nos bancos de dados internacionais, limita a aplicabilidade plena da IGG no cenário nacional. Além disso, há desafios logísticos, como a ausência de infraestrutura tecnológica adequada e a escassez de profissionais capacitados na área (RODRIGUES et al., 2023).

Apesar desses entraves, os benefícios da IGG são notáveis. Entre as principais vantagens está a possibilidade de identificar suspeitos mesmo sem registros no banco de perfis criminais, o que amplia significativamente o alcance das investigações. Essa técnica também permite a resolução de casos antigos ou sem pistas consistentes, bem como a identificação de pessoas desaparecidas por meio do DNA de parentes distantes. No entanto, as limitações precisam ser consideradas com cautela. Há riscos de falsos positivos em populações sub-representadas nos bancos genéticos, além de preocupações éticas quanto ao uso de dados de terceiros sem consentimento explícito. A utilização dessas informações exige protocolos rigorosos, transparência e uma abordagem ética que respeite os direitos individuais, equilibrando a eficácia investigativa com a proteção da privacidade (RODRIGUES et al., 2023).

Portanto, a IGG representa um dos avanços mais promissores na interseção entre genética, genealogia e criminalística. Sua eficácia tem sido amplamente comprovada em diversos países, permitindo a resolução de crimes complexos e antigos que pareciam insolúveis. No entanto, para que essa ferramenta seja plenamente incorporada à realidade brasileira, é necessário o desenvolvimento de políticas públicas, marcos legais específicos e investimentos em capacitação técnica. Somente assim será possível garantir que seu uso ocorra de forma ética, segura e eficaz, contribuindo de maneira decisiva para o aprimoramento da justiça e da ciência forense no país (GERSHMAN, 2019).

QUADRO 1: Genealogia e sua Aplicação Forense: Fundamentos, Benefícios e Desafios

Aspecto	Descrição
Definição	Estudo da origem, linhagem e história familiar de indivíduos e grupos sociais, por meio da análise de documentos e registros históricos.
Fontes Utilizadas	Certidões (nascimento, casamento, óbito), registros paroquiais, testamentos, censos, relatos orais, arquivos públicos e privados.
Objetivos	Reconstruir árvores genealógicas, identificar antepassados, compreender estruturas familiares e dinâmicas sociais ao longo do tempo.
Importância Social	Contribui para a valorização da ancestralidade, identidade cultural, compreensão da formação de grupos sociais e contextos históricos.
Aplicações Históricas	Estudo da formação populacional, movimentos migratórios, composição étnica, redes de parentesco, análise de famílias influentes.

Vantagens	• Preserva a memória familiar e social • Apoia pesquisas históricas e sociológicas • Favorece investigações criminais em associação com a genética
Limitações	• Ausência ou destruição de registros • Incompletude de informações • Sub-representação de grupos marginalizados • Possível viés interpretativo
Contexto Brasileiro	Fundamental para reconstruir a diversidade cultural e étnica, especialmente diante da escassez de registros de populações indígenas, africanas e pobres.

FONTE: Autor Próprio

2.3 Banco de Dados Genéticos: Estrutura, Funcionamento e Impacto

O uso de bancos de dados genéticos tem se mostrado um aspecto crucial na investigação criminal contemporânea (QUADRO 2). Esses sistemas armazenam informações genéticas com o objetivo de identificar suspeitos, verificar antecedentes criminais e cruzar amostras coletadas em cenas de crime. Representam, assim, uma ferramenta poderosa para a resolução rápida e eficaz de casos complexos. Contudo, sua implementação e uso apresentam desafios significativos, como questões relacionadas à privacidade, qualidade dos dados e regulamentação do acesso. Segundo Silva e Lima (2020), a manutenção da confidencialidade e o consentimento informado são pilares fundamentais para legitimar o uso desses dados em investigações forenses, prevenindo abusos e protegendo os direitos individuais.

Nos Estados Unidos, o FBI desenvolveu o *Combined DNA Index System* (CODIS), baseado na análise de *Short Tandem Repeats* (STRs), regiões altamente polimórficas do DNA que oferecem alta capacidade de discriminação entre indivíduos (BUTLER, 2006). O CODIS é estruturado em três níveis, local, estadual e nacional, permitindo uma integração eficiente e a troca rápida de informações genéticas entre as agências policiais (ROH & SEO, 2020). Butler (2015) destaca que o uso de STRs é considerado o padrão ouro em identificação forense, devido à sua estabilidade e variabilidade genética, o que possibilita o confronto de perfis mesmo em amostras degradadas. Apesar dos bons resultados obtidos, Kirk (2019) ressalta que o uso extensivo desses bancos levanta preocupações éticas, sobretudo quanto à coleta de dados de indivíduos não condenados, o que exige protocolos rigorosos para garantir a privacidade genética.

No Reino Unido, o *National DNA Database* (NDNAD), criado em 1995, foi o primeiro banco nacional de DNA e hoje conta com mais de 6 milhões de perfis, cerca de 9,6% da população do país (MORETON et al., 2012). Um dos grandes avanços do NDNAD é a utilização de técnicas de busca familiar, que se baseiam em perfis parciais para indicar possíveis parentes próximos de um indivíduo desconhecido. Essa abordagem tem se mostrado eficaz para

solucionar casos antigos e complexos. Ballard et al. (2013) demonstram que a análise de parentesco por busca familiar amplia significativamente a capacidade investigativa, embora também levante questões éticas, especialmente relacionadas ao uso de dados de indivíduos que não consentiram com sua inclusão no banco.

Na Europa, a *European Forensic Genetics Network of Excellence* (EUROFORGEN) promove a padronização de métodos, protocolos e interpretações em genética forense, o que aumenta a comparabilidade dos resultados entre laboratórios (KAYSER et al., 2014). Além disso, a rede apoia pesquisas em fenotipagem de DNA e ancestralidade genética, ferramentas inovadoras capazes de fornecer informações adicionais sobre características físicas e origem geográfica dos indivíduos (PHILLIPS et al., 2014). Esse avanço tecnológico é essencial para investigações que envolvem múltiplos países, especialmente no contexto da União Europeia, onde a livre circulação de pessoas facilita a transnacionalidade de crimes.

