

Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE
JOAQUIM VENÂNCIO

Joana de Menezes de Freitas

A UTILIZAÇÃO DO DNA NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES SEXUAIS: O IMPACTO NO BRASIL

Rio de Janeiro

2023

Joana de Menezes de Freitas

**A UTILIZAÇÃO DO DNA NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES SEXUAIS: O IMPACTO
NO BRASIL**

Monografia apresentada à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Orientador(a): Tainah S. Galdino de Paula, DSc.

Co-Orientador(a): Alessandra S. Dias, DSc.

Rio de Janeiro

2023

Joana de Menezes de Freitas

**A UTILIZAÇÃO DO DNA NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES SEXUAIS: O IMPACTO
NO BRASIL**

Monografia apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Aprovado em 24/11/2023

BANCA EXAMINADORA

Daniel Santos Souza

Tiago Savignon Cardoso Machado

Rio de Janeiro

2023

*Dedico esse trabalho a
minha irmã e meu cunhado, que acreditaram em
mim quando eu não acreditava.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por me darem todo o suporte, apoio e carinho em todos os momentos.

Agradeço aos meus amigos, Matheus e Yan, por compartilhem dessa jornada politécnica comigo.

E agradeço a minha orientadora e a minha coorientadora, por me guiarem durante esse processo.

RESUMO

O Ácido Desoxirribonucleico (DNA) é uma molécula constituída por duas longas cadeias polinucleotídicas dispostas em dupla hélice. Em 1984 foram identificadas no DNA humano regiões polimórficas únicas para cada indivíduo sendo, portanto, verdadeiras impressões digitais podendo distinguir um indivíduo do outro. Desde então, esta molécula possibilitou o desenvolvimento de ferramentas moleculares capazes de auxiliar a justiça no âmbito criminal, tornando-se possível a criação de bancos de perfis genéticos. Portanto, esse trabalho teve como principal objetivo explicitar como o DNA passou a ter relevância na ciência forense e sua importância na resolução de crimes sexuais no Brasil, a partir de uma revisão bibliográfica de artigos científicos, livros e revistas científicas indexadas, assim como análise de dados e relatos disponibilizados por fontes da segurança pública e do governo brasileiro. Com isso, aponta-se que a partir de evoluções científicas com o passar dos anos, o ácido desoxirribonucleico devido a sua especificidade tem um papel fundamental na solução de crimes sexuais. Entretanto, políticas públicas também devem ser feitas, a fim de mitigar as problemáticas sociais que fomentam tal ato criminoso, para que esse seja combatido.

Palavras chaves: DNA. Crimes sexuais. Identificação individual. Análise Forense.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A fotografia 51	16
Figura 2 – Ilustração das pontes de hidrogênio e das ligações fosfodiésteres	17
Figura 3 – Representação esquemática do locus cromossômico	21
Figura 4 – Demonstração dos tipos de polimorfismos	22
Figura 5 – Repetição em <i>tandem</i> de número variável (VNTRs)	23
Figura 6 – A técnica de polimorfismo de tamanho de fragmento de restrição (RFLP) ...	24
Figura 7 – Ilustração das etapas da Reação em cadeia da Polimerase (PCR)	26
Figura 8 – Da eletroforese capilar a obtenção do eletroferograma	27
Figura 9 – O polimorfismo de nucleotídeo único (SNP)	28
Figura 10 – o DNA mitocondrial (mtDNA)	28
Figura 11 – A ocorrência de violência sexual com o passar dos anos	32
Figura 12– Compatibilidade entre vestígio x indivíduo na RIBPG	34
Figura 13 – Compatibilidade entre vestígios na RIBPG	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CODIS– *Combined DNA Index System*

