

# VESTÍGIOS BIOLÓGICOS E TÉCNICAS MOLECULARES APLICADAS NA INVESTIGAÇÃO CRIMINAL

Cintia Corteccioni Nuñez Del Prado<sup>1</sup>  
Marcela Funaki dos Reis<sup>2</sup>

## RESUMO

A investigação criminal busca descobrir como o crime ocorreu e os envolvidos no fato, nesse contexto a utilização do DNA e das técnicas moleculares representam uma importante ferramenta utilizada pela perícia criminal para desvendar o crime. O objetivo deste trabalho foi descrever o uso do DNA, extraído de diversos vestígios encontrados na cena de crime e as principais técnicas moleculares utilizadas para fins forenses. Neste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica que descreve alguns vestígios biológicos presentes no local do crime e as técnicas moleculares utilizadas para fins forenses. Diferentes vestígios como sangue, saliva, dentes, ossos, entre outros são fontes de DNA e mesmo em pequenas quantidades podem ser realizadas a extração do DNA e as análises forenses, sua importância está relacionada ao poder discriminatório de elevada sensibilidade, já que possibilita diferenciar indivíduos, pois estabelece um perfil específico. Para as análises forenses são empregadas diferentes técnicas moleculares como PCR, qPCR, sequenciamento de DNA, entre outras, e a escolha do método está ligada a eficiência que visa melhores resultados de forma rápida garantindo a credibilidade dos resultados. A elevada relevância da genética forense na investigação criminal demonstra a importância da constante atualização das técnicas e metodologias aplicadas nessa área para buscar melhores resultados.

**Palavras-chave:** genética forense, metodologias forenses, perícia criminal, DNA, vestígios forenses.

## ABSTRACT

The criminal investigation seeks to discover how the crime occurred and those involved in the fact, in this context the use of DNA and molecular techniques represent an important tool used by criminal expertise to unravel the crime. The objective of this work was to describe the use of DNA extracted from several traces found at the crime scene and the main molecular techniques used for forensic purposes. In this work a bibliographic review was carried out that describes some biological traces present at the crime scene and the molecular techniques used for forensic purposes. Different traces such as blood, saliva, teeth, bones, among others are sources of DNA and even in small quantities can be performed DNA extraction and forensic analysis, its importance is related to discriminatory power of high sensitivity, since it makes it possible to differentiate individuals, because it establishes a specific profile. Forensic analysis uses different molecular techniques such as PCR, qPCR, DNA sequencing, among others, and the choice of the method is linked to the efficiency that aims at better results in a fast way, guaranteeing the credibility of the results. The high relevance of forensic genetics in criminal investigation demonstrates the importance of constantly updating the techniques and methodologies applied in this area in order to achieve better results.

**Keywords:** genetic forensis, forensic methodologies, forensic science, DNA, forensis evidences

<sup>1</sup>Biomédica, Especialista em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Maringá [cintiadelprado@hotmail.com.br](mailto:cintiadelprado@hotmail.com.br)

<sup>2</sup>Orientadora, Doutora em Biologia Comparada pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Docente do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. [marcela.reis@unicesumar.edu.br](mailto:marcela.reis@unicesumar.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação das ciências forenses na investigação criminal é fundamental para a elucidação do fato criminoso, já que auxilia na materialização do crime e na identificação do autor do fato (VELHO et al., 2012). Essa ciência abrange diversas áreas de conhecimento que se relacionam para resolver questões ligadas a segurança pública e a justiça criminal (FACHONE e VELHO, 2007).

Nesse contexto a perícia criminal possui caráter técnico e especializado. A perícia criminal busca a verdade das circunstâncias do crime, pela análise dos vestígios presentes no local do crime e é fundamentada em embasamento científico que direcionarão a investigação policial e, além disso, fornece elementos para a livre convicção do juiz ao julgar os fatos (GIOVANELLI e GARRIDO, 2011).

A investigação criminal é um conjunto de processos que engloba desde a coleta dos vestígios e análises destas amostras até sua destinação final. Todas essas etapas devem ser criteriosamente documentadas para garantir a idoneidade e a rastreabilidade dos vestígios. Isso certifica a confiabilidade e transparência da prova pericial, assim com essa cadeia de custódia é possível a admissibilidade das provas nos tribunais (BRASIL, 2014; MATOS, 2017).