No Brasil, o desenvolvimento de bancos de dados genéticos para fins forenses ainda enfrenta diversos entraves. O *Banco Nacional de Perfis Genéticos* (BNPG), instituído pela Lei nº 12.654/2012 e atualizado pela Lei nº 13.964/2019, é voltado para a coleta obrigatória de perfis em crimes hediondos, violentos e contra a liberdade sexual (Garcia, 2021). Apesar do marco legal, Conceição (2019) alerta para a sub-representatividade do banco, que possui cerca de 14.922 perfis, enquanto dados da *Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos* (RIBPG) indicam que mais de 137 mil perfis de condenados ainda não foram cadastrados, comprometendo sua eficácia. Outro desafio importante é a diversidade genética da população brasileira, marcada pela intensa miscigenação. Essa variabilidade impõe dificuldades na construção de bancos representativos e na correta interpretação dos dados, uma vez que os marcadores genéticos podem variar em frequência entre diferentes grupos étnicos (SANTOS et al., 2018).

Além dos aspectos técnicos, a infraestrutura limitada e a escassez de profissionais especializados em genética forense constituem sérios obstáculos à consolidação do BNPG. Oliveira et al. (2020) destacam a urgência de investimentos em equipamentos de alta capacidade analítica e na formação contínua de técnicos e peritos, visando à garantia da qualidade e confiabilidade dos dados genéticos. Paralelamente, questões éticas e legais, como a coleta, armazenamento e uso de dados pessoais, ainda carecem de regulamentações claras, especialmente no que diz respeito ao consentimento informado e à proteção da privacidade (FERNANDES & COSTA, 2022). A ausência de uma política pública robusta dificulta a expansão segura e eficiente do banco.

Mesmo diante desses desafios, o BNPG tem demonstrado resultados promissores, contribuindo para a solução de cerca de 559 investigações criminais, o que evidencia seu potencial transformador na justiça brasileira (Costa, 2019). A integração com bases internacionais e a adoção de técnicas emergentes, como a genealogia genética, podem ampliar significativamente a capacidade de identificação de suspeitos e vítimas, sobretudo em casos antigos ou sem pistas concretas (JACQUES & MENEZES, 2021).

As perspectivas futuras para os bancos de dados genéticos na investigação criminal são promissoras. Avanços nas tecnologias de sequenciamento, inteligência artificial e bioinformática deverão permitir análises mais precisas e eficientes, inclusive na detecção de perfis complexos e misturas de DNA (PEREIRA et al., 2023). No entanto, para que essas inovações sejam plenamente aproveitadas, será imprescindível a implementação de políticas públicas que priorizem a capacitação técnica, infraestrutura adequada e o desenvolvimento de marcos regulatórios sólidos. Dessa forma, os bancos genéticos poderão consolidar-se como ferramentas indispensáveis na promoção da segurança pública, com eficácia, transparência e respeito aos direitos fundamentais (MARTINS et al., 2022).

QUADRO 2: Bancos de Dados Genéticos na Investigação Criminal: Descrição Comparativa

País/Região	Banco de Dados	Características	Desafios Éticos
Estados Unidos	CODIS (Combined DNA Index System)	Baseado em STRs; três níveis (local, estadual, nacional); alta discriminação genética; integração rápida entre agências.	Coleta de dados de não condenados; necessidade de protocolos para privacidade genética (KIRK, 2019).
Reino Unido	NDNAD (National DNA Database)	Primeiro banco nacional (1995); mais de 6 milhões de perfis; técnicas de busca familiar.	Uso de dados sem consentimento; implicações éticas na análise de parentesco (BALLARD et al., 2013).
Europa	EUROFORGEN (European Forensic Genetics Network of Excellence)	Padronização de métodos e protocolos; fenotipagem de DNA; ancestralidade genética; cooperação internacional.	Privacidade em contextos transnacionais; harmonização legal entre países membros.
Brasil	BNPG (Banco Nacional de Perfis Genéticos)	Instituído por lei (2012); coleta em crimes hediondos; resultados positivos em 559 investigações.	Infraestrutura precária; falta de profissionais; sub-representatividade; diversidade genética e regulamentação insuficiente.

FONTE: Autor Próprio

2.4 Coleta, Conservação e Análise de Amostras Biológicas

A coleta, conservação e análise de amostras biológicas constituem etapas fundamentais no processo de investigação criminal. Essas atividades devem ser realizadas com extremo rigor técnico, pois os vestígios biológicos podem representar a principal ou única evidência capaz de vincular um indivíduo à cena do crime ou à vítima, influenciando diretamente no curso do inquérito e na decisão judicial. O manuseio inadequado, a contaminação ou o armazenamento incorreto podem comprometer os exames posteriores, levando a resultados falsos-negativos ou até mesmo à inviabilidade da análise (SILVA et al., 2021). Segundo Franco et al. (2020), a aplicação de protocolos padronizados e validados é essencial para assegurar a integridade da amostra e a confiabilidade dos laudos periciais. Além disso, o avanço das técnicas moleculares aumentou a sensibilidade das análises, tornando ainda mais necessário o cuidado com as etapas pré-analíticas.

Diversos tipos de materiais biológicos podem ser utilizados nas investigações forenses, sendo os mais comuns: sangue, sêmen, saliva, pele, cabelo e ossos (QUADRO 3). O sangue é considerado uma das amostras mais valiosas em genética forense devido à sua riqueza em DNA nuclear, e sua presença pode indicar dinâmica de eventos violentos. Ele pode ser coletado em tecidos humanos, superfícies sólidas, armas, roupas e ambientes diversos. Estudos mostram que mesmo amostras de sangue degradadas podem fornecer material genético utilizável, desde que os protocolos de extração e purificação sejam adequados (BUTLER, 2015; JOBIM et al., 2019).

O sêmen, por sua vez, é especialmente relevante em crimes de natureza sexual, possibilitando a identificação do agressor através da tipagem genética. A coleta deve ocorrer preferencialmente nas primeiras horas após o ato, pois a quantidade de espermatozoides diminui com o tempo e as condições ambientais podem acelerar a degradação (FERREIRA et al., 2018). Técnicas como a extração diferencial permitem separar o DNA do agressor do da vítima, aumentando a precisão dos resultados (BUTLER, 2015).

A saliva é uma fonte acessível de DNA, frequentemente encontrada em objetos como copos, canudos, cigarros e envelopes. Apesar da menor concentração de células epiteliais em comparação ao sangue, ela pode ser suficiente para análise, especialmente com o uso de técnicas modernas de PCR (REALE et al., 2022). A pele e os cabelos também são fontes relevantes de material genético, principalmente em situações de luta corporal ou contato físico. Fios de cabelo com bulbo são mais adequados para análise de DNA nuclear, enquanto os fios sem bulbo permitem, com limitações, a análise mitocondrial (GILL et al., 2004).

Os ossos, por fim, são cruciais na identificação de vítimas em casos de decomposição avançada ou restos mortais. Técnicas de extração de DNA ósseo exigem tratamento físico e químico especializado, devido à mineralização do tecido e possível contaminação ambiental (FERREIRA; MOURA-NETO, 2020). Além da genética, a análise antropológica permite estimar sexo, idade, ancestralidade e estatura, contribuindo para a reconstrução do perfil biológico da vítima (UCHOA et al., 2023).