mtDNA- DNA mitocondrial

PCR – Reação em cadeia da polimerase

RIBPG – Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos

RFLP – Polimorfismo de Tamanho de Fragmentos de Restrição

STRs – Sequências Curtas Repetidas em *Tandem*

VNTRs– Repetições em *Tandem* de Número Variável

SUMÁRIO

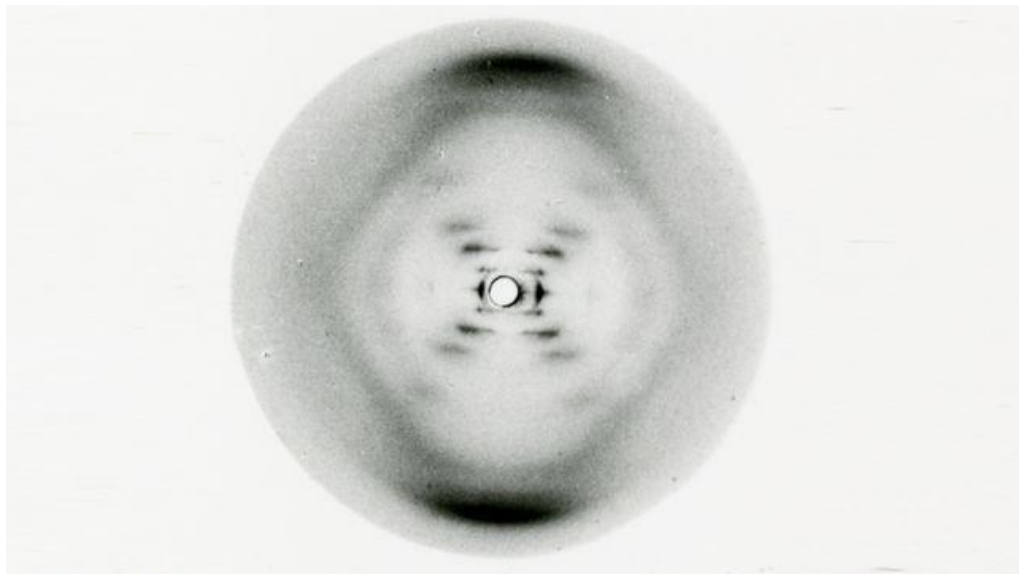
1. INTRODUÇÃO	16
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GERAL.....	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. METODOLOGIA	20
4.O ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO COMO FERRAMENTA	21
4.1ALEC JEFFREYS E AS REGIÕES MINISSATÉLITES	22
4.1.2. TÉCNICAS DE DETECÇÃO DO DNA : AS REGIÕES MICROSSATÉLITES E A MODERNIADE DO PCR	25
4.1.3.O HETEROSSOMO Y	27
4.1.4.O DNA MITOCONDRIAL (mtDNA)	28
5.O AUXÍLIO DO ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO EM CASOS CRIMINAIS	29
5.1.OS BANCOS DE PERFIS GENÉTICOS	30
5.2.A APLICAÇÃO DO DNA NAS INVESTIGAÇÕES CRIMINAIS BRASILEIRAS	31
6.A VIOLÊNCIA SEXUAL NO BRASIL	32
6.1.OS CRIMES SEXUAIS E A REDE INTEGRADA DE BANCOS DE PERFIS GENÉTICOS	33
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
8. REFERÊNCIAS	36

1- INTRODUÇÃO

1.1 – O Ácido Desoxirribonucleico

O ácido desoxirribonucleico (DNA) foi evidenciado pela primeira vez em 1869 pelo bioquímico suíço Friedrich Miescher. Porém, somente no ano de 1953 que foi lançado um artigo na revista *Nature* descrevendo a estrutura dessa molécula, rendendo em 1962 prêmio Nobel a James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins por tal feito. Essa descoberta só foi possível graças aos estudos de Rosalind Franklin que, utilizando técnicas difração do Raio-X, foi responsável por produzir a imagem que desvendou o formato em hélice do DNA, a chamada fotografia 51 (figura 1) (SOARES, 2015).