Por isso, é essencial manter a segurança e integridade dos vestígios, já que diferentes causas podem alterar suas características físicas, químicas e biológicas. É reconhecido que variações climáticas podem alterar a qualidade da amostra vestigial, mas também a imperícia na coleta, manuseio e armazenamento, além de atos propositais por destruição voluntária comprometem dessa forma o valor probatório dos vestígios (STUMVOLL, 2014).

O estudo das evidências compreende a sua localização, identificação, coleta, preservação, avaliação, armazenamento e destinação final, sendo que os vestígios de natureza biológica são os mais frequentes nos locais de crime. Amostras biológicas incluem, por exemplo, sangue, saliva, pelos, esperma, tecidos e fluidos biológicos, entre outros, além disso são de suma importância para identificação de autoria e dinâmica dos fatos que envolvem o crime (SAWAYA e ROLIM, 2009; STUMVOLL, 2014).

A genética forense é a área da biologia forense que analisa tais vestígios e utiliza preceitos da hereditariedade e de técnicas da biologia molecular com a finalidade de buscar, por meio da comparação das amostras questionadas e

conhecidas, a compatibilidade e o possível vínculo de parentesco genético existente, como também podem fornecer informações relevantes sobre sua origem com dados relativos ao fenótipo (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016; SEO et al.,2017).

Existe um grande número de técnicas moleculares utilizadas pela perícia criminal para realizar tais análises como a reação em cadeia da polimerase (PCR), reação em cadeia da polimerase em Tempo Real (qPCR) e o sequenciamento de DNA. Essas técnicas se baseiam nas análises de amostras de DNA (ácido desoxirribobucleico), já que é uma poderosa ferramenta de investigação e discriminação na identificação humana para a investigação criminal (FRUEHWIRTH, DELAI e DE ARAUJO FOLHA, 2015).

A intensa utilização do DNA em investigações criminais ocorre porque ele é encontrado em todos os fluidos e tecidos biológicos, possui resistência a degradação pela passagem do tempo e agressões ambientais. E mesmo em pequenas quantidades o DNA amostral pode ser amplificado em laboratório aumentando a qualidade da análise, além disso, possui regiões polimórficas que variam entre as pessoas sendo indivíduo específica, e com isso auxiliam a perícia a construir um perfil genético (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo destacar as principais amostras coletadas em cenas de crime bem como as técnicas moleculares utilizadas na análise forense para elucidação dos fatos criminosos.

## **2. METODOLOGIA**

Esse artigo consiste em uma revisão bibliográfica com os dados adquiridos em bancos de dados como Portal de Periódicos da CAPES, *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e a plataforma ScienceDirect, além de livros, dissertação e teses científicas. No levantamento bibliográfico foram utilizadas as palavras-chaves: genética forense (genetic forensis), metodologias forenses (forensic methodologies), perícia criminal (forensic science), DNA (DNA) e vestígios forenses (forensis evidences).

## **3. DESENVOLVIMENTO**

### **3.1 VESTÍGIOS BIOLÓGICOS**

Diferentes tecidos e fluidos biológicos obtidos no local de crime pode ser fonte de DNA como sangue, ossos, dentes, cabelo, saliva, tecidos mumificados, congelados e de líquido amniótico. Muitas vezes, os vestígios são encontrados em parcelas ínfimas, por isso, são necessárias medidas corretas para evitar desperdícios do material que comprometam sua posterior análise. É importante realizar a coleta de maneira adequada, acondicionar e armazenar das amostras seguindo os critérios padronizados de cada espécie de vestígio (NASCIMENTO, PINHEIRO e SOUZA, 2009; STUMVOLL, 2014; DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

O DNA pode ser obtido no núcleo da célula (DNA genômico) e a partir das mitocôndrias. O DNA genômico é comumente empregado em situações cotidianas da perícia forense, já o DNA mitocondrial é utilizado em certas circunstâncias. O DNA mitocondrial é extraído particularmente de ossos, cabelos e dentes de amostras provenientes de grandes desastres como incêndio e explosões, nos quais o DNA nuclear foi degradado e não pode ser analisado por conta de perda de integridade (DE SOUSA VIEIRA, TAVARES e BOUCHARDET, 2010; CÉLIA, 2017).