A coleta de amostras biológicas em contexto forense deve obedecer a normas técnicas padronizadas, que envolvem desde o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) até o correto preenchimento dos documentos de cadeia de custódia. A cadeia de custódia é o conjunto de procedimentos que documentam a posse, o transporte, o armazenamento e a análise de uma evidência desde a sua obtenção até a sua apresentação em juízo, assegurando que a integridade e autenticidade da prova foram preservadas (BRASIL, 2019; SILVA et al., 2021).

Boas práticas laboratoriais são indispensáveis para garantir a validade dos resultados periciais. Isso inclui a utilização de materiais estéreis, ambiente controlado, controle de qualidade interno e externo, e rastreabilidade das amostras (JOBIM et al., 2019). A coleta deve ser realizada com swabs estéreis ou instrumentos descartáveis, e cada amostra deve ser identificada individualmente com etiquetas contendo código, data, local e nome do responsável pela coleta. Toda movimentação da evidência deve ser registrada, a fim de garantir a transparência do processo.

Evitar contaminações e adulterações é um dos principais desafios na manipulação de vestígios biológicos. Contaminações podem ocorrer por contato com o coletor, com outras amostras ou com o ambiente. A adoção de controles negativos e positivos durante os processos laboratoriais é fundamental para a detecção de possíveis falhas (BUTLER, 2015). Além disso, ambientes laboratoriais devem dispor de áreas físicas separadas para extração de DNA, amplificação e análise, a fim de minimizar riscos de contaminação cruzada.

A conservação e o armazenamento das amostras também requerem atenção especial. Amostras líquidas devem ser refrigeradas ou congeladas, dependendo da previsão de tempo até a análise. Já amostras secas, como manchas de sangue ou *swabs*, podem ser armazenadas em temperatura ambiente, desde que em embalagens apropriadas, com proteção contra luz, umidade e contaminantes. Estudos indicam que amostras bem armazenadas podem manter DNA estável por vários anos. A implementação de bancos de vestígios biológicos, com sistemas informatizados de controle e segurança, tem sido uma tendência nos laboratórios forenses modernos (GILL et al., 2004; REALE et al., 2022).

QUADRO 3: Parâmetros de Coleta, Conservação e Análise de Amostras Biológicas Forenses

Tipo de Amostra	Local Comum de Coleta	Procedimentos de Conservação	Considerações Analíticas
Sangue	Tecidos, superfícies, armas, roupas, ambientes	Amostras líquidas: refrigeradas ou congeladas; Amostras secas: em papel filtro, temperatura ambiente, protegidas da luz e umidade	Rico em DNA nuclear; útil para análise de dinâmica do crime; mesmo amostras degradadas podem ser analisadas se bem processadas
Sêmen	Vestes íntimas, corpo da vítima, superfícies em locais de crime sexual	Coletado preferencialmente nas primeiras horas; armazenado em swab seco ou refrigerado	Fundamental em crimes sexuais; permite tipagem genética do agressor; extração diferencial separa DNA de vítima e agressor
Saliva	Copos, canudos, cigarros, envelopes, mordidas	Swabs secos armazenados em tubos ventilados; temperatura ambiente	Menor quantidade de DNA que o sangue; ainda assim útil com PCR de alta sensibilidade
Pele	Unhas, arranhões, locais de contato físico	Swabs ou fragmentos; mantidos secos, temperatura ambiente	Pode conter DNA nuclear; comum em casos de luta ou agressão
Cabelo (com bulbo)	Pentes, roupas, locais de contato físico	Envelopes de papel, em temperatura ambiente e seco	Permite análise de DNA nuclear (com bulbo); sem bulbo: apenas DNA mitocondrial, com limitações
Ossos	Restos mortais, vítimas em decomposição	Refrigerados ou secos conforme técnica; cuidados contra contaminação ambiental	Exige técnicas especializadas de extração; pode conter DNA mesmo após longos períodos; também permite análise antropológica

FONTE: Autor Próprio

Outro ponto de grande importância é a cadeia de custódia que mapeia a amostra desde a coleta até o descarte compreendendo um conjunto de procedimentos técnicos e documentais utilizados para garantir a integridade, a autenticidade e a rastreabilidade dos vestígios coletados em locais de crime, desde sua identificação até o eventual descarte. Esse processo inicia-se com o reconhecimento dos vestígios, seguido pelo isolamento da área para evitar alterações ou contaminações. Em seguida, ocorre a fixação, etapa em que os vestígios são registrados por meio de fotografias, croquis e descrições detalhadas. A coleta é realizada com técnicas adequadas, assegurando o correto acondicionamento, lacre e identificação individual de cada item. Após isso, os vestígios são submetidos ao recebimento e transporte, com controle rigoroso de acesso e documentação (BRASIL, 2021; CNPCP, 2021).

Posteriormente, os materiais são acondicionados conforme suas características físicas e biológicas, e passam pelo processamento em laboratórios especializados, onde são analisados

por peritos. Os vestígios são então mantidos sob armazenamento seguro até que haja autorização judicial para seu descarte, observando-se normas legais e técnicas. Cada uma dessas etapas deve ser devidamente registrada, assegurando a rastreabilidade completa dos vestígios e prevenindo questionamentos quanto à confiabilidade das provas. A correta manutenção da cadeia de custódia é essencial para a validade jurídica dos exames periciais, contribuindo para a credibilidade dos resultados e a efetividade da justiça criminal (COSTA et al., 2020; BRASIL, 2021).

2.5 Principais técnicas genéticas utilizadas na perícia criminal

Na perícia criminal moderna, as técnicas genéticas assumem papel central na identificação de suspeitos, vítimas e na reconstrução de eventos criminosos, configurando-se como ferramentas indispensáveis para a elucidação de casos complexos (BUTLER, 2012; JOBLING & GILL, 2004). Entre os métodos mais empregados destacam-se a análise do DNA por Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), a tipagem mitocondrial, o estudo do cromossomo Y e, mais recentemente, o sequenciamento de nova geração (NGS), tecnologias que ampliaram significativamente o alcance da genética forense, com um destaque para os *Short Tandem Repeats* (STRs), marcadores genéticos (QUADRO 1) (BØRSTING & MORLING, 2015; VAN OORSCHOT et al., 2010). Essas ferramentas possibilitam comparações genéticas precisas entre amostras biológicas de cenas criminais e perfis de bancos de dados, mesmo quando o material está degradado ou em quantidades limitadas, como em casos de restos mortais antigos ou vestígios mínimos (HARES, 2015; BUTLER, 2015).

