LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

DNA E IDENTIFICAÇÃO HUMANA: AVANÇOS DA BIOLOGIA MOLECULAR NA PRÁTICA FORENSE

DNA AND HUMAN IDENTIFICATION: ADVANCES IN MOLECULAR BIOLOGY IN FORENSIC PRACTICE

TÍTULO ADN E IDENTIFICACIÓN HUMANA: AVANCES EN BIOLOGÍA MOLECULAR EN LA PRÁCTICA FORENSE

https://doi.org/10.56238/levv16n54-123

Data de submissão: 20/10/2025 **Data de publicação:** 20/11/2025

Beatriz Zanella Agostini de Oliveira
Graduanda em Biomedicina
Instituição: Centro Universitário Sudoeste Paulista (UniFSP) - campus Avaré
E-mail: beatrizzagostini@gmail.com

Maria Antonia Ramos Silva
Graduanda de Biomedicina
Instituição: Centro Universitário Sudoeste Paulista (UniFSP) - campus Avaré
E-mail: maramosil16@gmail.com

Luciene Patrici Papa
Doutora em Aquicultura
Instituição: Unesp Jaboticabal
E-mail: lucienepapa@gmail.com

RESUMO

A identificação humana constitui um dos pilares das Ciências Forenses, sendo essencial em investigações criminais, catástrofes em massa e desaparecimentos. Embora métodos clássicos como a papiloscopia e a análise odontológica ainda sejam amplamente utilizados, os avanços da Genética e da Biologia Molecular possibilitaram novas abordagens, destacando-se a análise de DNA como método altamente eficaz. Este trabalho tem como objetivo apresentar os fundamentos da Genética Forense e suas principais aplicações na identificação humana. A metodologia adotada baseou-se em uma revisão de literatura, por meio de bases científicas como SciELO, PubMed e Google Acadêmico. Foram abordados os tipos de DNA utilizados em perícias, com ênfase no DNA mitocondrial, que se mantém estável mesmo em amostras degradadas, os principais marcadores moleculares, como os microssatélites (Short Tandem Repeats – STRs), os minissatélites (Variable Number of Tandem Repeats - VNTRs) e os polimorfismos de nucleotídeo único (Single Nucleotide Polymorphisms – SNPs), além das técnicas de Biologia Molecular mais empregadas, como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), a Eletroforese e a técnica de Southern Blotting. Os dados analisados demonstram que a Genética Forense tem promovido avanços significativos na identificação humana, assegurando resultados precisos e confiáveis mesmo em condições adversas. Conclui-se que o uso do DNA como ferramenta pericial é indispensável na resolução de casos complexos, ampliando o campo de atuação do biomédico na área forense e consolidando a aplicação científica da Biomedicina no contexto investigativo e legal.

Palavras-chave: Biologia Molecular. DNA. Genética Forense. Identificação Humana.

ABSTRACT
Human identification is one of the cornerstones of Forensic Science, being essential in criminal investigations, mass disasters, and disappearances. Although classic methods such as fingerprinting and odontological analysis are still widely used, advances in Genetics and Molecular Biology have enabled new approaches, with DNA analysis standing out as a highly effective method. This work aims to present the fundamentals of Forensic Genetics and its main applications in human identification. The methodology adopted was based on a literature review, using scientific databases such as SciELO, PubMed, and Google Scholar. The types of DNA used in forensics were discussed, with emphasis on mitochondrial DNA, which remains stable even in degraded samples, the main molecular markers, such as microsatellites (Short Tandem Repeats – STRs), minisatellites (Variable Number of Tandem Repeats – VNTRs), and single nucleotide polymorphisms (SNPs), in addition to the most commonly used molecular biology techniques, such as Polymerase Chain Reaction (PCR), Electrophoresis, and Southern Blotting. The analyzed data demonstrate that Forensic Genetics has promoted significant advances in human identification, ensuring accurate and reliable results even under adverse conditions. It is concluded that the use of DNA as a forensic tool is indispensable in solving complex cases, expanding the field of action of the biomedical professional in the forensic area and consolidating the scientific application of Biomedicine in the investigative and legal context.

Keywords: Molecular Biology. DNA. Forensic Genetics. Human Identification.