Figura 1- A Fotografia 51



Fonte: Hugo Soares, 2015. Legenda: Imagem da fotografia feita pela Dra. Rosalind Franklin evidenciando uma molécula tridimensional, e seu formato helicoidal

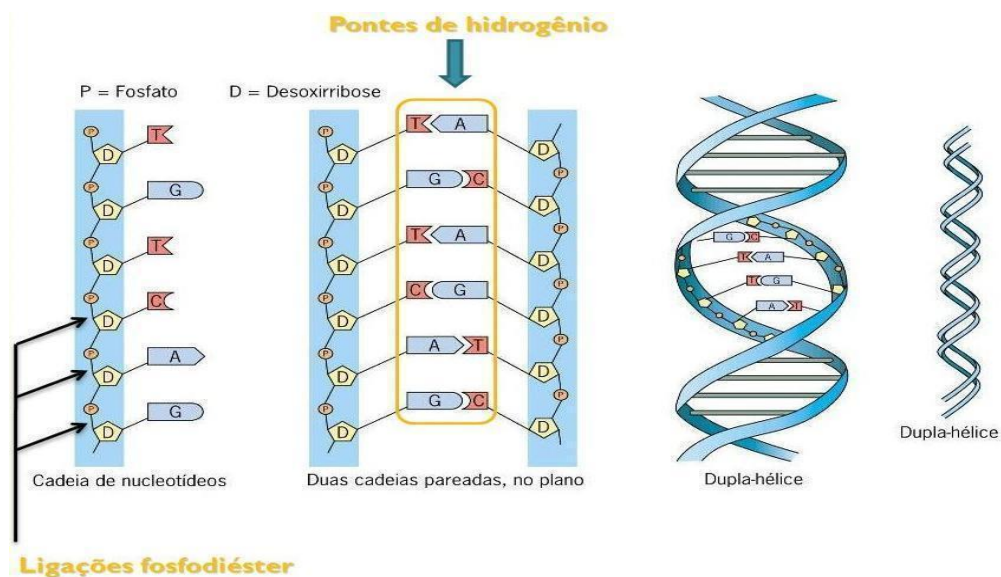
Entretanto, a pesquisa de Rosalind nunca foi citada como relevante e a cientista morreu no ano de 1958, sem ter em vida seu trabalho reconhecido. Só após 10 anos de sua morte e de terem ganhado o mais cobiçado prêmio da academia científica, Watson fala sobre Franklin em seu livro *The Double Helix*¹ (SOARES, 2015).

O DNA, também conhecido como a molécula da vida, está organizado nos cromossomos, e é formado por duas fitas que contém grupamento fosfato, açúcar

¹ *The Double Helix* – A dupla hélice, livro de James Watson.

desoxirribose as bases nitrogenadas: citosina, guanina, adenina e timina. O conjunto desses elementos é denominado nucleotídeo. As fitas são pareadas de acordo com a regra de Chargaff² - em diferentes espécies, a quantidade de adenosina é igual à de timina, assim como a quantidade de citosina é igual à de guanina- através de pontes de hidrogênio, responsáveis pela associação entre as bases nitrogenadas e as ligações fosfodiésteres que ocorrem entre a ribose e o grupamento fosfato, num formato helicoidal como evidenciado na figura 2 (PIERCE, 2013).

Figura 2- Ilustração das pontes de hidrogênio e das ligações fosfodiésteres



Fonte: Vítor Pessoa (modificada), 2013. Legenda: Nesta figura nota-se as ligações fosfodiésteres entre a ribose e o grupamento fosfato, as pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas e o formato helicoidal que a dupla fita assume.

Esse polímero, nos seres humanos, é herdado dos progenitores e é encontrado nos núcleos celulares e nas mitocôndrias³. O DNA apresenta porções chamadas de genes as quais guardam as informações genéticas, que serão utilizadas para codificar as proteínas necessárias para a formação e o funcionamento do organismo humano (FRUEHWIRTH; DELAI; FOLHA, 2015).

² Erwin Chargaff - bioquímico austríaco fundamental para os estudos do DNA

³ O DNA mitocondrial quase sempre é de origem exclusiva materna

1.2 – A Ciência Forense e o DNA

A ciência forense utiliza o conhecimento científico, com a finalidade de encontrar evidências de atividades passadas que possam ajudar a interpretar situações incomuns de interesse público, com isso possui atuação em diferentes áreas, desde investigações criminais a ações humanitárias para achar desaparecidos de períodos violentos passados, como guerras e ditaduras, por exemplo (RODRIGUES *et al*, 2022).