Uma das técnicas pioneiras e mais influentes na perícia genética é o *DNA fingerprinting*, desenvolvido por Alec Jeffreys em 1985, que permitiu a individualização de indivíduos a partir de padrões únicos em regiões altamente polimórficas do DNA, como os microsatélites ou STRs (JOBLING & GILL, 2004). Embora localizados em regiões não codificantes, os STRs apresentam elevada variabilidade entre indivíduos, o que possibilita diferenciar até mesmo parentes próximos, tornando essa técnica extremamente útil em investigações criminais e testes de parentesco (BUTLER, 2006; KAYSER & DE KNIJFF, 2011). Além disso, a sensibilidade do *DNA fingerprinting* permite a análise de quantidades mínimas de material biológico, como sangue, saliva, sêmen, pelos, ou fragmentos cutâneos, ampliando seu uso em contextos forenses complexos (SANTOS, PEREIRA & RAMOS, 2022; GILL et al., 2006).

Os STRs, compostos por repetições curtas de 2 a 6 pares de bases em regiões não codificantes do genoma, são marcadores altamente polimórficos e robustos, amplamente

utilizados na identificação genética forense (BUTLER, 2012; KAYSER, 2017). A análise de múltiplos loci STR, geralmente entre 13 e 21, confere um poder discriminatório extremamente elevado, reduzindo a probabilidade de coincidência genética entre indivíduos não aparentados a níveis praticamente nulos (VALLE, 2018; BUDOWLE et al., 2005). Após extração do DNA, esses loci são amplificados por PCR e comparados com perfis em bancos de dados ou amostras suspeitas, possibilitando identificação precisa em casos de crimes, desastres e testes de parentesco (GILL et al., 2006; BUTLER, 2015).

A PCR constitui um avanço revolucionário na biologia molecular e genética forense, permitindo a amplificação seletiva de fragmentos específicos de DNA a partir de quantidades mínimas de amostra (VIEIRA, 2005). A introdução da DNA polimerase termostável e dos primers facilitou a automação da técnica, tornando-a rápida e eficiente. A PCR é fundamental para o sucesso da análise forense, especialmente em amostras degradadas ou contaminadas, ainda que possa gerar artefatos ou amplificar contaminantes, demandando cuidados rigorosos de laboratório (AGUIAR, 2016; BUTLER, 2012). As etapas do PCR envolvem ciclos de desnaturação, anelamento e extensão, que replicam exponencialmente a sequência alvo, viabilizando análises detalhadas em tempo reduzido (NÓBREGA & SILVA, 2011; POTY, 2011).

Os SNPs surgem como importantes complementos aos STRs na genética forense, devido à sua alta estabilidade, abundância no genoma e capacidade de análise em amostras degradadas (CORREA & CICARELLI, 2016; KIDD et al., 2007). Por consistirem em variações em um único nucleotídeo, os SNPs permitem inferir características fenotípicas, ancestralidade e diferenças populacionais, o que amplia as possibilidades investigativas quando os métodos convencionais são limitados (BULBUL et al., 2014; PAKSTIS et al., 2010). Além disso, a baixa taxa de mutação dos SNPs garante maior confiabilidade em estudos genealógicos e identificação em casos forenses desafiadores (BUDOWLE et al., 2005).

Por fim, o NGS representa uma revolução na genética forense, possibilitando o sequenciamento em massa de milhares de fragmentos de DNA simultaneamente (VAN DER GAAG et al., 2016; CHURCHILL et al., 2016). Essa tecnologia permite análises amplas e precisas, mesmo em amostras complexas ou degradadas, além da identificação individual, inferência fenotípica, ancestralidade, sexo biológico e relações de parentesco distantes (PARSON & BANDELT, 2007; HOLLARD et al., 2014). A capacidade do NGS de analisar simultaneamente diversos marcadores (STRs, SNPs, DNA mitocondrial) em uma única reação eleva a profundidade e eficiência das investigações forenses, facilitando a elucidação de crimes complexos (REID ET AL., 2019; TURCHI et al., 2019).

Diante do exposto, observa-se que a genética forense evoluiu de forma exponencial, tornando-se essencial para a perícia criminal moderna. Técnicas como PCR, análise de STRs, SNPs, tipagem mitocondrial, estudo do cromossomo Y e o sequenciamento de nova geração expandem a capacidade de identificação genética com elevada precisão, mesmo diante de amostras degradadas ou misturadas. Esses avanços tecnológicos ampliam a confiabilidade das investigações, auxiliando a justiça na elucidação de crimes, confirmação de vínculos biológicos e proteção dos direitos individuais. Assim, o desenvolvimento contínuo e aplicação integrada dessas técnicas fornecem suporte científico robusto e dinâmico, indispensável para o aprimoramento da perícia criminal (VAN OORSCHOT et al., 2010).

QUADRO 4: Principais Técnicas Genéticas Aplicadas à Perícia Criminal e marcadores

Técnica Genética	Descrição	Aplicações na Perícia Criminal	Vantagens / Limitações	Referências
DNA Fingerprinting (STRs)	Análise de regiões altamente polimórficas (microsatélites ou STRs) que apresentam repetições curtas de 2 a 6 pares de bases.	Identificação individual, testes de paternidade, identificação de vítimas e suspeitos.	Alta variabilidade, sensível a pequenas amostras, útil mesmo em parentes próximos. Limitações em amostras muito degradadas.	JEFFREYS (1985); BUTLER (2006, 2012); SANTOS et al. (2022); JOBLING & GILL (2004)
Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)	Técnica que amplifica seletivamente fragmentos específicos de DNA a partir de amostras mínimas.	Amplificação de DNA para análise posterior, essencial para STRs, SNPs e outras análises.	Rápida, eficiente, porém sensível à contaminação e artefatos, requer controle rigoroso.	MULLIS (1987); VIEIRA (2005); AGUIAR (2016); NÓBREGA & SILVA (2011)
Tipagem Mitocondrial (mtDNA)	Análise do DNA mitocondrial, herdado materno, útil para amostras degradadas.	Identificação de restos mortais, análise em amostras com pouco DNA nuclear, linhagens maternas.	Alta resistência à degradação, não diferencia entre indivíduos da mesma linhagem materna.	PARSON & BANDELT (2007); VAN OORSCHOT et al. (2010)
Análise do Cromossomo Y	Estudo de marcadores específicos do cromossomo Y, herdado exclusivamente pelo lado paterno.	Identificação masculina, análises em casos de mistura sexual, estudo de linhagem paterna.	Útil para distinguir perfis masculinos em misturas, não discrimina indivíduos com a mesma linhagem paterna.	JOBLING & GILL (2004); BUTLER (2012)
Sequenciamento de Nova Geração (NGS)	Tecnologia que sequencia simultaneamente milhares de fragmentos de DNA, permitindo análises amplas.	Análise de amostras complexas, degradadas, misturas, inferência fenotípica, ancestralidade, parentesco.	Alta profundidade e resolução, custo maior, tecnologia emergente com amplo potencial forense.	BØRSTING & MORLING (2015); VAN DER GAAG et al. (2016); CHURCHILL et al. (2016); REID et al. (2019)
Short Tandem Repeats (STRs)	Marcadores genéticos compostos por	Análise de múltiplos loci STR para identificação pessoal e	Alto poder discriminatório com múltiplos loci, utilizado	BUTLER (2012); VALLE (2018); GILL et al.