RESUMEN
La identificación humana es uno de los pilares de la ciencia forense, siendo esencial en investigaciones criminales, desastres masivos y desapariciones. Si bien los métodos clásicos como la dactiloscopia y el análisis odontológico aún se utilizan ampliamente, los avances en genética y biología molecular han permitido nuevos enfoques, destacando el análisis de ADN como un método altamente eficaz. Este trabajo tiene como objetivo presentar los fundamentos de la genética forense y sus principales aplicaciones en la identificación humana. La metodología adoptada se basó en una revisión bibliográfica, utilizando bases de datos científicas como SciELO, PubMed y Google Scholar. Se analizaron los tipos de ADN utilizados en la ciencia forense, con especial énfasis en el ADN mitocondrial, que se mantiene estable incluso en muestras degradadas; los principales marcadores moleculares, como los microsatélites (repeticiones cortas en tándem - STR), los minisatélites (repeticiones en tándem de número variable - VNTR) y los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP); además de las técnicas de biología molecular más comunes, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la electroforesis y la transferencia Southern. Los datos analizados demuestran que la genética forense ha impulsado avances significativos en la identificación humana, garantizando resultados precisos y fiables incluso en condiciones adversas. Se concluye que el uso del ADN como herramienta forense es indispensable para resolver casos complejos, ampliando el campo de actuación del profesional biomédico en el ámbito forense y consolidando la aplicación científica de la biomedicina en el contexto investigativo y legal.

Palabras clave: Biología Molecular. ADN. Genética Forense. Identificación Humana.

1 INTRODUÇÃO

A identificação humana é um dos alicerces essenciais das Ciências Forenses, exercendo função vital na solução de delitos, identificação de vítimas de catástrofes e criação de vínculos jurídicos. Apesar do uso comum de técnicas tradicionais, como a papiloscopia e a avaliação da arcada dentária, os progressos científicos e tecnológicos nas últimas décadas tornaram a Genética Forense uma ferramenta altamente eficiente e segura a ser utilizada (FONSÊCA et al., 2022).

O ácido desoxirribonucleico (DNA), devido à sua singularidade individual, com exceção dos gêmeos univitelinos, é um instrumento eficaz para a identificação humana. Esta molécula pode ser obtida de várias fontes biológicas, tais como sangue, saliva, cabelos e, até mesmo de partes ósseas degradadas, tornando-se fonte importante em situações complexas, em que pouco tecido é encontrado para análise (LIECHESKI; FEDATTO; FREITAS, 2022). Ademais, torna-se imprescindível mencionar a importância do DNA mitocondrial, o qual se mostrou particularmente eficaz em amostras deterioradas devido à sua abundância celular e resistência à degradação (PINTO; CAPUTO; PEREIRA, 2016).

A Genética Forense emprega diversos marcadores moleculares, sendo os microssatélites, ou STRs (do inglês *Short Tandem Repeats*), os mais utilizados em testes de identificação humana por serem sequências curtas de 2 a 9 pares de bases, o que possibilita sua detecção mesmo em amostras reduzidas de material biológico (ARAÚJO; QUEIROZ, 2017; FONSECA et al., 2022). Além dos STRs, são aplicados os minissatélites, ou VNTRs (do inglês *Variable Number of Tandem Repeats*), e os Polimorfismos de Nucleotídeo Único, ou SNPs (do inglês *Single Nucleotide Polymorphisms*), que são variações genéticas caracterizadas pela substituição de um único nucleotídeo (GUIMARÃES, 2020). Para a identificação e comparação desses marcadores, são indispensáveis técnicas de Biologia Molecular como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) e a Eletroforese, que permitem a amplificação e visualização do material genético (CARVALHO; MIRANDA; FREITAS, 2021).

