

TÉCNICAS DE BIOLOGIA MOLECULAR UTILIZADAS PARA DESVENDAR CRIMES

*Thaise Souza de Oliveira*¹
*Aroldo Vieira de Moraes Filho*²

RESUMO: A identificação humana por meio da análise do DNA vem sendo utilizada desde a década de 80. A biologia molecular e a genética tem como objetivo o estudo da estrutura, função, e transmissão das características hereditárias. Ambas auxiliam a justiça na investigação criminal por meio da análise de vestígios biológicos contendo o material genético. Além de permitir um estudo em diversas amostras de líquidos e tecidos, e ser resistente a fatores ambientais, o DNA é único em cada indivíduo, o que garante um resultado com mais exatidão. Dentre as várias técnicas de Biologia Molecular que são utilizadas na perícia criminal, a Reação em Cadeia da Polimerase é utilizada na identificação do DNA, por ter baixo custo, fácil aplicabilidade e alta especificidade. Além desta, a outras técnicas como Polimorfismo no Comprimento de Fragmentos de Restrição (RFLP), Eletroforese, e Southern Blotting serão abordadas neste artigo de revisão.

Palavras-chave: PCR. Genética forense. Polimorfismo. Investigação criminal.

ABSTRACT: Human identification through DNA analysis has been used since the 1980s. Molecular biology and genetics aim to study the structure, function, and transmission of hereditary characteristics. Both assist justice in criminal investigation by analyzing biological traces containing the genetic material. In addition to allowing a study of several samples of liquids and tissues, and being resistant to environmental factors and detergents, DNA is unique in each individual, ensuring a result with accuracy. The Polymerase Chain Reaction is a technique of molecular biology widely used in the identification of DNA, having low cost, easy applicability and high specificity. In addition to this, other techniques such as Restriction Fragment Polymorphism (RFLP), Electrophoresis, and Southern Blotting will be reported in this review article.

Keywords: PCR. Forensic genetics. Polymorphism. Criminal investigation.

1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos 80, estudos e pesquisas demonstraram a análise do DNA (Ácido Desoxirribonucléico) e RNA (Ácido Ribonucléico) de forma mais detalhada, permitindo por meio das técnicas estudos sobre a interação do DNA, RNA e a síntese de proteínas.

A biologia molecular juntamente com a genética auxilia a justiça na investigação criminal por meio de vestígios biológicos, geralmente encontrados na cena do crime, contendo o material genético. Técnicas como o Polimorfismo no Comprimento de Fragmento de Restrição (RFLP),

¹ Estudante do curso de Biomedicina na Faculdade Alfredo Nasser, Aparecida de Goiânia, 2019.

² Professor Doutor do Instituto de Ciências da Saúde da Faculdade Alfredo Nasser.

Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), Eletroforese, e Southern Blotting são utilizadas para uma ampla verificação em amostras de DNA na identificação de suspeitos.

A PCR é uma das técnicas mais utilizadas, pois além de ter baixo custo, permite que sejam realizadas várias cópias de uma determinada região do DNA, de forma *in vitro*, e pode ser usada como um marcador genético para relacionar o DNA encontrado, com o DNA de suspeitos. É utilizada também em outras áreas como no diagnóstico de infectologia clínica através da análise dos ácidos nucleicos e dos patógenos.

Este trabalho tem como objetivo relatar sobre a biologia molecular e a genética forense, abordando sobre os marcadores moleculares e as principais técnicas para desvendar crimes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando-se como descritores: DNA forense, técnicas de biologia molecular na perícia criminal, PCR, nos indexadores SCIELO (Scientific Electronic Library Online) e LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), em língua portuguesa e inglesa. Como critérios de seleção foram considerados os artigos com dados bibliográficos que abordam técnicas usadas para desvendar crimes e outras informações específicas correlacionadas ao assunto. Em seguida foi feita uma leitura analítica para ordenar as informações e identificar o objeto de estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biologia Molecular

A biologia molecular estuda a estrutura e função do material genético e das proteínas e investiga suas interações, ou seja, do DNA, RNA e as proteínas. Ocorreram grandes avanços na área da biologia molecular que possibilitaram a incorporação de novas técnicas e análises do DNA, que são utilizadas para a identificação humana e na investigação criminal (FRUEHWIRTH et al., 2015). Com a análise do DNA é possível identificar um indivíduo por meio de amostras de fios de cabelos, sangue, saliva, suor, e outros tipos de vestígios biológicos, com o intuito de indicar suspeitos em uma cena de crime ou até mesmo inocentá-los.