	repetições curtas altamente polimórficas em regiões não codificantes.	exclusão/identificação em casos criminais.	em bancos de dados genéticos.	(2006); BUDOWLE et al. (2005)
Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs)	Variações em um único nucleotídeo, abundantes e estáveis no genoma humano.	Complemento aos STRs, útil para amostras degradadas, inferência fenotípica e ancestralidade.	Baixa taxa de mutação, útil em restos mortais antigos e análise genealógica, menor poder discriminatório isolado.	CORREA & CICALLELLI (2016); KIDD et al. (2007); BULBUL et al. (2014)

FONTE: Autor Próprio

2.6. Aspectos Éticos, Legais e Bioéticos do Uso de Dados Genéticos

A utilização do DNA em investigações forenses levanta questões éticas relevantes, especialmente no que diz respeito à privacidade e ao consentimento. Técnicas como a busca familiar, que utiliza o DNA doado ou coletado após crimes, sejam eles leves ou graves, de parentes visando identificar suspeitos, podem expor indivíduos não envolvidos na investigação, sem seu conhecimento ou autorização. Além disso, a coleta compulsória de material genético pode violar o direito à não autoincriminação, princípio constitucional garantido no Brasil. Embora a legislação permita a coleta em casos de condenações por crimes graves, ainda há uma tensão entre o interesse público na segurança e os direitos fundamentais do indivíduo (BARBOSA & SANTOS, 2019; SILVA, 2021).

No Brasil, um dos principais marcos legais que regulam o uso de dados genéticos em investigações é a Lei nº 12.654/2012, que autoriza a coleta e o armazenamento de perfis genéticos de condenados por crimes dolosos. Complementando essa legislação, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei nº 13.709/2018) classifica os dados genéticos como sensíveis, exigindo cuidados específicos em seu tratamento e consentimento explícito (SOUZA & MARTINS, 2022).

No âmbito internacional, a UNESCO, por meio da Declaração Internacional sobre os Dados Genéticos Humanos, orienta que a dignidade humana e os direitos fundamentais devem ser respeitados em todas as etapas do uso das informações genéticas. A Interpol estabelece parâmetros para o compartilhamento de perfis genéticos entre países, reforçando a importância do respeito às legislações nacionais e à integridade dos dados (UNESCO, 2003; MINISTÉRIO DA JUSTIÇA, 2022).

A rápida expansão dos bancos genéticos, se mal planejada e utilizada, pode resultar em violações dos direitos civis, especialmente quando há falhas na regulação do acesso e uso das informações. A ausência de fiscalização constante pode acarretar o uso indevido desses dados por autoridades ou terceiros (ANPR, 2020).

Além disso, existe o risco de discriminação genética caso essas informações sejam acessadas por empregadores, seguradoras ou instituições educacionais. Embora a legislação brasileira busque impedir essas práticas, sua efetividade depende da aplicação rigorosa e da conscientização social. Por isso, é essencial que o uso dos dados genéticos seja orientado por critérios éticos e jurídicos sólidos, garantindo a proteção dos direitos fundamentais dos cidadãos (VIEIRA, 2021).

O biomédico desempenha papel fundamental na área de Genética Forense, atuando desde a coleta, extração e amplificação até a análise do material genético, como o DNA, por meio de diversas técnicas. Essas atividades são realizadas em laboratórios especializados e contribuem para a identificação de indivíduos em investigações criminais. Além disso, o biomédico auxilia na elaboração de laudos periciais e integra equipes multidisciplinares, colaborando com peritos criminais, médicos legistas e outros profissionais. Sua atuação técnica e ética é imprescindível para garantir a integridade das provas e a confiabilidade dos processos judiciais, assegurando que as evidências possam ser utilizadas em tribunais (RODRIGUES & DA SILVA, 2023).

Para atuar nessa área, o profissional precisa ter graduação em Biomedicina, registro no Conselho Regional de Biomedicina (CRBM) e habilitação específica em Genética Forense ou áreas afins, conforme estabelecido pelo Conselho Federal de Biomedicina. O CFBM regulamenta as áreas de atuação e assegura a qualidade técnica dos profissionais (CRBM 1ª REGIÃO, 2021).

Diante dos avanços tecnológicos e das complexidades éticas envolvidas, o uso do DNA em investigações forenses requer constante atualização normativa e rigorosa observância dos direitos humanos, de modo a equilibrar a eficácia investigativa com a proteção da privacidade individual. Segundo Silva (2021), a integridade dos dados genéticos deve ser preservada para garantir a justiça e evitar abusos. Além disso, Barbosa e Santos (2019) ressaltam que a conscientização social e a formação técnica dos profissionais são pilares para o uso responsável dessa poderosa ferramenta. Portanto, a atuação ética do biomédico e o fortalecimento das regulamentações são essenciais para assegurar que a genética forense contribua de forma legítima e respeitosa para o sistema judicial brasileiro.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da genética e da genealogia à investigação criminal representa uma das mais expressivas revoluções no campo da perícia forense contemporânea. Essas ferramentas, impulsionadas pelo constante desenvolvimento de metodologias moleculares mais sensíveis e precisas, possibilitam a identificação inequívoca de indivíduos, mesmo a partir de amostras biológicas escassas, degradadas ou contaminadas. Essa capacidade técnica tem ampliado significativamente a resolução de casos complexos, contribuindo para a produção de provas robustas e confiáveis, que auxiliam não apenas na responsabilização de culpados, mas também na absolvição de inocentes.

Contudo, para que os benefícios dessas tecnologias se concretizem plenamente, é indispensável o cumprimento rigoroso de todas as etapas pré-analíticas, com destaque para a coleta, o transporte, o armazenamento e a análise das amostras biológicas. O respeito aos protocolos técnicos padronizados, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), o correto preenchimento dos documentos de cadeia de custódia e o emprego de boas práticas laboratoriais são condições indispensáveis para assegurar a integridade do vestígio e, por consequência, a validade jurídica do laudo pericial. A negligência em qualquer uma dessas fases pode comprometer irremediavelmente os resultados, gerando erros judiciais e prejudicando a credibilidade da ciência forense.