Desta forma, o objetivo deste trabalho de revisão de literatura consistiu em reunir informações sobre as principais técnicas de biologia molecular empregadas na genética forense para fins de identificação humana, frequentemente utilizadas em situações de desaparecimento, desastres de massa e na elucidação de casos criminais.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho de revisão de literatura foi realizado com auxílio de buscas de artigos nas mais diversas plataformas acadêmicas, dentre elas: Scielo, PubMed e Google Acadêmico. A partir do uso de palavras-chave, tais como “biologia molecular”, “genética forense”, “marcadores moleculares”, “perfil genético”, “banco de dados”, foram selecionados preferencialmente trabalhos dos últimos 10 anos, no intuito de deixar evidente a constante evolução do assunto proposto no estudo. Ainda, foram

excluídos aqueles que não se enquadravam no tema proposto e que em língua que não portuguesa ou inglesa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 IDENTIFICAÇÃO HUMANA

Cada indivíduo possui características morfofisiológicas e psíquicas únicas, que o tornam distinguível dos demais. Nesse contexto, durante muitos anos, métodos científicos têm sido aprimorados para determinar a individualidade de cada ser humano (BIANCALANA et al., 2015). No âmbito forense, a identificação humana é de vital importância para a resolução de casos criminais. Existem várias técnicas que podem ser utilizadas para este objetivo; entre elas, três se destacam como as fontes primárias mais confiáveis: a papiloscopia (estudo das papilas dérmicas), exames de arcada dentária e de DNA (INTERPOL, 2023).

A papiloscopia baseia-se na coleta de impressões das papilas dérmicas dos dedos, da palma da mão e da superfície dos pés, e posterior análise comparativa com impressões já registradas. É considerada uma técnica de grande importância devido à sua eficiência e baixo custo, apesar das suas limitações em relação a amostras excessivamente degradadas (SANTOS, 2022).

No exame da arcada dentária, o meio mais satisfatório de identificação é a análise de registros odontológicos arquivados em consultórios para conferência em relação ao indivíduo em questão. Alterações causadas por cáries e restaurações são as mais definitivas, porém características anatômicas particulares também podem ser utilizadas (GIOSTER-RAMOS et al., 2021). Na figura 1, é possível observar o modelo de gesso confeccionado a partir da arcada dentária de Alfred Swinton, suspeito de assassinato no ano de 1991. Na época, a evidência foi conclusiva para o resultado da investigação, que levou à sua condenação após serem encontrados 15 pontos de combinação entre o modelo de gesso e marcas de mordida no corpo da vítima (FRANCO et al., 2013).

Figura 1 – Fotografia do modelo de gesso da arcada dentária de um suspeito, 1991.



Fonte: (FRANCO et al., 2013).

Já a Genética Forense é o estudo do DNA como meio de identificação humana e fonte de evidência científica. Em comparação à papiloscopia e análise odontológica, o exame genético é um método mais custoso e, portanto, menos usual. Apesar disso, quando a amostra é bem conservada e coletada adequadamente, essa técnica demonstra alta especificidade, fornecendo resultados inequívocos (CARNEIRO et al., 2017).

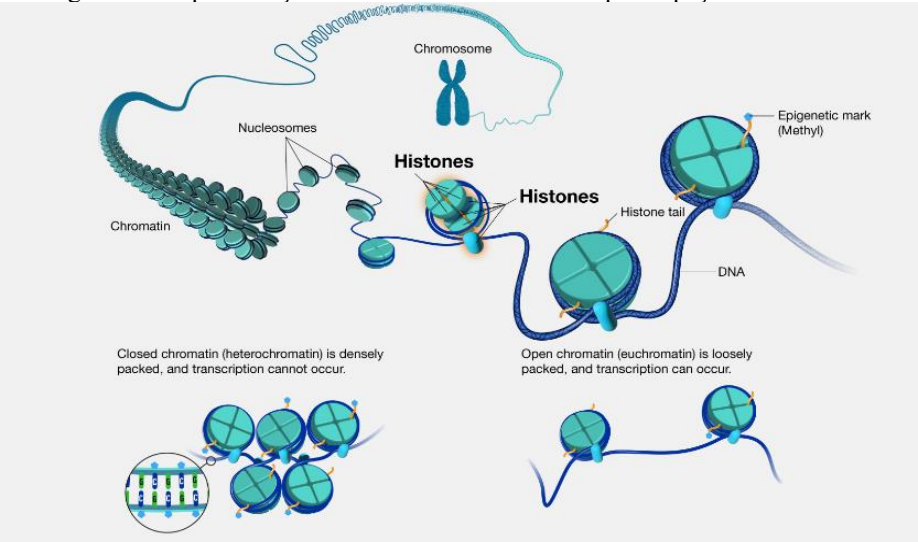
3.2 MATERIAL GENÉTICO

O ácido desoxirribonucleico, ou DNA, é uma molécula de dupla hélice presente no núcleo de células eucariontes que foi descoberta por Francis Crick e James Watson, e publicada na revista *Nature* no dia 25 de abril de 1953. A molécula de DNA apresenta nucleotídeos em sua composição, os quais são formados por um grupamento fosfato (PO_4), uma pentose, no caso, uma desoxirribose, e bases nitrogenadas (GARCIA, 2021).