O DNA humano é formado por uma fita dupla hélice e está presente no núcleo das células eucarióticas e no interior das mitocôndrias, carrega todas as informações genéticas de um organismo, sendo único para cada indivíduo, exceto gêmeos univitelíneos (DECANINE, 2016).

Os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são responsáveis por armazenar as informações genéticas, o DNA contém nucleotídeos que expressam informações genéticas e o RNA é responsável pela síntese de proteína (FRUEHWIRTH et al., 2015). Existe o DNA nuclear humano que contém os 46 pares de cromossomos, sendo 23 da mãe e 23 do pai; e o DNA mitocondrial, herdado somente da mãe, que apresenta maior resistência, e está sendo utilizado em estudos de tecidos antigos já que é de grande estabilidade.

3.1.1 Dogma Central da Biologia Molecular

O dogma central da biologia molecular explica como ocorre a troca de informações do material genético. A informação é gerada por meio da replicação do DNA, traduzida através da transcrição, e da tradução.

A replicação é a duplicação do DNA, e envolve um conjunto de enzimas e proteínas. Para que isso ocorra, é necessário que a enzima helicase realize a abertura das fitas. Ao desenrolar as fitas em um ponto, é comum que ocorra o super enrolamento das fitas em outras partes, onde a topoisomerase atua fazendo cortes em uma das fitas de DNA e religando-as em seguida, para que não ocorra esse super enrolamento. A enzima DNA polimerase realiza a produção da nova fita, sendo necessário que a enzima RNA primase sintetize um *primer*.

O DNA polimerase atua na síntese da nova fita no sentido 5' 3' e a atividade editorial permite que, o serem adicionados os nucleotídeos, sejam retirados para ser conferido o pareamento de suas bases, no qual adenina se liga a timina, e a citosina se liga a guanina.

As fitas de DNA são antiparalelas, e uma fita será sintetizada de forma contínua (sentido 5' 3') a outra de forma descontínua (sentido 3' 5') formada por fragmentos de Okazaki. Após a produção da fita, a DNA polimerase retira o *primer* de RNA e os substitui por nucleotídeos de DNA. A enzima Ligase, atua ligando os nucleotídeos de uma fita, com os fragmentos de Okazaki da outra fita, que se enrolam naturalmente formando a dupla hélice (SILVA, 2001).

É possível ocorrer modificações no DNA, denominadas de mutações; são causados devidos a erros na replicação do DNA ou alterações de deleção, duplicação, ação enzimática ou processos

físicos e químicos direcionados ao DNA. O organismo tenta corrigir esses erros por meio do sistema de reparo. Nem todas as alterações conseguem ser corrigido o que gera problemas de sobrevivência do organismo (NODARI et al., 2016).

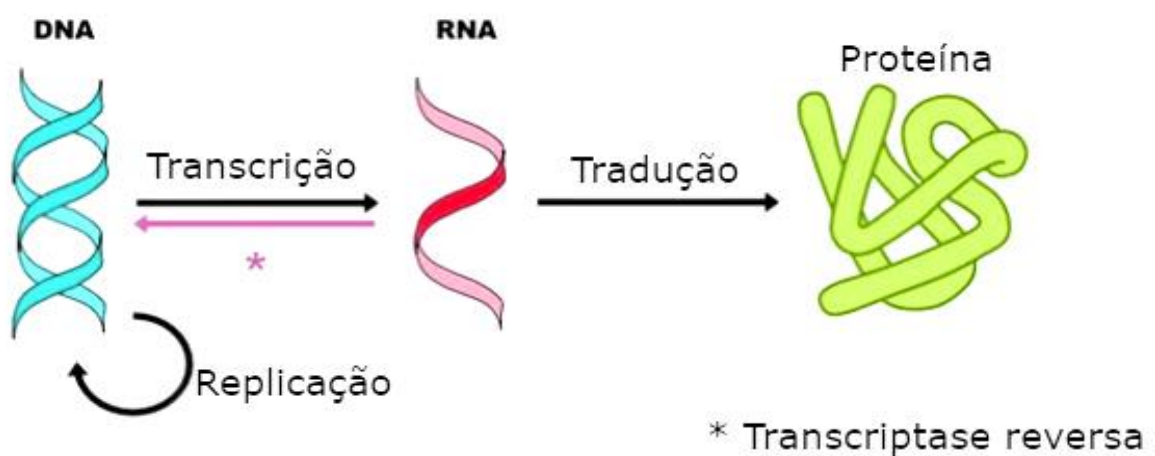
A transcrição é a formação da nova fita de RNA complementando a fita de DNA, onde será formado o RNAm (RNA mensageiro) que codifica a proteína; o RNAt (RNA transportador) que realiza o transporte dos aminoácidos até os ribossomos, possibilitando a decodificação contida no RNAm; e o RNAr (RNA ribossomal) que faz parte da estrutura ribossomal.