Outro recurso que tem se mostrado estratégico é a implementação e utilização de bancos de dados genéticos, alimentados por perfis de criminosos condenados, vítimas não identificadas e indivíduos voluntários. Quando manejados com base em princípios éticos, legais e científicos, esses bancos contribuem significativamente para a agilidade e eficácia das investigações criminais. Eles permitem a reanálise de casos antigos (cold cases), a associação de crimes em série e o estabelecimento de vínculos genéticos em contextos de identificação humana. No entanto, a expansão desse recurso no Brasil ainda enfrenta entraves, como a ausência de uma

legislação unificada, a carência de investimentos em infraestrutura tecnológica e a necessidade urgente de capacitação de profissionais especializados.

Nesse cenário, o biomédico forense destaca-se como um profissional fundamental. Dotado de sólida formação em biologia molecular, genética humana e técnicas laboratoriais, ele é capaz de atuar de maneira técnica e ética em todas as fases do processo pericial, desde a triagem da amostra até a interpretação dos dados genéticos. Sua contribuição é especialmente relevante na manutenção da integridade científica dos laudos, no cumprimento das normas legais e na defesa dos direitos humanos, promovendo uma atuação alinhada aos princípios da justiça e da bioética.

Portanto, é evidente que a genética forense e a genealogia representam não apenas instrumentos científicos de alta complexidade, mas também ferramentas de grande valor social, capazes de transformar a maneira como a verdade é buscada no âmbito criminal. Para que essas inovações cumpram seu papel de forma plena, é imprescindível o fortalecimento das políticas públicas, o aprimoramento da legislação vigente, o investimento contínuo em ciência e tecnologia e a valorização dos profissionais que atuam na interface entre a biomedicina e o sistema judiciário.

4. REFERÊNCIAS

Bibliografia

AGUIAR, E. Técnicas de PCR na genética forense: aplicações e limitações. **Revista Brasileira de Genética**, n. 2, p. 134–142, 2016.

AZAMBUJA AMARAL, M. E.; BRUNI, A. T. Prova Pericial no Processo Penal: a compreensão e a mitigação dos erros forenses como mecanismo de respeito ao contraditório, à ampla defesa e ao direito à prova lícita. **Revista Brasileira de Direito Processual Penal**, v. 9, n. 2, p. 877–912, 2023.

Araújo, M. L., & Matos, R. F. de. (2024). Dificuldades vivenciadas no estudo da Genética e associação do conhecimento com o cotidiano. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 7(1), 491–511. doi:10.36661/2595-4520.2024v7n1.13774

Bling, M. A., & Gill, P. (2004). Encoded evidence: DNA in forensic analysis. *Nature Reviews Genetics*, (10), 739–751.

Butler, J. M. (2015). *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology*. Academic Press.

Butler, John M. (2006). Genetics and genomics of core short tandem repeat loci used in human identity testing. *Journal of Forensic Sciences*, 51(2), 253–265. doi:10.1111/j.1556-4029.2006.00046.x

BASGALUPP, S. P. et al. Investigation of paternity with alleged father deceased or missing: analysis of success at the end of the report. **Forensic science international. Genetics**, v. 12, p. 120–121, 2014.

BLING, M. A.; GILL, P. Encoded evidence: DNA in forensic analysis. **Nature Reviews Genetics**, v. 5, n. 10, p. 739–751, 2004.

BONACCORSO, R. O. Genética Forense e Banco de Perfis Genéticos: aspectos técnicos e jurídicos. Em: **Revista dos Tribunais**. São Paulo: [s.n.].

BØRSTING, C.; MORLING, N. Next generation sequencing and its applications in forensic genetics. **Forensic science international. Genetics**, v. 18, p. 78–89, 2015.

BRANDHAGEN, M. D.; JUST, R. S.; IRWIN, J. A. Validation of NGS for mitochondrial DNA casework at the FBI Laboratory. **Forensic science international. Genetics**, v. 44, n. 102151, p. 102151, 2020.

BUDOWLE, B. Forensic genetics and the challenges of human identification. **Forensic Science Review**, n. 1, p. 33–50, 2005.

BUDOWLE, B. et al. Forensic DNA typing and databases: Recommendations of the International Society for Forensic Genetics. **Forensic Science International: Genetics**, v. 5, n. 5, p. 357–363, 2011.

BUDOWLE, B.; SCHMEDES, S. E.; RIEBEN, G. The phantom of Heilbronn - The questionable association of DNA evidence in criminal investigations. **Forensic Science International: Genetics**, v. 7, n. 4, p. 533–535, 2013.

BULBUL, O. Use of SNP markers in forensic and genetic population studies. **Legal Medicine**, n. 1, p. 29–33, 2014.

BUTLER, J. M. Genetics and genomics of core short tandem repeat loci used in human identity testing. **Journal of forensic sciences**, v. 51, n. 2, p. 253–265, 2006a.

BUTLER, J. M. **Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers. 2.** San Diego: Elsevier Academic Press, 2006b.

BUTLER, J. M. **Fundamentals of forensic DNA typing.** San Diego, CA, USA: Academic Press, 2009.

BUTLER, J. M. **Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology.** [s.l.] Academic Press, 2015a.

BUTLER, J. M. **Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers.** [s.l.] Academic Press, 2015b.

CARNEIRO DA SILVA JUNIOR, R. Panorama atual da Genética Forense no Brasil: aspectos tecnológicos, legais e estratégicos. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 2, p. 99–106, 2023.

CHIN, J. M.; RIBEIRO, G.; RAIRDEN, A. Open forensic science. **Journal of law and the biosciences**, v. 6, n. 1, p. 255–288, 2019.

CHURCHILL, J. D. Forensic application of massively parallel sequencing. **Forensic Science International: Genetics**, v. 18, p. 165–176, 2016.

CODIS and NDIS fact sheet. [s.l: s.n.].

CORREA, M.; CICARELLI, M. Genetic markers in forensic applications: SNPs and STRs. **Genetics and Molecular Research**, n. 3, 2016.

COSTA, F. O Banco Nacional de Perfis Genéticos e seu impacto na elucidação criminal no Brasil. **Revista Brasileira de Genética Forense**, v. 12, n. 2, p. 45–53, 2019.

CURTIS, C. The Protection of Freedoms Act 2012 and the destruction and retention of biometric data. **Science and the Law**, v. 58, n. 1, p. 24–30, 2018.