As bases nitrogenadas podem ser classificadas em dois grupos, sendo eles: purinas (adenina e guanina) e pirimidinas (citosina, timina e uracila). No caso do ácido ribonucleico (RNA), as uracilas substituem as timinas, presentes apenas no DNA. Essas bases estão ligadas umas às outras por pontes de hidrogênio. Sabe-se que tal ligação ocorre sempre entre uma purina e uma pirimidina, e cada qual com seu par específico: adenina (purina) e timina (pirimidina), guanina (purina) e citosina (pirimidina). O arranjo que será formado por essas bases ligadas ficou conhecido como dupla hélice (VITÓRIO, 2017).

Existem dois tipos de DNA: o gênomico (gDNA) e o mitocondrial (mtDNA), que apresentam diferenças relevantes. O nucleossomo do gDNA é formado pela ação de proteínas que auxiliam na sua compactação dentro do núcleo. Assim, ocorre o enovelamento dos pares de bases ao redor de um octâmero proteico central, denominados de histona. Existem 4 tipos de histonas, sendo elas, H3, H4, H2A e H2B. Ainda, os nucleossomos adjacentes são ligados através da ação da histona H1/H5, denominada histona ligante. Ademais, a histona H1 é de suma importância para a manutenção da estruturação e organização da cromatina (Fig. 2) (NEGANOVA et al., 2022).

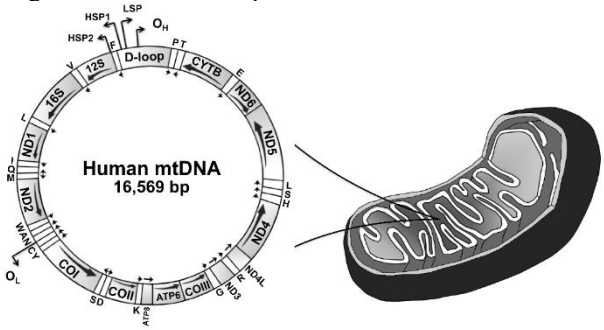
Figura 2 – Representação da estrutura do DNA com participação das histonas



Fonte: https://www.genome.gov/genetics-glossary/histone.

O mtDNA é menor, tem formato circular (Fig. 3), apresenta herança materna e se encontra fora do núcleo, por isso, denominado de extracromossômico. Uma célula possui muito mais cópias de mtDNA do que gDNA, indicando maior probabilidade de conservação da informação genética caso haja um processo de degradação. Este fator de resistência torna o mtDNA um importante objeto de estudo, especialmente na área forense, em situações em que as amostras de material genético disponíveis se encontram demasiadamente corrompidas (ROSSMANN et al., 2021).

Figura 3 – Desenho esquemático do DNA mitocondrial.



Fonte: (MCKINNEY; OLIVEIRA, 2013).

Portanto, tendo em vista as características do DNA como molécula portadora de informação genética única para cada indivíduo, podendo ser extraído de diversas fontes, até mesmo de restos mortais; o mapeamento do material genético tem sido muito utilizado na identificação humana, especialmente para fins forenses (PAES; RIBEIRO, 2016).

3.3 APLICAÇÕES DA GENÉTICA FORENSE

A Genética Forense é um ramo da ciência que combina as técnicas de Genética e Biologia Molecular, utilizando o DNA como ferramenta imprescindível para a identificação de pessoas e

elucidação de casos criminais (LIECHESKI; FEDATTO; FREITAS, 2022). Segundo Alvarenga (2023), o material genético (DNA) pode ser obtido de "manchas de sangue, sêmen, cabelo, ossos, dentes, unhas, urina e fluidos biológicos como a saliva". Na década de 1980, Alec J. Jeffreys, um geneticista inglês, publicou na revista *Nature* o teste de identificação genética denominado *DNA fingerprint*, ou "impressão digital de DNA", o qual permite identificar uma pessoa a partir das amostras biológicas citadas anteriormente, utilizando regiões específicas do DNA denominadas regiões polimórficas (BARBOSA; ROMANO, 2018).