A RNA polimerase é a enzima responsável pela síntese de RNA, se ligando ao promotor (local específico para que ocorra a síntese), e complementando a fita molde até chegar ao terminador, e em seguida o RNA passa por várias transformações. Todo esse processo ocorre no núcleo.

A tradução tem como objetivo converter os nucleotídeos em aminoácidos originando uma proteína. Esse processo ocorre nos ribossomos, região citoplasmática. No fim da tradução as proteínas são modificadas para exercer suas funções corretamente (SILVA, 2001).

Uma sequência de bases nitrogenadas é responsável pela formação de um gene, que irá determinar qual tipo de proteína será formada de acordo com a sequência de aminoácidos. As trincas de bases nitrogenadas codificam os aminoácidos, podendo várias trincas codificar um mesmo aminoácido, a partir disso, afirma-se que o código genético é degenerado (ANSELMO, 2014).

Figura 1- Dogma Central da Biologia Molecular



Fonte: Magalhães, 2018

3.2 Genética Forense

A genética é uma área da biologia que tem como objetivo o estudo da transmissão de características hereditárias e suas propriedades (BONACCORSO, 2005). A tecnologia tem proporcionado o estudo avançado em diversas áreas, e por possibilitar o estudo das características hereditárias, a genética se tornou uma área fundamental para as ciências forenses, pois ajuda na elucidação de crimes, por meio do estudo em amostras biológicas, e com o passar dos tempos, foram desenvolvidas e utilizadas várias formas de identificação humana, durante a vida ou após a morte (PACHECO, 2010). Portanto, a genética forense atua com o objetivo de identificar a origem de determinada amostra biológica através da análise dos polimorfismos de DNA.

Antes de ser feita esta análise, os vestígios biológicos passam por processos para constatar que a amostra obtida seja realmente de origem humana. As amostras mais comuns de serem analisadas e recebidas em laboratório são o sêmen e o sangue. O sangue ao ser recebido passa por processos químicos para saber se realmente é sangue. Com o resultado positivo para sangue, são realizados testes para constatar através das reações imunológicas as procedências humanas deste sangue. É também comum os laboratórios receberem amostras de unhas humanas, ossos, dentes, e vísceras cadavéricas, todos passam por procedimentos de limpeza, secagem, recortes e amostragens antes de serem submetidos à análise do DNA (PACHECO, 2010).

A análise dos vestígios biológicos é realizada por meio das regiões repetidas consecutivamente do DNA, denominadas de polimorfismo. Os polimorfismos podem ser classificados em diversos grupos, de acordo com o tamanho da região de repetição. Os mais comuns são os microssatélites ou VNTRs (Variable Number Tandem Repeat) e os minissatélites ou STRs (Short Tandem Repeat). Na genética forense, a técnica mais utilizada é a de STR. Os STR's são repetições de nucleotídeos encontradas dentro ou entre os genes, sendo de extrema importância para a identificação humana devido ao seu alto grau de variabilidade (PACHECO, 2010). Já os nucleotídeos são subunidades do DNA que codificam informações que formam as proteínas e a fita molde para a síntese de DNA, ocorrendo a transmissão das características hereditárias (BONARCCOSO, 2005).

3.3 Marcadores moleculares forenses

Após a extração do DNA, é feita a análise dos marcadores moleculares. Existem inúmeros métodos para a extração química do DNA, que serão escolhidos de acordo com o material biológico a ser estudado.