O DNA a partir das evoluções científicas com o passar dos anos, se tornou um importante aliado desta ciência, tendo em vista que além de apresentar porções de semelhança entre indivíduos de uma mesma família e região, o DNA possui uma porção individual para cada ser humano, o chamado polimorfismo, tornando-se assim possível identificar vítimas, desaparecidos, reconhecer suspeitos e libertar inocentes das prisões. Ademais, essa molécula pode ser detectada em diversas amostras, desde sangue à utensílios encontrados, o que facilita o trabalho forense. Portanto, desde 1984 tal molécula vem auxiliando a justiça no âmbito da investigação criminal (RODRIGUES; SILVA, 2020) (FRUEHWIRTH; DELAI; FOLHA, 2015). Com isso surgiram os bancos de perfis genéticos, que permitem comparar amostras de origem conhecida com amostras desconhecidas, o que alavancou ainda mais o uso forense do DNA (GARRIDO, RODRIGUES, 2015).

No Brasil a violência sexual, é um dos crimes mais comuns no país. Ao analisar o Anuário Brasileiro de Segurança Pública, 35.735 meninas e 10.259 meninos, menores de 13 anos sofreram estupro de vulnerável no ano de 2021. E esse crime, além da brutalidade na hora do seu ato de consumação, permanece nas vítimas em forma de traumas, que geram transtornos físicos e psicológicos, os quais nos piores dos casos levam a morte das vítimas (Organização Pan-Americana da Saúde, 2018).

Logo, torna-se importante apresentar o uso do DNA para resolução de crimes sexuais no Brasil, tendo em vista o considerável índice de ocorrência desta violência e o impacto na vida das vítimas, principalmente crianças e mulheres, visto que são os grupos alvos dos agressores sexuais.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Explicitar como o DNA passou a auxiliar na ciência forense, com enfoque principal na sua importância para resolução de crimes sexuais no Brasil.

2.2 -Objetivos Específicos

- 1 -Caracterizar o DNA e descrever a ligação com a identificação humana;
- 2- Compreender a importância do uso dos bancos de perfil genéticos na ciência forense;
- 3- Demonstrar o auxílio dessa prática na solução de crimes sexuais no Brasil.

3 - METODOLOGIA

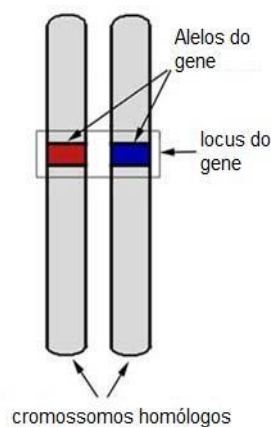
Esta monografia foi baseada em um método qualitativo por meio de revisões bibliográficas de artigos, teses, livros, revistas científicas indexadas e monografias encontradas em: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Google Acadêmico dos anos de 2004 a 2023, para que abrangesse os artigos mais antigos encontrados do uso forense DNA até o mais atual. Com a intenção de realizar tal pesquisa os seguintes descritores foram usados: ciência forense, polimorfismo do DNA, marcadores moleculares e Bancos De Perfis Genéticos. Ademais, os dados e relatos dos anos de 2011 a 2023, disponíveis pelas secretarias de segurança pública estaduais, pelas polícias civis, militares, federal e pelo Estado do Brasil, no Anuário Brasileiro de Segurança Pública e no Relatório Da Rede Integrada De Bancos De Perfis Genéticos (RIBPG) sobre a questão da violência sexual e o uso do DNA em investigações criminais, foram cruciais para a realização desse estudo científico.

4 - O Ácido Desoxirribonucleico Como Ferramenta

O gene é a unidade base da hereditariedade responsável por informações capazes de codificar características genéticas existentes em formas distintas denominadas alelos.