Corazza, T. A. M., & Ávila, G. N. de. (2022). A proteção de dados do banco de perfil genético criminal: privacidade e liberdade versus segurança pública. *Revista de Direitos e Garantias Fundamentais*, 23(2), 243–282. doi:10.18759/rdgf.v23i2.1906

Costa, R. G. (2020). Procedimentos técnico-científicos em local de crime: estudo de caso e aplicação prática. *Revista Brasileira de Criminalística*, (9), 56–68.

De, D. C. À. P. D. D. G. D. (2022). *Liberdade, Contrato e Propriedade: por um direito privado contemporâneo frente à complexidade social e a experiência jurídica*. Editora Unoesc.

DA SILVA, M. M.; DA SILVA, A. J. A.; SALES, W. DA S. GENÉTICA FORENSE E SUA CONTRIBUIÇÃO NA INVESTIGAÇÃO CRIMINAL NO BRASIL: REVISÃO CRÍTICA DE LITERATURA. **Revista Foco**, v. 16, n. 11, p. e3658, 2023.

Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos: da teoria à prática
Corporate author: UNESCO Office in Brasilia. v. 869, [s.d.].

DNA Fingerprinting: The Pitchfork Case. Visible Proofs: Forensic Views of the Body. [s.l.: s.n.].

EDUARDOFF, M. et al. Mass spectrometric base composition profiling: Implications for forensic mtDNA databasing. **Forensic science international. Genetics**, v. 7, n. 6, p. 587–592, 2013.

FERNANDES, R.; COSTA, L. Aspectos éticos e legais da genética forense no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista de Bioética e Direito**, v. 12, n. 1, p. 89–102, 2022.

FERREIRA, C. M. Aplicações da análise de sêmen em perícia criminal. **Revista Brasileira de Ciências Forenses**, p. 77–84, 2018.

FERREIRA, F. L.; MOURA-NETO, R. S. Desafios na extração de DNA de ossos em contexto forense. **Revista Brasileira de Genética Forense**, p. 34–42, 2020.

GARCIA, A. M. Genômica: Descoberta de alvos para medicamentos, vacinas e diagnósticos. Em: **Biotecnologia e saúde humana**. [s.l.] SciELO Books, 2021. p. 57–70.

Genetic identification of the remains of the Romanov family. **Nature Genetics**, 1994.

Genética forense: fundamentos e aplicações Forensic genetics: fundamentals and applications. Curitiba: [s.n.].

GILL, P. et al. Identification of the remains of the Romanov family by DNA analysis. **Nature Genetics**, v. 6, n. 2, p. 130–135, 1994.

GILL, P. The identification of human remains using DNA analysis. **Forensic Science International**, p. S41–S44, 2004.

GILL, P. DNA commission of the International Society of Forensic Genetics: Recommendations on the use of short tandem repeat DNA typing systems in forensic analysis. **Forensic Science International**, v. 160, n. 2–3, p. 136–147, 2006.

GROVES, C.; TUTTON, R. Walking the tightrope: Expectations and standards in personal genomics. **BioSocieties**, v. 8, n. 2, p. 181–204, 2013.

Gill, P., Ivanov, P. L., Kimpton, C., Piercy, R., Benson, N., Tully, G., ... Sullivan, K. (1994). Identification of the remains of the Romanov family by DNA analysis. *Nature Genetics*, 6(2), 130–135. doi:10.1038/ng0294-130

HARES, D. R. Selection and implementation of expanded CODIS core loci in the United States. **Forensic Science International: Genetics**, v. 17, p. 33–34, 2015.

Individual-specific ‘fingerprints’ of human DNA. p. 76–79, [s.d.].

JACQUES, R.; MENEZES, A. Genealogia genética e sua aplicação na investigação criminal: avanços e limitações. **Cadernos de Ciências Forenses**, v. 8, n. 3, p. 78–90, 2021.

JEFFREYS, A. J.; WILSON, V.; THEIN, S. L. Hypervariable ‘minisatellite’ regions in human DNA. **Nature**, v. 314, n. 6006, p. 67–73, 1985.

JOBIM, F. C. Controle de qualidade em laboratórios de genética forense. **Revista Brasileira de Genética Aplicada**, n. 1, p. 45–60, 2019.

JOBIM, F. M. Provas genéticas no processo penal: aspectos técnicos e jurídicos da identificação por DNA. Em: **Livraria do Advogado**. Porto Alegre: [s.n.].

JOBIM, L. F.; CARVALHO, C. R. S.; ALHO, C. S. Introdução à Genética Forense. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, 2021.

Jacques, R., & Menezes, A. (2021). Genealogia genética e sua aplicação na investigação criminal: avanços e limitações. *Cadernos de Ciências Forenses*, 78–90.

Jeffreys, A. (1985). Identification of individuals by DNA fingerprinting. *Nature*, v, 316, 76–79.

Jeffreys, A. J., Allen, M. J., Hagelberg, E., & Sonnberg, A. (1992). Identification of the skeletal remains of Josef Mengele by DNA analysis. *Forensic Science International*, 56(1), 65–76. doi:10.1016/0379-0738(92)90148-p

Jobim, L. F., Carvalho, C. R. S., & Alho, C. S. (2021). *Revista Brasileira de Ciências Policiais*.

JOBLING, M. A.; GILL, P. Encoded evidence: DNA in forensic analysis. **Nature Reviews Genetics**, n. 10, p. 739–751, 2004.

KATSANIS, S. H. Pedigrees and perpetrators: Uses of DNA and genealogy in forensic investigations. **Annual Review of Genomics and Human Genetics**, v. 21, n. 1, p. 535–564, 2020.

KAYSER, M. Forensic DNA typing: biology, technology, and genetics of STR markers. **Nature Reviews Genetics**, v. 18, p. 67–82, 2017.

KAYSER, M.; DE KNIJFF, P. Improving human forensics through advances in genetics, genomics and molecular biology. **Nature Reviews Genetics**, p. 179–192, 2011.

KAYSER, M.; SCHNEIDER, P. M. A collaborative European exercise on mRNA-based body fluid/skin typing and interpretation of DNA and RNA results. **Forensic Science International: Genetics**, v. 9, p. 31–43, 2014.

KIDD, K. K. Developing a SNP panel for forensic identification of individuals and its utility in analyzing DNA mixtures. **Forensic Science International: Genetics**, v. 1, n. 2, p. 143–150, 2007.

Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Altera o Código de Processo Penal e institui a cadeia de custódia. **Diário Oficial da União**, 2019.

LLARD, C. Forensic applications of next-generation sequencing technologies. **Forensic Science International: Genetics Supplement Series**, n. 5, p. e229–e230, 2014.

LOPES, C. DE S. et al. Trend in the prevalence of depressive symptoms in Brazil: results from the Brazilian National Health Survey 2013 and 2019. **Cadernos de saude publica**, v. 38Suppl 1, n. Suppl 1, p. e00123421, 2022.