O DNA é a amostra biológica ideal para análises forenses devido ao armazenamento do código genético que revela o perfil de cada indivíduo como único. Em termos de organização o DNA apresenta regiões codificantes e não codificantes, nessas encontram-se marcadores genéticos polimórficos que são usados na identificação humana, já que são regiões de variação entre as pessoas e o uso de um número suficiente de marcadores resulta em um perfil genético que não se repete em outra pessoa, exceto em gêmeos monozigóticos (DA SILVA LEITE et al., 2013).

### 3.1.1 Sangue

É o vestígio mais frequente em locais de crime contra a vida, como homicídio, aborto, suicídio e nos crimes de lesão corporal, pode ser encontrado em diversas formas líquida, coagulada e seca. A forma de apresentação desse vestígio, o padrão das manchas e até a tentativa ocultação ou lavagem são questões de interesse criminalístico (MONTEIRO, 2010; MENDES SOUSA e MARTINS QUEIROZ, 2012).

O sangue pode ser encontrado em estado líquido, seco, úmido ou coagulado, essas variações refletem na coleta das amostras, na forma líquida a coleta pode ser

feita swab que deve secar para ser armazenado em envelope de papel, também pode ser feita com seringa e pipeta, uma vez que a amostra é transferida para tubo de coleta com anticoagulante. Na forma seca usa-se swab umedecido com água destilada ou raspagem com lâmina, o material também é acondicionado em envelope de papel para evitar proliferação de microrganismos, a forma úmida geralmente está em tecidos e roupas e se procede com a coleta da peça que é encaminhada ao laboratório (SAWAYA e ROLIM, 2009).

A individualização do sangue se dá por um conjunto de análises como o tipo sanguíneo (fator ABO e RH), caracterização das enzimas das células vermelhas, marcadores genéticos e pelo perfil de DNA, o somatório dos resultados pode ser uma prova crucial para verificar determinadas suspeitas de indivíduos sobre o crime (VIRKLER e LEDNEV, 2009).

Muitas vezes é necessário identificar a presença de sangue latente, não visível a olho nu, para isso utilizam-se métodos físicos de análises como fonte de luz forense, que revelarão resíduos provenientes da tentativa de limpeza ou redução de visibilidade das manchas, também é utilizado reagentes químicos que permitem visualizar sangue oculto, lavado ou em traços (MONTEIRO, 2010).

Outro fato importante de análise é o padrão formado pelas manchas de sangue e os mecanismos envolvidos na sua formação, já que são objetos de estudo para descobrir a dinâmica dos fatos, arma ou instrumentos envolvidos no caso (VAZ, 2008).

### 3.1.2 Saliva

Esse vestígio é normalmente encontrado em locais de crime que envolve homicídio, agressão ou crimes contra a dignidade sexual (estupro e atentado violento pudor), detecta-se geralmente em marcas de mordida, cigarro, copos, garrafas, talheres, cartas, envelopes entre outros (MENDES SOUSA e MARTINS QUEIROZ, 2012).

Sua identificação é feita por exames químicos pela pesquisa de sulfocianeto de potássio e a enzima ptialina, além de métodos físicos usando a fluorescência da amilase, imunocromatográficos que detecta a amilase usando anticorpos

monoclonais específicos, além disso, a análise do perfil genético pela análise do DNA das células do epitélio bucal (STUMVOLL, 2014).

### 3.1.3 Sêmen

O sêmen é um líquido de aspecto leitoso composto por espermatozoides e líquido seminal (mistura de secreções da próstata, vesícula seminal e glândulas bulbouretrais), o líquido seminal coagula depois de 5 min que foi ejaculado pela ação das proteínas das vesículas seminais, e após 10 a 20 min o sêmen dissolve-se pela atividade das enzimas e dos antígenos produzidos pela próstata (VAZ, 2008).

A identificação de sêmen no local do crime está ligado aos crimes contra a dignidade sexual como estupro e atentado violento ao pudor, sendo de suma importância para realizar a identificação do agressor. Esses vestígios podem ser encontrados em roupas, lençóis, estofados, tapetes, entre outros (MONTEIRO, 2010).

A determinação de sêmen no local de crime inicia pela pesquisa microscópica de espermatozoide nas amostras, além disso, pode ser detectado por métodos físicos pelo uso de luz forense ultravioleta que induz a fluorescência na presença do sêmen, também são usados testes químicos para detecção de colina e fosfatase ácida e testes imunológicos pela identificação de antígeno prostático específico (PSA), e complementarmente é feita a extração de DNA dos espermatozoides para posteriores testes específicos de identificação (SAWAYA e ROLIM, 2009).