Os marcadores moleculares são agrupados em: polimorfismo de comprimento, e polimorfismo de sequência. Os polimorfismos de comprimento são regiões repetidas de DNA, e incluem os microssatélites (STRs), e os minissatélites (VNTRs). Ambos são marcadores fundamentais devido a sua diversidade e variação de repetição em cada indivíduo (DOLINSKY e PEREIRA, 2006).

Os polimorfismos de sequência são compostos por diferentes nucleotídeos, e suas variações são de regiões de alelos alternativos, ou seja, substituições, adições ou deleções de nucleotídeos (MUNIZ e SILVA, 2010). O que diferencia os STRs dos VNTRs são os números de bases. Os STRs tem de um a quatro bases, enquanto os VNTRs tem de dez a cem bases de nucleotídeos.

Há também os polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) que tem maior estabilidade e são distribuídos por todo o genoma. Possuem variações em uma única base de cadeia polinucleotídica a cada sequência do DNA (MUNIZ e SILVA, 2010). E os polimorfismos de inserção e deleção (InDel), que semelhante aos SNPs, tem como vantagem o tamanho podendo ser encontrados em amostras de DNA muito degradadas (NÓBREGA e SILVA, 2011).

O perfil genético se refere ao perfil de STRs, e a análise desses perfis em amostras biológicas permite a investigação do grau de parentesco biológico, a identificação de desconhecidos e até mesmo a identificação das espécies de animais em restos cadavéricos (AMORIM, 2015). Os STRs são comparados por meio de uma amostra referência e uma amostra questionada, na qual a amostra referência diz respeito aos suspeitos relacionados com o local do crime ou até mesmo vítimas (LIMA, 2018).

Em amostras de DNA muito degradadas não é possível obter um perfil genético através dos microssatélites, sendo utilizados então os SNPs. Em último caso, quando não se é possível obter um perfil genético com os marcadores citados, é realizada a análise do DNA mitocondrial. Por ter forma circular, o DNA mitocondrial não se degrada com facilidade em relação ao DNA nuclear. Possui cerca de quinhentos a duas mil cópias, assim aumenta a possibilidade de existir cópias em uma amostra muito degradada. E por ser de origem materna, o DNA mitocondrial também permite

a identificação de pessoas de mesma origem materna que por algum motivo foram separadas (HOFSTATTER, 2013).

3.4 Principais técnicas de biologia molecular utilizadas para desvendar crimes

A eletroforese é uma técnica que consiste na visualização e separação das moléculas de DNA de acordo com seu tamanho, forma e compactação. Através da ação de uma corrente elétrica, e géis de agarose ou acrilamida, o DNA migra para o pólo positivo, pois sua carga é negativa. Por ter tamanhos diferentes, quanto maior for o fragmento de DNA, mais lenta será a migração da molécula. A comparação é feita através da distância percorrida no gel pelos fragmentos conhecidos. Os fragmentos de DNA de mesmo tamanho podem ser visualizados na presença do brometo de etídio, que é um composto intercalante responsável pela fluorescência do DNA quando exposto a luz ultravioleta (KOCH e ANDRADE, 2008).

Outra técnica utilizada na perícia criminal é Southern Blotting que consiste na hibridização dos ácidos nucléicos com o objetivo de localizar a posição de um determinado gene na fita de DNA, ou seja, sequências de DNA iguais ou semelhantes no genoma. Enzimas de restrição realizam a fragmentação do DNA, que serão separados em eletroforese por gel de agarose. Os fragmentos são desnaturados e transferidos para uma membrana de nylon ou nitrocelulose, na qual será realizada uma imobilização com radiação ultra violeta (UV) para a membrana de nylon, e uma imobilização de calor para as membranas de nitrocelulose. São utilizadas sondas de DNA e RNA marcadas com radioatividade no qual os fragmentos hibridizados são marcados com por autoradiografia revelando qual fragmento contem o gene clonado (LIMA, 2008).

É utilizada também a técnica do Polimorfismo no Comprimento do Fragmento de Restrição (RFLP) para amplificação de uma determinada região do DNA através da PCR, e utiliza enzimas de restrição denominadas endonucleases, que tem como função reconhecer e recortar sítios específicos do DNA formando os fragmentos que serão separados por tamanhos na corrida eletroforética (PAVAN e MONTEIRO, 2014).