Por exemplo, um gene responsável pela cor da pelagem de gatos pode estar presente em um alelo que codifica pelagem preta ou em um alelo que codifica pelagem laranja. O local onde os alelos se localizam nos cromossomos são chamados de *locus* (PIERCE, 2013).

Figura 3 – Representação esquemática do *Locus* cromossômico



fonte: Christopher W. Ashcrfat, 2004. Legenda: Genes com diferentes alelos, localizados em um mesmo locus em cromossomos homólogos

Quando um gene comum em uma determinada população apresenta diversas variações denomina-se polimorfismo, o qual pode ser de sequência ou comprimento (figura 4). No polimorfismo de sequência o nucleotídeo é alterado por substituição, adição ou deleção das bases nitrogenadas, como no caso do polimorfismo de nucleotídeo único (SNP – do inglês *single nucleotide polymorphism*). Já o de comprimento, são cadeias de bases nitrogenadas que se repetem denominadas de minissatélites ou microssatélites, as quais o número de repetições em cada *locus* pode variar de indivíduo para indivíduo tornando-as únicas para cada ser humano. Com exceção de gêmeos monozigóticos que apresentam materiais genéticos idêntico. (DOLINSKY; PEREIRA, 2007).

Figura 4 - Demonstração dos tipos de polimorfismos

(a) Polimorfismo de sequência

-----AGACTAGACATT-----
 -----AGATTAGGCATT-----

(b) Polimorfismo de comprimento

----- (AATG)(AATG)(AATG) -----
 3 repetições
 ----- (AATG)(AATG) -----
 2 repetições

fonte: Butler, 2009 APUD Filipa Tavares, 2012. Legenda: Enquanto no polimorfismo de sequência a variabilidade está em alterações nas bases nitrogenadas, no polimorfismo de comprimento está na quantidade em que a sequência gênica irá se repetir.

Portanto, a partir da descoberta do poder de exclusividade das regiões hipervariáveis de comprimento, o DNA se tornou um instrumento de auxílio para a justiça criminal. E além dessas porções estarem presentes no DNA autossômico, ou seja, naquele que não identifica o sexo biológico, podem ser encontradas no cromossomo heterossomo Y -exclusivo do sexo masculino - bastante utilizado para resolução de crimes sexuais, tendo em vista que esse crime é majoritariamente cometido por homens (JÚNIOR; SOUZA, 2014), (DOLINSKY; PEREIRA, 2007).

Ademais, o DNA mitocondrial também passou a ser uma ferramenta bastante utilizada na ciência forense, pois o seu formato, sua herança genética, entre outras características, configura funcionalidades singulares (HOFSTATTER, 2013).

4.1- Alec Jeffreys e as Regiões de Minissatélites

Em 1984, o geneticista britânico chamado Alec Jeffreys descobriu regiões polimórficas hipervariáveis chamadas de regiões minissatélites (repetições em *tandem*⁴ de número variável -VNTRs do inglês Variable Number of Tandem Repeats).

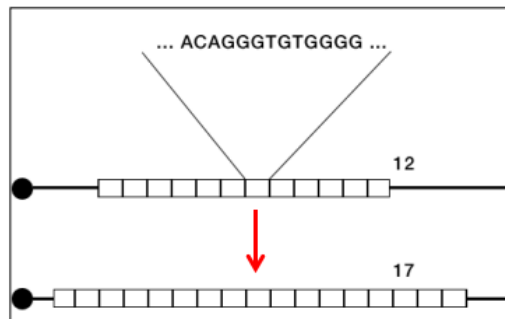
Dois anos após tal descoberta, a polícia no Reino Unido, mais precisamente na cidade de Leicester, utilizando a técnica de Jeffreys, baseada nas repetições em *tandem* de número

⁴ Repetições em *tandem* – repetições padrões de sequências de bases nitrogenadas

variável, solucionou um crime, achando o estuprador e assassino de duas meninas menores de idade. Tal fato revolucionou a ciência forense e a técnica utilizada pelo geneticista ficou conhecida como DNA *fingerprinting* (Impressões Digitais do DNA) (BONACCORSO, 2005).