### 3.1.4 Ossos e Dentes

São os vestígios biológicos mais analisados em casos de acidentes aéreos, catástrofes ambientais, explosões e outros desastres em massa na qual a identificação humana por métodos convencionais de papiloscopia, antropologia e odontologia forense são prejudicados pelo estado de conservação dos corpos. Por isso, a genética forense é uma alternativa para identificação dos cadáveres, já que as amostras de ossos e dentes possuem uma matriz mineral que conserva o material biológico e preserva o DNA para posteriores análises (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

As principais fontes de DNA são ossos longos como fêmur, tíbia e úmero, já em relação aos dentes os molares e pré-molares possuem bons resultados de amplificação do DNA (MENDES SOUSA e MARTINS QUEIROZ, 2012).

### 3.1.5 Pelos e Cabelos

Os pelos são estruturas filiformes anexas à pele, são constituídos de duas partes a haste (porção acima do nível da epiderme) e a raiz (formada pelo folículo piloso e bulbo, rica em células foliculares que permitem a extração do DNA). Os pelos apresentam três fases de crescimento anágena, catágena e telógena, a verificação das etapas que os pelos e cabelos são encontrados e o estado da raiz permite identificar se ocorreu tratamento químico, se o cabelo foi arrancado, esmagado, cortado ou se caiu naturalmente (VAZ, 2008).

Esse tipo de vestígio pode ser encontrado em diversos tipos de locais de crime como homicídio, estupro, sequestros, lesão corporal, entre outros. As amostras podem ser detectadas em escovas de cabelo, pente, roupas, cama, móveis, interior do veículo, piso, e nas mãos dos envolvidos. Utiliza-se uma pinça para pegar os vestígios no local do crime, em seguida são colocados em envelope de papel para serem transferidos ao laboratório (MONTEIRO, 2010).

Em pelos e cabelos são feitas análises macroscópicas que verificam as características externas do fio, forma, cor, comprimento, textura, presença ou ausência da raiz, já na análise microscópica poderá ser determinado se é pelo ou fibra, a origem animal ou humana, a presença de tratamento químico, presença de danos, doenças, e a possível região do corpo, observa-se também a fase de crescimento da raiz para verificar a possibilidade da análise de DNA nuclear ou mitocondrial. O DNA nuclear é obtido na fase anágena do pelo, já os pelos que se encontram na fase telógena são utilizados em testes de DNA mitocondrial. (STUMVOLL, 2014).

## 3.2 EXTRAÇÃO DE DNA

As metodologias de extração de DNA variam de acordo com vestígio biológico utilizado. O princípio baseia-se na ruptura da membrana celular e separação do DNA utilizando solventes e substâncias que precipitam as moléculas,

uma vez que o DNA da amostra deve ser separado de outros componentes como proteínas, lipídeos e RNA, além de contaminantes da própria cena do crime, pois estes reduzem o poder discriminatório da análise de DNA. A quantidade, a pureza e a integridade do DNA dependem de vários fatores, nesse contexto as metodologias usadas na extração vão influenciar em tais resultados (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

A extração orgânica é forma mais tradicional, que consiste na remoção e separação de proteínas do DNA com fenol-clorofórmio. Com o método se obtêm DNA com alto peso molecular, uma de suas vantagens é o baixo custo, já com desvantagens destaca-se a demora de execução e o uso de substâncias altamente tóxicas (MENDES SOUSA e MARTINS QUEIROZ, 2012).

Existem outros métodos de extração do DNA como Chelex, ele consiste em um método mais rápido na extração, o qual utiliza uma resina quelante e obtêm uma cadeia simples de DNA. Outro método de extração ocorre pelo uso do papel FTA, que é tratado quimicamente, esse papel é usado para coleta, transporte, armazenamento e extração de ácidos nucleicos, o uso dessa metodologia é simples, uma gota de sangue é aplicada no papel, pela ação de reagentes químicos ocorre a lise das células e o DNA fica preso na matriz do papel, uma pequena parcela do papel com a amostra é removido e submetido a lavagem para ser purificado e posteriormente utilizado nas análises moleculares (BRITO et al., 2011; FORSBERG et al., 2016 e JÄGER et al., 2017).