Nesse sentido, o termo polimorfismo vem do latim "polymorphism", que, etimologicamente, refere-se a muitas (*poly*) formas (*morph*). As regiões polimórficas também são chamadas de minissatélites ou VNTRs, do inglês "*variable number of tandem repeats*" e são as responsáveis pela variabilidade genética entre os indivíduos. Os minissatélites apresentam, como característica principal, sequências repetidas de 10 a 100 pb (pares de bases), bandas grandes e altamente polimórficas, variando entre os indivíduos (STANLEY et al., 2020). Além dos minissatélites, existem os microssatélites, ou STRs (do inglês "*shorts tandem repeat*"), os quais são sequências curtas de 2 a 9 pares de bases, sendo estes os mais utilizados em testes de identificação humana (FONSÊCA et al., 2022).

Nesse contexto, os microssatélites, ou STRs, são excelentes marcadores de identificação genética e se destacam por possuírem cadeias curtas, o que possibilita sua detecção mesmo em amostras reduzidas de material biológico. Associados à técnica de PCR multiplex, tornam-se ferramentas fundamentais para a realização de diversos exames forenses (ARAUJO; QUEIROZ, 2017).

Ademais, ainda se observam os Polimorfismos de Nucleotídeo Único (SNPs), os quais são marcados por alterações pontuais. Os SNPs (do inglês "*Single Nucleotide Polymorphisms"*) são variações genéticas em sequências de DNA caracterizadas pela substituição de um único nucleotídeo. Essas alterações podem surgir tanto por erros durante a replicação do DNA quanto por modificações químicas específicas, contribuindo para a variabilidade genética (GUIMARÃES, 2020).

Por fim, para a identificação e comparação das amostras e seus marcadores moleculares únicos, faz-se necessária a utilização de técnicas de Biologia Molecular, como a Reação da Cadeia da Polimerase (PCR) e a Eletroforese (CARVALHO; MIRANDA; FREITAS, 2021).

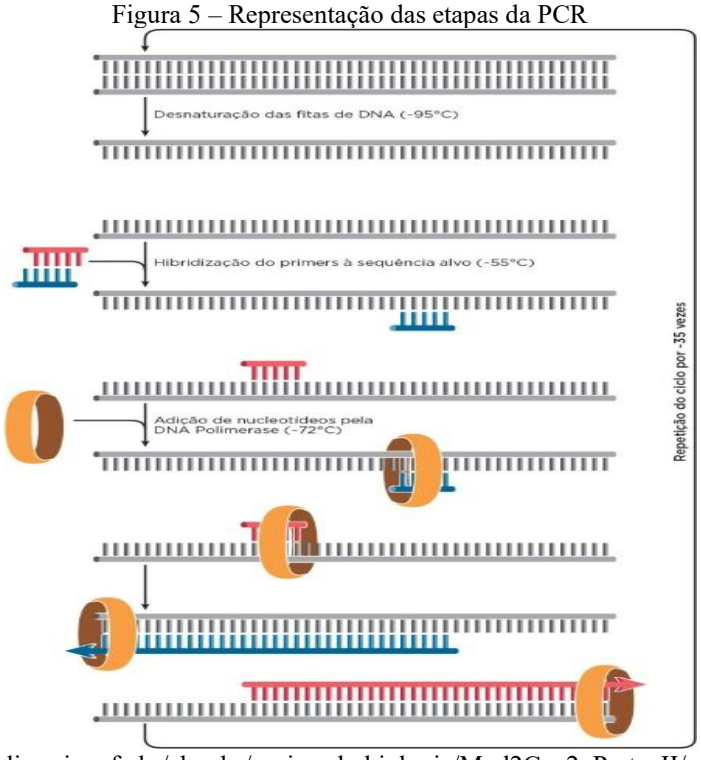
3.4 REAÇÃO EM CADEIA DA POLIMERASE (PCR)

As técnicas de Biologia Molecular têm evoluído significativamente nos últimos anos, ampliando as possibilidades de investigação na área da Genética. Dentre essas técnicas, a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) e a Eletroforese apresentam um papel significativo atualmente (CARVALHO; MIRANDA; FREITAS, 2021).