As regiões de minissatélites são porções nos *lóci* gênicos em que a sequência de bases nitrogenadas se repete e o seu tamanho pode variar de 9 a 100 pares de base. De acordo com Bonaccorso (2015), a quantidade de vezes que essas sequências vão se repetir é o que difere de ser humano para ser humano, tornando as VNTRs individuais, de acordo com a figura 5.

Figura 5 – Repetição em *tandem* de número variável (VNTRs)



Fonte: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5428510/mod_resource/content/1/Gen%C3%A9tica%20na%20Identifica%C3%A7%C3%A3o%20humana.pdf. Acessado em agosto de 2023. Legenda: representação das regiões que iram se repetir de maneira individual para cada indivíduo.

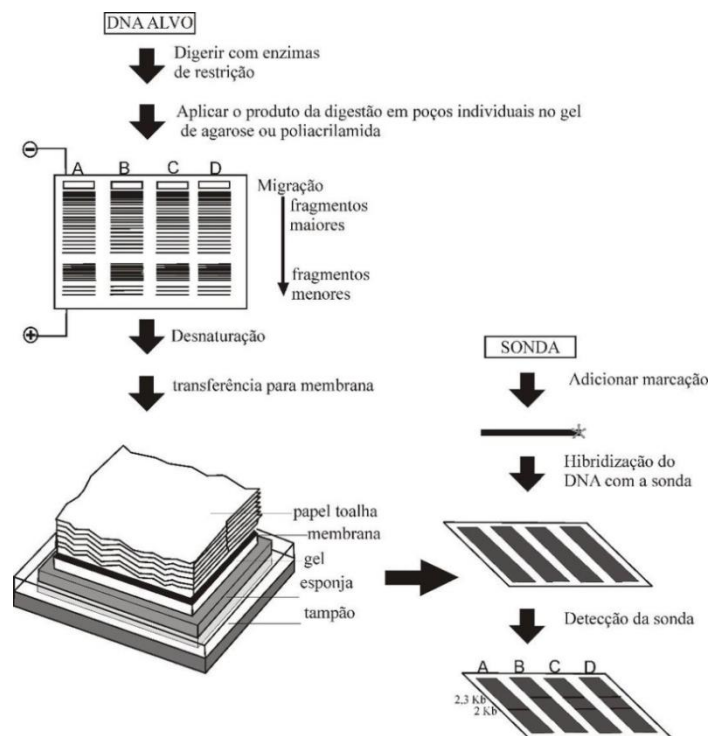
Para que essas regiões fossem detectadas, o método usado pelo geneticista foi o polimorfismo de tamanho de fragmentos de restrição (RFLP), o qual é baseado no uso de enzimas de restrições no DNA autossômico, as quais clivam partes específicas do DNA. A clivagem gerará diversos fragmentos, os quais poderão ser separados pela eletroforese. A eletroforese é uma técnica em que o DNA por meio de impulsos elétricos migra para o polo positivo de um gel (de agarose ou de poliacrilamida), por causa do seu grupamento fosfato que apresenta carga negativa. Dependendo do tamanho e peso molecular da amostra, o material genético irá migrar menos ou mais no gel separando em fragmentos (BORBA, 2021) (GÓES, 2008).

No processo seguinte, o DNA presente no gel é transportado por capilaridade para uma membrana sólida de nitrocelulose num processo chamado de *southern blotting*, em que o

DNA dupla fita é transformado quimicamente em fita simples para se fixar na camada de nitrocelulose. Após isso, com intuito de localizar as regiões VNTRs utilizam-se sondas radioativas, as quais podem ser analisadas por uma radiografia, como mostrado na figura 6 (BORBA, 2021).

Hoje em dia, na ciência forense, tal técnica não é mais utilizada, pois segundo Júnior e Souza (2014) com as novas tecnologias, o RFLP por se utilizar de material radioativo e ter a necessidade de realizações de diversas etapas, isto é, ser trabalhoso foi substituído pela PCR(JÚNIOR; SOUZA, 2014).