### 3.3 TÉCNICAS MOLECULARES

As técnicas de biologia molecular na área forense são de suma importância, pois podem ser utilizadas em quase todos os tipos de investigação criminal como homicídio, lesão corporal, crime sexual, identificação de cadáveres carbonizados, mutilados ou em decomposição, relação entre instrumento lesivo e vítima, entre outros. E a correta realização de todos os procedimentos desde a coleta até a análise dos resultados certifica a confiabilidade dos dados e possibilita sua admissão nos julgamentos (FRUEHWIRTH, DELAI, e DE ARAUJO FOLHA, 2015; DA SILVA LEITE et al., 2013)

O poder discriminatório do exame de DNA é uma das mais importantes características que influencia na aplicação e escolha das técnicas moleculares



voltadas para investigação criminal, aliadas a grande sensibilidade dos exames de DNA e a possibilidade de obtenção de amostras de diferentes vestígios biológicos, o que facilita a aplicação das diferentes metodologias (KOCH & ANDRADE, 2008).

### 3.3.1 Southern Blotting

A técnica se baseia na hibridização entre a molécula de DNA fixada no suporte de nitrocelulose com sondas marcadas por radioatividade para visualizar uma sequência de bases específica do DNA. Após a eletroforese do DNA genômico, uma membrana de nitrocelulose é colocada sobre o gel, por capilaridade ocorre movimentação e ligação das moléculas de DNA fixa simples na membrana ocorrendo a hibridização da sonda com fragmento complementar. A sonda consiste em uma sequência de DNA conhecida que pode conter um gene de interesse, ou uma região polimórfica de discriminação entre indivíduos (NOBREGA e DA SILVA, 2010).

A técnica de Southern Blotting pode ser usada para detectar polimorfismo que determinam alteração no padrão de clivagem, devido a mutações pontuais em sítios de restrição a partir de uma determinada região do DNA, isso permite uma análise do perfil genético que possibilita diferenciar dois indivíduos, fato crucial na investigação criminal (DE FRAGA GAERTNER e BINSFELD, 2011).

Embora, seja uma técnica inicialmente muito utilizada na perícia com o advento e aperfeiçoamento das técnicas de PCR, o Southern blotting está deixando de ser utilizado devido ao uso de sondas radioativas, custo da técnica e tempo demandado para sua execução.

### 3.3.2 Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)

O PCR compreende a amplificação artificial seletiva de uma região alvo de estudo do DNA, ou seja, um marcador molecular. Essa técnica envolve três etapas que são repetidas várias vezes em ciclos. A primeira etapa é a desnaturação, uma vez que o aquecimento provoca a separação da molécula de DNA pelo rompimento das ligações de hidrogênio da dupla hélice, em seguida ocorre o anelamento onde um par de iniciadores complementares se ligam a uma região específica do DNA, e a última etapa é a extensão catalisada pela enzima termoestável DNA-polimerase

que sintetiza novas fitas de DNA (FRUEHWIRTH, DELAI, e DE ARAUJO FOLHA, 2015).

Essa técnica é fundamental para pesquisa forense, pois possui alta sensibilidade e especificidade, já que amplifica sequências específicas de DNA a partir de amostras escassas ou degradadas o que viabiliza o confronto genético entre os perfis genéticos da amostra questionada e de referência (MENDES SOUSA e MARTINS QUEIROZ, 2012).

Outro ponto importante que influencia no resultado final da amplificação é a qualidade e quantidade do DNA, o excesso de DNA pode saturar a reação que geram artefatos que dificultam a análise, além disso, a presença de contaminantes na amostra podem formar amplificações inespecíficas alterando os resultados, a contaminação pode ocorrer com DNA genômico do ambiente, entre amostras ou durante o preparo da amostra. Existem diversas substâncias que atuam inibindo a reação da PCR, elas podem estar presentes na própria amostra como hematina do sangue, melanina presente no cabelo, ácido húmico do solo e alguns corantes de roupa (MONTEIRO, 2010).