A PCR foi descoberta pelo pesquisador Kary Mullis em 1980 e que permitiu a amplificação de uma sequência específica da molécula de DNA, realizando a síntese de inúmeras cópias mesmo com quantidades reduzidas de material genético (DINIZ et al, 2024). Para essa técnica, a amostra é submetida a três etapas cíclicas que, através de variações de temperatura, apresenta grande quantidade de cópias como resultado (Figura 5). O processo ocorre com o auxílio do termociclador, o qual promoverá a desnaturação à 95ºC da dupla fita de DNA, proporcionando o rompimento das pontes de hidrogênio; o anelamento dos *primers* específicos, sendo estes iniciadores do processo, em temperaturas baixas e ideais (entre 50 e 65ºC); e a extensão da nova fita com a ação da DNA polimerase à 72ºC no sentido 5' para 3' (CARVALHO; MIRANDA; FREITAS, 2021).

Com o desenvolvimento tecnológico, foram desenvolvidas diversas variações da técnica de PCR, tornando-as mais eficazes, automatizadas e indispensáveis na análise da molécula complexa de DNA (DINIZ et al, 2024). Ainda, ressalta-se que a descoberta da PCR em tempo real, ou qPCR, que é uma variação da técnica tradicional, proporcionou avanço importante neste procedimento. A qPCR faz o uso de sondas fluorescentes para monitorar a amplificação do material genético em tempo real, ou seja, ao longo de todo o processo. Essa abordagem permite que a amplificação e a quantificação do DNA ocorram simultaneamente, oferecendo maior sensibilidade e precisão na análise dos resultados (LICÍNIO; AYRES, 2021).

Figura 5 – Representação das etapas da PCR



Fonte: https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/ensino-de-biologia/Mod2Cap2_Parte_II/conteudo/8-3.html

3.5 ELETROFORESE

Após a ampliação do material genético pela técnica de PCR, o método mais difundido para visualização da amostra obtida é a eletroforese, a qual consiste na separação dos pares de bases presentes no DNA por meio da aplicação de uma diferença de potencial. Para realização deste método, é recorrente a execução da eletroforese em gel nos laboratórios de Biologia Molecular. Para este procedimento, utiliza-se comumente uma placa de gel de agarose ou poliacrilamida que contém uma solução tampão. Nesta placa, as amostras são distribuídas paralelamente e inseridas na cuba de eletroforese, formada por dois compartimentos contendo solução tampão, e submetidas a uma fonte de voltagem (DE OLIVEIRA et al., 2015). Os compartimentos da cuba formam o ânodo (polo positivo) e o cátodo (polo negativo). Como as moléculas de DNA apresentam carga negativa, ao sofrerem influência do campo elétrico, tendem a migrar em direção ao polo positivo (SILVA; FRANGIOSA, 2018).

Devido aos poros presentes nesses materiais, ocorre a separação de macromoléculas como RNA ou DNA, com base na velocidade com a qual a molécula migra até o polo oposto. A distância percorrida pelas espécies é inversamente proporcional ao seu tamanho, uma vez que as moléculas menores, e consequentemente mais leves, tendem a percorrer o gel com mais facilidade. A migração da amostra pelo suporte forma um caminho que pode ser visualizado na placa como uma mancha, que deverá ser observado posteriormente através de um processo de coloração por reação química, permitindo a análise dos resultados (PETRUCI et al., 2022).

A eletroforese é uma técnica de grande importância por permitir a separação de trechos do DNA de acordo com o tamanho das moléculas, entretanto, não é capaz de distinguir sequências mais específicas. Para isso, foi desenvolvida a técnica *Southern Blotting*, onde, posteriormente à separação do material genético pelo processo de eletroforese em gel de agarose, o DNA passa por uma desnaturação, tornando-se fita simples. Em seguida, cobre-se o gel com uma membrana de nitrocelulose, para a qual as moléculas do gel são transferidas por capilaridade. Então, ocorre o processo de hibridização, pelo qual a membrana é incubada com uma sonda radioativa, complementar à sequência-alvo; levando ao anelamento dessa sonda com os fragmentos de interesse. É possível visualizar o resultado deste procedimento através de um filme de raio-X, que apresentará um escurecimento dessas bandas complementares. É uma técnica eficaz na detecção de genes específicos, tornando-se útil na investigação forense (SILVA; FRANGIOSA, 2018).