A vantagem da identificação através do DNA, em relação a sorologia é que o DNA permite o estudo em diversas amostras como tecidos e líquidos corporais enquanto a sorologia permite testes realizados somente no sangue. Diferente dos lipídeos e carboidratos, o DNA é resistentes a fatores ambientais, ácidos, e detergentes (DOLINSKY e PEREIRA, 2006).

Por isso, o estudo do DNA com finalidades forenses já é aceito em processos judiciais por todo o mundo, juntamente com o uso das técnicas de biologia molecular nos crimes sexuais, na identificação dos cadáveres carbonizados, mutilados, ou em decomposição (DOLINSKY E PEREIRA, 2006).

Nos Estados Unidos da America, o FBI (*Federal Bureau of Investigation*) estabeleceu que os o CODIS (*Combined DNA Index System*), banco de dados que contém o perfil genético de cada indivíduo com antecedentes criminais, chegando ao criminoso de forma mais rápida e com exatidão (BUTLER, 2006). No Brasil, a lei 12.654, de 2012, prevê a coleta de perfis genéticos como prova de identificação criminal, sendo obrigatória a coleta em casos de crimes hediondos ou violentos. De acordo com um levantamento realizado no início de 2018 pelo RIBPG (Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos), 137 mil condenados que deveria ter o perfil genético cadastrado, não tem. O Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG) brasileiro tem em torno de 14.922 perfis genéticos cadastrados, número que deveria aumentar, pois quanto maior for o banco de dados, maior será o número de resultados obtidos. Ainda de acordo com o RIBPG, cerca de 559 investigações foram auxiliadas com o banco de perfis genéticos (COSTA, 2019)

3.5 PCR e sua aplicação na ciência forense

A técnica de PCR foi descrita e desenvolvida por Seiki, porém, Kary Mullis em 1980 obteve resultados específicos na cópia de determinados segmentos introduzindo o conceito de *primer* de PCR e a utilização do DNA termostável (VIEIRA, 2005?).

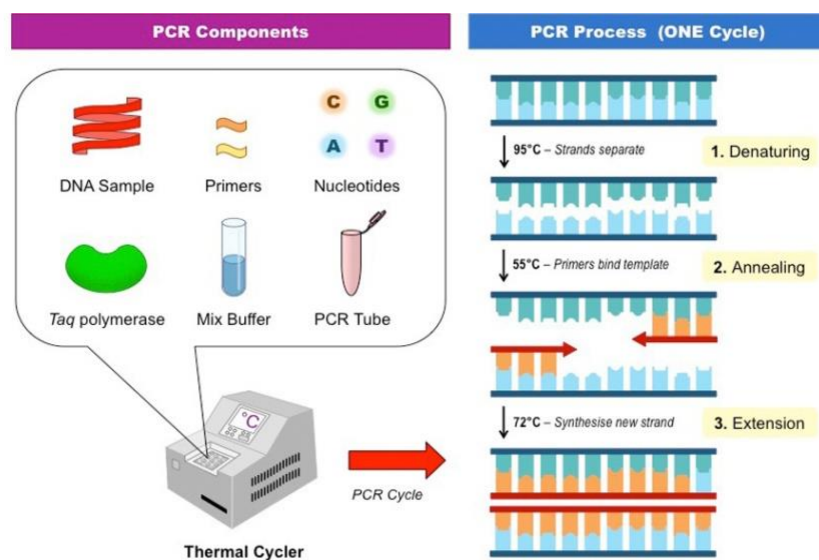
A PCR é um procedimento realizado *in vitro* de alta especificidade e aplicabilidade, gerando DNA suficiente para a realização de análises posteriores. Para cada ciclo de PCR é necessário etapas de desnaturação, pareamento, e síntese do fragmento de DNA (NÓBREGA e SILVA, 2011). A desnaturação da fita rompe as pontes de hidrogênio permitindo a abertura da fita; ocorre através do calor, e logo em seguida ocorre a anelação do *primer* com uma das fitas de DNA. A enzima DNAPolimerase é responsável por realizar a extensão do *primer* deixando-os estendidos. A repetição dessas etapas permite a amplificação de uma amostra de DNA (POTY, 2011).