Hoje, a técnica de PCR é amplamente aplicada na investigação das regiões polimórficas que são sequências repetitivas que variam entre as pessoas, ou seja, apresentam um grande poder discriminatório, podendo diferenciar indivíduos da mesma espécie, sendo úteis para a genética forense (DE FRAGA GAERTNER e BINSFELD, 2011). Essas regiões podem possuir variações de comprimento ou sequência, sendo os marcadores mais utilizados de polimorfismos de comprimento incluem microssatélites (STRs – short tandem repeats) e minissatélites (VNTRs – variable number of tandem repeats), eles diferem-se pelo tamanho das repetições (CÉLIA, 2017). Os kits atuais utilizam no mínimo 13 marcadores de STR, incluindo a amelogenina para identificação de gênero (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

### 3.3.3 Reação em Cadeia da Polimerase em Tempo Real (qPCR)

A técnica permite a quantificação dos produtos de amplificação pela emissão de compostos fluorescentes que aumentam em proporção direta de acordo com o produto gerado. Os compostos fluorescentes mais utilizados em qPCR são o SYBR Green e TaqMan. A quantificação exata dos produtos gerados ocorre em cada ciclo quando a reação atinge a amplificação exponencial, isso permite um análise mais

precisa dos produtos gerados (FRUEHWIRTH, DELAI, e DE ARAUJO FOLHA, 2015).

As vantagens da técnica em relação a outros métodos está relacionada com a especificidade e na elevada sensibilidade, além da PCR em tempo real emprega kits com sondas e primers específicos para DNA humano (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

#### 3.3.4 Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)

Muito empregada no estudo do genoma, pois indivíduos diferentes possuem sequências de nucleotídeos diferentes ao longo do DNA. Essa técnica utiliza enzimas de restrição que cortam o DNA em regiões específicas, isso gera fragmentos de diferentes tamanhos que são separados e visualizados em bandas após a eletroforese, cada indivíduo irá apresentar seu padrão de fragmentos diferenciados pelo número e tamanho dos fragmentos, mas pela praticidade, rapidez e custo-benefício a técnica de PCR é mais utilizada que RFLP (KOCH e ANDRADE, 2008).

#### 3.3.5 Sequenciamento de nova geração

Essa tecnologia permite a investigação simultânea de milhões de fragmentos de DNA, o que produz um grande volume de resultados em um tempo menor quando comparado com os sequenciamentos convencionais. A técnica permite sequenciar as bases nitrogenadas de uma molécula de DNA, isso possibilita a detecção de variações genéticas que são estudadas em diversas áreas da genética humana como no diagnóstico de polimorfismo de interesse médico e na genética forense (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

Com a automatização da técnica de sequenciamento foi possível produzir resultados em larga escala, em um tempo menor, além disso, os dados já são digitalizados e processados para o computador em programas apropriados o que facilita o acesso e a todas as informações (NÓBREGA e DA SILVA, 2010).

#### 3.3.6 Single nucleotide polymorphism (SNP)

O polimorfismo de nucleotídeo único consiste na variação de uma base nitrogenada em determinada posição da sequência genômica, são marcadores bialélicos que possuem apenas dois alelos possíveis, os fragmentos analisados são menores, assim é um marcador ideal para amostras de DNA muito degradado, a baixa taxa de mutação permite a utilização de novas tecnologias e da automatização do processo, representam vantagens em relação a análise dos marcadores STRs, mas para a discriminação de indivíduos é necessário um grande número de SNPs nas análises maiores que a quantidade de STRs utilizados (MACHADO e EHRHARDT, 2018).

Os SNPs podem afetar regiões codificadoras de genes, ou seja, regiões responsáveis pelo funcionamento ou expressão de proteínas. Isso permite a fenotipagem do indivíduo levando a definição das características físicas como cor da pele, olhos, cabelos, forma da face entre outras. Nesse sentido, os SNPs contribuem para formação do retrato falado do criminoso que tenha deixado vestígios biológicos na cena do crime, isso permite orientar a investigação policial para encontrar um criminoso desconhecido e também é útil em casos de identificação de pessoas desaparecidas (CAMPOS, 2015).

A escolha da tecnologia usada na análise dos SNPs relacionada com vários fatores como número de marcadores utilizados e qualidade e quantidade de DNA disponível na amostra. A técnica de sequenciamento é precisa, sensível, confiável, além disso, pode ser feita análise simultânea de diversos SNPs, e é um método rápido e de baixo custo quando comparado com outras técnicas de genotipagem de SNPs. Já em relação a aplicação de PCR em tempo real, as fases de amplificação, detecção e quantificação são automatizadas e ocorrem concomitantemente através da utilização de fluorescência, possibilita a análise de um grande número de amostras simultaneamente (CARVALHO, 2011; DE JESUS TAVARES, 2012).