As tecnologias de Biologia Molecular permitiram um grande avanço na ciência forense e vêm sendo aplicadas para a resolução de diversos processos investigativos, sendo de grande utilidade para os casos em que as amostras coletadas no local de crime encontram-se demasiadamente degradadas ou em pequenas quantidades, permitindo a sua amplificação pelo método PCR e subsequente análise por

Eletroforese e Southern Blotting, levando à identificação humana de maneira eficaz (VAREJÃO et al., 2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Genética Forense tornou-se uma ferramenta valiosa na identificação humana, especialmente nos casos em que métodos tradicionais se mostram limitados, como em situações de catástrofes ou decomposição avançada, destacando-se o DNA por sua individualidade e resistência como o marcador mais eficaz na individualização de pessoas. As técnicas de Biologia Molecular, como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) e suas variações, a eletroforese e a técnica de *Southern Blotting* mostraram-se essenciais na detecção e análise de marcadores moleculares, como os STRs, VNTRs e os SNPs. A evolução tecnológica dessas ferramentas tem contribuído para maior precisão, rapidez e confiabilidade dos exames forenses. Desta forma, verifica-se que a utilização da Genética Forense não apenas revoluciona os métodos de identificação, mas também reforça a atuação do profissional biomédico no campo pericial, conferindo-lhe atuação relevante na construção de provas técnicas e científicas. Assim, o avanço da Biomedicina na área forense amplia as possibilidades de resolução de casos complexos e fortalece a aplicação da ciência no contexto investigativo e legal.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, I. Q. **Identificação humana utilizando o DNA na saliva: revisão de literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, p. 1-25, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/39661/1/Identifica%C3%A7%C3%A3oHumanaUtilizando.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

ARAÚJO, S.; QUEIROZ, P**. Estudo das aplicações forenses do DNA na obtenção da identificação humana.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biomedicina) – Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Centro Universitário de Brasília. Brasília, p. 1-27, 2017.

BARBOSA, R. P.; ROMANO, L. H. História e importância da genética na área forense. **Revista Saúde em Foco**, v. 10, p. 300-306, 2018.

BIANCALANA, R. C. et al. Determinação do sexo pelo crânio: etapa fundamental para a identificação humana. **Rev Bras Crimin**, v. 4, n. 3, p. 38-43, 2015.

CARVALHO, M. L. A., MIRANDA, D. C., FREITAS, M. T. S (2021). O impacto das técnicas de biologia molecular na resolução de crimes The impact of molecular biology techniques on crime resolution. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.12, p. 114750-114766, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-307 . Acesso em: 19 de mar. 2025.

CARNEIRO, A. P. C., ANDRADE, L. M., FRAGA, F. J. O., DUARTE, M. L. Aplicação dos métodos de identificação humana post mortem no IML Estácio de Lima no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2015. **Perspectivas em Medicina Legal e Perícia Médica**, v. 2, n. 3, 2017.

DINIZ, M. C. et al. Reação em cadeia da polimerase (PCR): análise da produção científica no período de 2001 a 2021. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v. 11 n. 3, p. 236-252, 2024.

DE OLIVEIRA, E. et al. Eletroforese: conceitos e aplicações. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1129-1149, 2015.

FONSÊCA, A. L. S. et al. Genética e polimorfismo: uma abordagem sobre minissatélites e microssatélites e suas contribuições. **RECISATEC – Revista Científica Saúde e Tecnologia**, v. 5, n. 5, p. 1-9, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.53612/recisatec.v2i5.136 . Acesso em: 19 de mar. 2025.

FRANCO, E. M. S. Z. S. et al. The importance of forensic dentistry inside a forensic institute/A importancia do odontolegista dentro do instituto médico legal. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 11, n. 1, p. 34-40, 2013.

GARCIA, E.S. Genômica e Proteômica. In: GARCIA, E. S. **Genes: fatos e fantasias**. 20. ed. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2006, p. 13-49. ISBN 978-65-5708-102-0. Disponível em: https://doi.org/10.7476/9786557081020.0003. Acesso em: 16 abr. 2025.

GIOSTER-RAMOS, M. L. et al. Técnicas de identificação humana em Odontologia Legal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 1-14, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13200. Acesso em: 18 set. 2025.