Para estudos forenses esta é técnica principal e mais utilizada por não ter alto custo e ser de fácil aplicação. A única desvantagem é o aparecimento de manchas ou rastros, que pode ter como causa amostras de DNA de má qualidade, ou seja, amostras contaminadas ou fragmentadas (AGUIAR, 2016). Para a realização da técnica é necessário os seguintes reagentes e aparelho:

- Amostra: qualquer amostra biológica de origem humana;
- Os *primers*: são fitas de DNA que tem em torno de 18 a 22 nucleotídeos. Responsáveis pela identificação correta dos genes a serem amplificados;
- Desoxirribonucléicos Fosfatos (dNTP's): responsável pela produção de cópias da amostra amplificada;
- Taq-polimerase: extraída da bactéria *Thermus aquaticus* encontrada em fontes termais, sendo responsável por sintetizar novas cadeias de DNA;
- Cloreto de Magnésio e o tampão da PCR auxiliam a enzima polimerase;
- Termociclador: para a realização da desnaturação do DNA é necessária a alteração das temperaturas sendo o termociclador o responsável por essa alteração, anelamento dos *primers* e a extensão das novas cadeias de DNA (SILVA et al., 2015).

A desnaturação ocorre na temperatura em torno de 94-97°C; a hibridização dos *primers* ocorre em torno de 50-65°C; e a síntese de DNA ocorre em torno de 72°C. A cada ciclo de 25 a 45 minutos são realizadas a amplificação gerando o triplo de fragmentos de DNA (HAAS e TORRES, 2016).

Figura 2 - Processo PCR Convencional



Fonte: Nunes, 2017

3.5.1 Tipos de PCR

Transcriptase Reversa (RT-PCR): técnica mediada pela ação da cadeia da polimerase, útil quando a quantidade de amostra é pouca. Ocorre a transcrição de modo contrário, ou seja, o RNA é

transcrito em DNA complementar (cDNA) utilizando a enzima transcriptase reversa e os pares de *primers* específicos. A enzima é responsável pela degradação do RNA em DNA, e em seguida é realizada a amplificação do cDNA através da PCR (POTY, 2011).

PCR em Tempo Real (qPCR): é um método semi quantitativo sendo possível obter resultados em um curto período de tempo, mostrando o resultado em tempo real durante a amplificação da amostra (HAAS e TORRES, 2016). Utiliza-se sondas marcadas com compostos fluorescentes, ou corantes. A sonda TaqMan é degradada no decorrer da amplificação liberando fluorocromos que absorve a energia e emite a fluorescência. Não é necessária a visualização em eletroforese (CAVALCANTI et. al., 2008). O termociclador além de realizar a alteração dos ciclos de temperatura, também realiza a leitura através da fluorescência, informando dados sobre a quantidade de DNA ligados a sonda na reação (VIEIRA, 2005?).

Multiplex PCR: é feita a amplificação ao mesmo tempo, de mais de uma região diferente do DNA, utilizando pares de *primers* diferentes na mesma reação. É um teste de alta especificidade e tem como vantagem a economia dos reagentes e a rapidez na obtenção dos resultados (HAAS e TORRES, 2011).

Nested PCR: é utilizada para aumentar a especificidade e a sensibilidade realizada a partir da reação de PCR em duas etapas seguidas ou em reações separadas (VIEIRA, 2005?). São realizadas duas etapas utilizando *primers* diferentes, sendo um na primeira amplificação, e o outro na reamplificação, sendo necessária a visualização por meio da eletroforese em gel de poliacrilamida (CAVALCANTI et. al., 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A genética tem como objetivo o estudo das características hereditárias, e junto com a biologia molecular proporcionou estudos em diversas áreas e trouxe novas técnicas para análise do DNA, sendo muito útil para a ciência forense na elucidação de casos. A análise do DNA é feita através dos polimorfismos de DNA encontrados na amostra biológica de origem humana, resultando no perfil genético, que permite a investigação da amostra questionada, com a amostra referencia. A vantagem da identificação por meio do DNA, é que a amostra pode ser retirada de diversas fontes de tecidos e líquidos, além de resistir a fatores ambientais, líquidos e detergentes.