### 3.4 BANCO DE DADOS DE DNA

Os primeiros bancos de dados de perfil genético surgiram no Reino Unido e Estados Unidos da América na década de 90, hoje já é utilizado por mais de 60 países, no Brasil foi regulamentado, em 2012, pela Lei nº 12.564. Essa lei estabelece a criação de um banco de perfil genético de criminosos condenados por crime praticado, dolosamente, com violência de natureza grave contra pessoa, ou por

crimes hediondos, o armazenamento dos dados terá caráter sigiloso e será gerenciado por unidade oficial de perícia criminal (BRASIL, 2012; LOPES, COSTA e BARCELOS, 2013).

O Brasil adotou o sistema CODIS (Combined DNA Index System) como software padrão de arquivamento de perfil genético em casos criminais e em amostras referentes a identificação humana, nesse sistema já foram inseridos dados referentes a amostras questionadas de casos de violência sexual, perfil genético de cadáveres desconhecidos e de familiares de pessoas desaparecidas, assim com esse sistema além de armazenamento, é possível buscar e cruzar as informações que iram auxiliar nas investigações criminais (DIAS FILHO e FRANCEZ, 2016).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A genética forense aplicada na investigação criminal é de suma importância para esclarecer a dinâmica dos fatos relacionados ao crime e os agentes envolvidos, fornecendo elementos que ajudaram na investigação policial e no julgamento nos tribunais.

Isso revela a importância da manutenção da cadeia de custodio bem como da correta manipulação dos vestígios biológicos coletados no local de crime e dos processos realizados em laboratório, já que evita a contaminação das evidências e garante a confiabilidade e validade das análises.

A sensibilidade e o poder discriminatório do DNA o convertem em uma importante ferramenta utilizada pela perícia criminal, outras vantagens é que pode ser extraído de diferentes fluidos e tecidos biológicos encontrados na cena do crime.

Existe um grande número de técnicas moleculares que utilizam o DNA como base de estudos, como PCR, qPCR, sequenciamento de DNA, entre outras, que auxiliarão na formação de um perfil genético específico levando a resolução dos casos, identificação dos indivíduos envolvidos e do vínculo entre os suspeitos e os locais do crime.

Assim, a aplicação das técnicas moleculares para a análise do DNA é essencial na investigação criminal, bem como a realização correta de todos os processos desde a coleta dos vestígios até o processamento em laboratório, além disso visando uma análise eficaz em relação a custo e tempo que gere resultados

fidedignos e seguros é importante e necessário a atualização no que se refere às novas técnicas e novas metodologias forenses.

## **SOBRE O TRABALHO**

O presente artigo foi produzido como trabalho de conclusão de curso da Pós-Graduação em Análises Clínicas e Toxicológicas período 2018.1. Contato eletrônico com os autores do trabalho: cintiadelprado@hotmail.com. Marcela Funaki dos Reis, Orientadora, Doutora em Biologia Comparada pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Docente do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. marcela.reis@unicesumar.edu.br

## **REFERÊNCIAS**

BRASIL. Ministério da Justiça. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Lei 12.654, de 12 de maio de 2012. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 de maio de 2012.

BRASIL. Ministério da Justiça. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Portaria n° 82, 16 de julho de 2014. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 de julho de 2014.

BRITO, P. et al. Amplification of non-FTA samples with AmpFISTR® Identifiler® direct PCR amplification kit. **Forensic Science International: Genetics Supplement Series**, v. 3, n. 1, p. e371-e372, 2011.

CAMPOS, J. O. **A utilização de marcadores moleculares aplicados na identificação humana**. 2015. Monografia (Bacharelado em Biomedicina) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2015.

CARVALHO, C. Al. M. **Aplicação médico-legal da PCR em tempo real na caracterização de SNPs**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Forenses) - Universidade do Porto, Portugal, 2011.

CÉLIA, A. DNA forense e a coleta de vestígios em locais de crime. **Revista Especialize On-line IPOG**, v. 1, n. 14, 2017.

DA SILVA LEITE, V. et al. Uso das técnicas de biologia molecular na genética forense. **Derecho y Cambio Social**, v. 10, n. 34, p. 21, 2013.

DE FRAGA GAERTNER, C. J.; BINSFELD, P. **Técnicas de Biologia Molecular aplicadas na Investigação Forense**. 2011. Monografia (Especialização em Biociências Forenses) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2011.