LYONS, L. A. et al. Acceptance of domestic cat mitochondrial DNA in a criminal proceeding. **Forensic science international. Genetics**, v. 13, p. 61–67, 2014.

Manual. Disponível em: <<https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/manual>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

MEESTER, R. W. J.; SLOOTEN, K. DNA database matches: A p versus np problem. **Forensic science international. Genetics**, v. 46, n. 102229, p. 102229, 2020.

MORETON, J. et al. Familial searching: A specialist forensic DNA profiling service utilising the National DNA Database to identify unknown offenders via their relatives-The UK experience. **Forensic Science International: Genetics**, v. 6, n. 3, p. 268–275, 2012.

MULLIS, K. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 51, p. 263–273, 1987.

NÓBREGA, A. P.; SILVA, M. L. Fundamentos da reação em cadeia da polimerase e suas aplicações. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, n. 10, p. 30–42, 2011.

PAKSTIS, A. J. et al. SNPs for a universal individual identification panel. **Human genetics**, v. 127, n. 3, p. 315–324, 2010.

PARSON, W.; BANDELT, H. J. Updates in mitochondrial DNA typing in forensic genetics. **Croatian Medical Journal**, v. 48, p. 225–232, 2007.

PENCHASZADEH, V. B. Genetic identification of children of the disappeared in Argentina. **Journal of the American Medical Women's Association (1972)**, v. 52, n. 1, p. 16–21, 27, Inverno 1997.

PENCHASZADEH, V. B.; SCHULER-FACCINI, L. Genetic identification of children of the disappeared in Argentina: Implications for human rights and scientific practice. **American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics**, v. 166, n. 4, p. 246–251, 2014.

PEREIRA, S.; ALMEIDA, L.; SANTOS, M. Inteligência artificial e bioinformática em genética forense: novas fronteiras. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, v. 15, n. 1, p. 45–59, 2023.

REALE, D. A. Coleta e extração de DNA de saliva em evidências forenses: revisão crítica. **Journal of Forensic Genetics**, v. 12, n. 2, p. 15–23, 2022.

REGITANO, L. C. et al. **Protocolos em biologia molecular aplicada à produção animal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

REID, D. Massively parallel sequencing and its forensic applications. **Forensic Science International: Genetics**, v. 41, p. 102–110, 2019.

revista piauí - 404. Disponível em: <<https://piaui.folha.uol.com.br/materia/as-digitais-do-dna/>>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ROBERTS, J.; MOSELEY, L.; TAYLOR, S. D. The Golden State Killer investigation and the ethical implications of forensic genetic genealogy. **Journal of Law and the Biosciences**, n. 1, p. 317–325, 2019.

Roberts, J., Moseley, L., & Taylor, S. D. (2019). The Golden State Killer investigation and the ethical implications of forensic genetic genealogy. *Journal of Law and the Biosciences*, (1), 317–325.

Rodrigues, J. P., Lima, M. A., & Silva, T. R. (2023). Genealogia genética investigativa no Brasil: potencialidades, limites e desafios ético-jurídicos. *Revista Brasileira de Ciências Criminais*, (185), 203–226.

SANTOS, A.; PEREIRA, R.; SILVA, J. Diversidade genética brasileira e seus impactos na genética forense. **Revista de Genética**, v. 41, n. 2, p. 141–150, 2018.

SANTOS, D. R. L. DOS et al. Noções básicas de biossegurança e boas práticas de laboratório. Em: **Tópicos em Virologia**. [s.l.] Editora Fiocruz, 2023. p. 261–274.

SILVA, A. C.; SOUZA, E. M.; ANDRADE, T. A. Genética forense: uma revisão de sua aplicação em investigações criminais. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 3, n. 6, p. 30–48, 2018.

SILVA, C. M. F. A importância do DNA como prova pericial na elucidação dos crimes. **Revista Brasileira de Criminalística**, p. 59–67, 2018.

SILVA, M. A. Cadeia de custódia e integridade das evidências biológicas: aspectos legais e práticos. **Ciência Forense em Foco**, p. 59–72, 2021.

SILVA, P.; LIMA, R. Aspectos legais e éticos do uso de bancos de dados genéticos. **Revista de Direito e Genética**, v. 2, n. 1, p. 10–22, 2020.

SUTER, S. All in the family: Privacy and DNA familial searching. **Harvard Journal of Law & Technology**, v. 23, p. 309, 2010.

Santos, A., Pereira, R., & Silva, J. (2018). Diversidade genética brasileira e seus impactos na genética forense. *Revista de Genética*, (2), 141–150.

Silva, M. A. (2021). Cadeia de custódia e integridade das evidências biológicas: aspectos legais e práticos. *Ciência Forense em Foco*, 59–72.

Suxberger, A. H. G., & Furtado, V. T. M. M. (2018). Investigação criminal genética – banco de perfis genéticos, fornecimento compulsório de amostra biológica e prazo de armazenamento de dados. *Revista Brasileira de Direito Processual Penal*, 4(2), 809. doi:10.22197/rbdpp.v4i2.122

Tiedge, T. M., McAtee, P. D., McCormick, M. N., Lakhtakia, A., & Roy, R. (2020). Massively parallel sequencing and STR analysis from partial bloody fingerprints enhanced with columnar thin films. *Forensic Science International. Genetics*, 49(102369), 102369. doi:10.1016/j.fsigen.2020.102369

The dawn of DNA profiling: The eureka moment that revolutionised crime solving. [s.l: s.n.].

TURCHI, M. Forensic applications of next-generation sequencing technologies. **Forensic Science International: Genetics**, v. 43, 2019.

UCHOA, M. A. Antropologia forense e a identificação de restos mortais: desafios e perspectivas. **Arquivos de Ciências Forenses**, p. 18–27, 2023.

VALLE, A. C. Análise de STRs em perícia criminal: fundamentos e aplicações. **Revista Brasileira de Criminalística**, p. 45–53, 2018.

VAN DER GAAG, K. J. Next-generation sequencing in forensic genetics: current applications and future perspectives. **Forensic Science International: Genetics**, n. 23, p. 168–176, 2016.

VAN OORSCHOT, R. A. H. DNA fingerprinting in forensic science. **Nature Reviews Genetics**, n. 11, p. 739–751, 2010.

VIEIRA, M. História e aplicações da PCR na biologia molecular. **Cadernos de Biologia Molecular**, p. 22–29, 2005.

VIEIRA, T. B. **Privacidade genética e discriminação: Desafios éticos e legais (Dissertação de Mestrado)**. PUC-Rio: [s.n.].