Dentre as variadas técnicas utilizadas e as mencionadas no trabalho, tem destaque principal a Reação em Cadeia da Polimerase; técnica de alta especificidade e fácil aplicabilidade. Permite que

várias cópias de um pequeno fragmento do DNA sejam feitas *in vitro*, resultando em análises posteriores. A única desvantagem da técnica é o aparecimento de rastros e manchas, quando a amostra biológica é de má qualidade, contaminada ou fragmentada.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Marina Abrantes. **Técnicas de Biologia Molecular na Genética Forense**. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2772.pdf>>. Acesso em: 29 de outubro de 2018.

AMORIM, Antônio. **Genética Forense**. Disponível em: <http://www.acad-ciencias.pt/document-uploads/5900090_amorim,-antonio---genetica-forense.pdf>. Acesso em 02 de setembro de 2018.

ANSELMO, Michele de Siqueira. **Modelo Didático Sobre o Dogma Central da Biologia Molecular**. 26f. Monografia (Conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, Modalidade de Ensino a Distância) - Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2014.

BONACCORSO, Norma Sueli. **Aplicação do Exame de DNA na Elucidação de Crimes**. 156f. Dissertação (Mestrado em Medicina Forense) – Curso de direito, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

BUTLER, John M. **Genetics And Genomics Of Core Short Tandem Repeat Loci Used In Human Identity Testing**. Disponível em: <https://strbase.nist.gov/pub_pres/Butler2006JFS_coreSTRreview.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

CAVALCANTI, Milena de Paiva; LORENA, Virginia Maria Barros; GOMES, Yara de Miranda. **Avanços Biotecnológicos para o Diagnóstico das Doenças Infeciosas e Parasitárias**. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iQN8NiF1QWMJ:https://revistas.ufg.br/iptsp/article/download/4026/3601/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

COSTA, R. Uso de DNA ainda é raro no Brasil. Folha de Londrina. Paraná. 26 de jan. 2019. Disponível em: <<https://www.folhadelondrina.com.br/reportagem/uso-de-dna-ainda-e-raro-no-brasil-1025274.html>>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

DECANINE, Daniela. **O Papel de Marcadores Moleculares na Genética Forense**. Disponível em: <<http://rbc.org.br/ojs/index.php/rbc/article/view/123>>. Acesso em: 27 de abril de 2018.

DOLINSKY, Luciana Cresta; PEREIRA, Lissiane Miranda Campelo Veras. **DNA Forense Artigo de Revisão**. Disponível em: <http://www.biologia.bio.br/curso/2%C2%BA%20per%C3%ADodo%20Faciplac/Gen%C3%A9tica/DNA%20forense_artigo%20de%20revis%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2018.

FRUEHWIRTH, Marcelo; DELAI, Robson Michel; FOLHA, Rafaela de Araujo. **Técnicas de Biologia Molecular Aplicada a Perícia e Ciência Forense**. Disponível em: <https://www.derechoycambiosocial.com/revista042/TECNICAS_DE_BIOLOGIA_MOLECULAR.R.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

GAERTNER, Carla Joara de Fraga; BINSFELD, Pedro. **Técnicas de Biologia Molecular Aplicadas na Investigação Forense**. Disponível em: <<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/CARLA%20JOARA%20DE%20FRAGA%20GAERTNER.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2018.

HAAS, Dionei Joaquim; TORRES, Ana Caroline. **Aplicações das Técnicas de PCR no Diagnóstico de Doenças Infeciosas dos Animais**. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/5D3Iu05EHeEnqPl_2017-1-12-8-29-47.pdf>. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

HOFSTATTER, Paula Peixoto. **Identificação Humana por DNA Mitocondrial**. Disponível em: <<http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/3879/1/Outro%20documento%20%2814%29.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

KOCH, A.; ANDRADE, Fabiana Michelsen de. A utilização de técnicas de biologia molecular na genética forense: uma revisão; RBAC, v. 40 (1), p.17-23, 2008

LIMA, Liziane Maria. **Conceitos Básicos em Biologia Molecular**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009-09/22214/1/DOC191.pdf>>. Acesso em: 28 de outubro de 2018.

LIMA, Mariana Lugon. **Desenvolvimento do Software “Ldnacr” para gerenciamento eficiente de amostras, casos criminais e análise de perfis genéticos em laboratório de genética forense**. 142f. Dissertação (Mestre em Biotecnologia) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. 2018.