GUIMARÃES, B. D. **Associação de polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) dos genes PSCA, TP53 e NQO1 e sua relação com o desenvolvimento de carcinoma mamário em**

mulheres no estado da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p. 1-56, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/18318/1/BeatrizDantasGuimar%C3%A3es_Dissert.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

INTERPOL. Disaster Victim Identification Guide. **Interpol Dvi Guide,** p. 16, 2023. Disponível em: https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Disaster-Victim-Identification-DVI. Acesso em: 15 set. 2025

LICÍNIO, C. O. L.; AYRES, F. M. O uso de PCR em tempo real em diagnósticos de arboviroses: revisão integrativa. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, São Paulo, v. 57, n. 1, p. 1-9, 2021. DOI: 10.5935/1676-2444.20210048. Disponível em: https://www.scielo.br/j/jbpml/a/h6wJYgwpVNT4Pb6DLdjx74H/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 26 ago. 2025.

LIECHESKI, C.; FEDATTO, P. F.; DE FREITAS, F. A. Genética forense: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, p. 6722–6742, 2022. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/46644/pdf. Acesso em: 19 mar. 2025.

MCKINNEY, R.; OLIVEIRA, M. Replicating animal mitochondrial DNA. **Genetics and Molecular Biology**, v. 36, p. 308-315, 2013.

NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE. **Histone.** 2025. Disponível em: https://www.genome.gov/genetics-glossary/histone. Acesso em: 15 mar. 2025.

NEGANOVA, M. E. et al. Histone modifications in epigenetic regulation of cancer: Perspectives and achieved progress. **Seminars in Cancer Biology,** v. 83, p. 452- 471, 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044579X20301760. Acesso em: 10 out. 2025.

PAES, R.; RIBEIRO, I. Importância do DNA Forense para a Biologia Moderna: Uma Revisão. **Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 20, n. 1, p. 30-37, 2016.

PETRUCI, J. F. S. et al. Fundamentos da eletroforese e eletroforese capilar. In: MIRANDA, M. L. D. (Org.). **Fitoquímica: potencialidades biológicas dos biomas brasileiros.** Guarujá: Editora Científica Digital, 2022, v. 2, p. 65-82.

PINTO, L. B.; CAPUTO, I. G. C.; PEREIRA, M. M. I. Importância do DNA em Investigações Forenses: Análise de DNA Mitocondrial. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics**, v. 6, n. 1, p. 84-107, 2016.

ROSSMANN, M. P. et al. Mitochondrial function in development and disease. **Disease Models & Mechanisms**, v. 14, n. 6, p. 1-36, 2021. Disponível em: https://journals.biologists.com/dmm/article/14/6/dmm048912/269120/Mitochondrial-function-in-development-and-disease. Acesso em: 26 ago. 2025.

SANTOS, B. F. O. A importância da papiloscopia na identificação de vítimas de acidentes de massa. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 11, n. 2, p. 48-53, 2022.

SILVA, T. A.; FRANGIOSA, P. C. 5. A aplicação de técnicas moleculares de DNA na investigação forense. **Revista Científica UMC**, v. 3, n. 2, p. 1-15, 2018.

STANLEY, U. N. et al. Forensic DNA profiling: autosomal short tandem repeat as a prominent marker in crime investigation. **The Malaysian journal of medical sciences: MJMS**, v. 27, n. 4, p. 22-35, 2020.

NEVES, A. F. Introdução à Biologia Celular e Molecular para o Ensino. In: NEVES, A. F. (Org.). **Ensino de Biologia**. Goiânia: Gráfica da UFG, 2017. Módulo 2, Capítulo 2, Parte II, p. 1-135. Disponível em: https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/ensino-de-biologia/Mod2Cap2_Parte_II/conteudo/8-3.html. Acesso em: 18 set. 2025.

VAREJÃO, J. D. V. et al. A importância das técnicas laboratoriais na análise forense. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR,** v. 33, n. 2, p. 104-108, 2020.

VITÓRIO, F. DNA no ensino de Biologia e Química. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 17, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Vitorio/publication/351197990_DNA_no_Ensino_de_Biologia_e_Quimica/links/608b544092851c490fa77334/DNA-no-Ensino-de-Biologia-e-Quimica.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.