DE JESUS TAVARES, F. A. **Comparação de metodologias no estudo de SNPs mitocondriais com interesse forense com base numa amostra da população de timor-leste**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Forenses) - Universidade do Porto, Portugal, 2012.

DE SOUSA VIEIRA, G.; TAVARES, C. A. P.; BOUCHARDET, F. C. H. Análise de DNA em odontologia forense. **Arquivo brasileiro de Odontologia**, v. 6, n. 2, p. 57-63, 2010.

DIAS FILHO, C. R.; FRANCEZ, P. A. C. **Introdução à Biologia Forense**. 1. ed. São Paulo: Millennium Editora, 2016.

FACHONE, P.; VELHO, L. Ciência forense: Interseção justiça, ciência e tecnologia. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 3, n. 4, 2007.

FORSBERG, C. et al. High-throughput DNA extraction of forensic adhesive tapes. **Forensic Science International: Genetics**, v. 24, p. 158-163, 2016.

FRUEHWIRTH, M.; DELAI, R. M.; DE ARAUJO FOLHA, R. Técnicas de Biologia Molecular aplicadas a Perícia e Ciência Forense. **Derecho y Cambio Social**, 2015.

JÄGER, A. C. et al. Developmental validation of the MiSeq FGx forensic genomics system for targeted next generation sequencing in forensic DNA casework and database laboratories. **Forensic Science International: Genetics**, v. 28, p. 52-70, 2017.

KOCH, A.; ANDRADE, F. M. A utilização de técnicas de biologia molecular na genética forense: uma revisão. **Revista brasileira de análises clínicas**, v. 40, n. 1, 2008.

LOPES, E. C. V.; COSTA, V. D.; BARCELOS, R. S. S. Banco de Dados de DNA na Área Forense – uma Realidade Brasileira. **Brazilian Journal of Forensic Sciences**, v. 2, n. 4, 2013.

MACHADO, A. P.; EHRHARDT, A. Análise Comparativa Entre Marcadores Microsatélites STR e Polimorfismo de Nucleotídeo Único SNP Usados na Área Forense: Revisão De Literatura. **Saúde e Desenvolvimento Humano**, v. 6, n. 1, 2018.

MATOS, E. Cadeia de Custódia na Investigação Criminal nos Limites do Processo penal. **Revista Científica do ISCTAC**, v. 3, n. 9, 2017.

MENDES SOUSA, J.; MARTINS QUEIROZ, P. R. Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 3, 2012.

MONTEIRO, I. V. P. **Vestígios hemáticos no local de crime sua importância médico-legal**. 2010. Dissertação (Mestrado em Medicina Legal)- Universidade do Porto, Portugal, 2010.

NASCIMENTO, E.; PINHEIRO, M. C.; SOUZA, G. N. P. Genotipagem de DNA em condições adversas de amostras low copy number - LCN: amostras de tecidos formolizados e emblocados em parafina. **Prova Material**, v. 1, n. 12, p. 6-9, 2009.

NÓBREGA, J. M.; DA SILVA, I. C. R. **Aplicação de técnicas de engenharia genética relacionadas à biociência forense**. 2010. Monografia (Especialização em Biociências Forenses) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2010.

VELHO, J. A.; GEISER, G. C.; ESPINDULA, A. **Ciências forenses: uma introdução às principais áreas da criminalística moderna**. 2. ed. São Paulo: Millennium Editora, 2012.

GIOVANELLI, A.; GARRIDO, R. G. A perícia criminal no Brasil como instância legitimadora de práticas policiais inquisitoriais. **Revista LEVS**, v. 7, n. 7, 2011.

SAWAYA, M. C. T.; ROLIM, M. R. S. **Manual prático de medicina legal no laboratório**. Juruá, 2009.

STUMVOLL, V. P. **Criminalística**. 6. ed. São Paulo: Millennium Editora, 2014.

SEO, H. J. et al. Forensic DNA Phenotyping: A Review in Korean Perspective. **Korean Journal of Legal Medicine**, v. 41, n. 2, p. 23-31, 2017.

VAZ, J. A. **Metodologias de detecção de vestígios biológicos forenses**. 2008. Dissertação (Mestrado em Biologia Molecular e Celular) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2008.

VIRKLER, K.; LEDNEV, I. K. Analysis of body fluids for forensic purposes: from laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. **Forensic Science International**, v. 188, n. 1-3, 2009.