MAGALHÃES, Lana; **Biologia Molecular**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/biologia-molecular/>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

MUNIZ, Simone dos Santos; SILVA, Paulo Queiroz. **A Utilização de Marcadores Moleculares de DNA Aplicados nas Investigações Forenses**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/156839929/A-utilizacao-de-marcadores-moleculares-de-DNA-aplicados-nas-investigacoes-forenses>>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

NÓBREGA, Janine Machado; SILVA, Izabel Cristina Rodrigues. **Aplicação das Técnicas de Engenharia Genética Relacionadas à Biociência Forense**. Disponível em: <<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/JANINE%20MACHADO%20N%C3%93BREGA%20E%20IZABEL%20CRISTINA%20RODRIGUES%20DA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

NODARI, Rubens Onofri; GUERRA, Miguel Pedro; DANTAS, Cibele de Mesuita; STEFENON, Valdir Marcos; TENFEN, Sarah Zanon Agapito; KLABUNDE, Gustavo Henrique Ferrero. **FIT 5806 – Biotecnologias**. Disponível em: <<http://lfdgv.paginas.ufsc.br/files/2014/08/Apostila-Biotecnologia-Gene%CC%81tica-molecular-2016.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

NUNES, Teresa. **Como funciona o teste de paternidade?** Disponível em: <<https://pontobiologia.com.br/como-funciona-o-teste-de-paternidade/>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

PACHECO, Ana Claudia. **Emprego de miniSTRs “non-CODIS” em Amostras Biológicas de DNA Forense**. 134f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

PAVAN, MG; MONTEIRO, FA. Técnicas moleculares aplicadas à sistemática e ao controle vetorial. In: GALVÃO, C. Vetores da doença de chagas no Brasil. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 241-260. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=S-mgCwAAQBAJ&pg=PA244&lpg=PA244&dq=In:+GALV%C3%83O,+C.T%C3%A9cnicas+moleculares+aplicadas+%C3%A0+sistem%C3%A1tica+e+ao+controle+vetorial&source=bl&ots=XRpHV9-jOh&sig=ACfU3U1CZiM9xqDwxv4YcwDC9ouZfdH1Gg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjkmvmtj_vhAhV0JrkGHWixABQQ6AEwBHoECAkQAQ#v=onepage&q=In%3A%20GALV%C3%83O%2C%20C.T%C3%A9cnicas%20moleculares%20aplicadas%20%C3%A0%20sistem%C3%A1tica%20e%20ao%20controle%20vetorial&f=false>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

POTY, Igor de Oliveira. **Revisão da Estrutura e Função do DNA para Compreensão das Técnicas de PCR e PCR em Tempo Real e sua Aplicabilidade na Pesquisa de Microrganismo**

em Alimentos de Origem Animal. 2011. 46f. Monografia (Conclusão do Curso de Medicina Veterinária) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, Andressa Fernanda; PIOVESAN, Ana Carolina; ROSSALU, Larissa Mayara. **Reação em Cadeia da Polimerase – PCR.** Disponível em: <<http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoatual/Sumario/2016/downloads/31.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto de 2018.

SILVA, Flavio Henrique. **Introdução à Biologia Molecular.** Disponível em: <http://genfis40.esalq.usp.br/downloads/biologia_molecular.pdf>. Acesso em: 28 de agosto de 2018.

SILVA, Ludmila Lopes Ruela; BINSFELD, Pedro. **Evolução Histórica da Genética Forense no Judiciário Brasileiro.** Disponível em: <<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/7mostra/Artigos/SAUDE%20E%20BIOLOGICAS/EVOLU%C3%87%C3%83O%20HIST%C3%93RICA%20DA%20GEN%C3%89TICA%20FORENSE%20NO%20JUDICI%C3%81RIO%20BRASILEIRO.pdf>>. acesso em: 02 de setembro de 2018.

VIEIRA, Daniel Perez. **Análise dos Produtos:** Qualitativa e Semi-Quantitativa. Disponível em: <<http://www.imt.usp.br/wp-content/uploads/proto/protocolos/aula3.pdf>>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

VIEIRA, Daniel Perez. **Técnicas de PCR:** Aplicações e Padronização de Reações. Disponível em: <<http://www.imt.usp.br/wp-content/uploads/proto/protocolos/aula1.pdf>>. Acesso em: 18 de novembro de 2018.