Figura 6 - A técnica de polimorfismo de tamanho de fragmentos de restrição (RFLP).



Fonte: Brow apud Turchetto – Zolet, Andréia, et al. 2017. Legenda: os processos da RFLP, hibridização das regiões minissatélites com sondas radioativas capazes de serem detectadas numa radiografia.

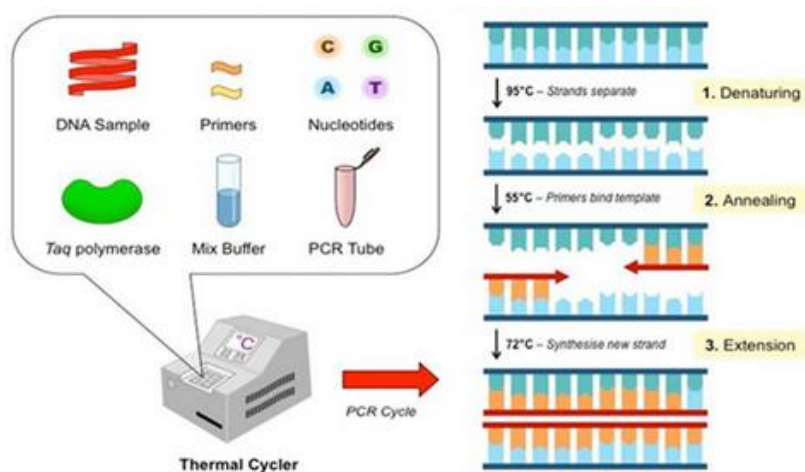
4.1.2 - Técnicas de detecção do DNA: As regiões microssatélites e a modernidade do PCR

As regiões de microssatélites (sequências curtas repetidas em *tandem* – STRs do inglês *Short Tandem Repeats*), são também polimorfismos que diferenciam em cada ser humano pela quantidade de vezes que as sequências de bases nitrogenadas se repetem. Porém esse fragmento de DNA apresentará uma estrutura menor em relação à região de minissatélite, ou seja, enquanto as regiões VNTRs têm sequências como **ATGCGAGCTACTGAGCC**, os microssatélites apresentam lócus curtos com uma pequena sequência de nucleotídeos, como **GATA**, por exemplo (BONACCORSO, 2015, p. 34).

Por apresentarem uma maior resistência a degradação e por serem com maior frequência identificados nos seres humanos do que as regiões minissatélites, os STRs analisados no DNA autossômico são as mais usadas para a identificação humana, e estão presentes nos Bancos de Perfis Genéticos, inclusive em um de seus pioneiros, feito pelo pelo serviço de inteligência e segurança norte estadunidense o FBI (*Federal Bureau Investigation*), nomeado CODIS (TURCHETTO-ZOLET, ANDREIA et al. 2017).

Para identificar as sequências referentes aos microssatélites, a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) é usada. A PCR amplifica a região de interesse (STRs), isto é, faz cópias do material biológico desejado, aumentando a possibilidade de analisá-la (BONACCORSO, 2015). Essa técnica é realizada num equipamento chamado de termociclador e é dividida em 3 etapas: Desnaturação, Anelamento e Extensão, repetidas de 25 à 40 vezes. Na desnaturação quando o termociclador chega a uma temperatura em de 95°C a fita dupla do DNA se desnatura. No anelamento, nucleotídeos (dNTPs) e *primers*, os quais os são iniciadores do sentido da replicação das regiões de interesse do DNA, entram em ação a uma temperatura de 60°C. Na extensão, em torno de 72°C a DNA polimerase resistente a grandes temperaturas chamada de Taq-polimerase que é obtida de bactérias que habitam águas termais, sintetiza uma nova cópia de DNA como demonstrado na figura 6. Esse material é novamente exposto as 3 etapas do PCR gerando um ciclo que se repete inúmeras vezes, amplificando o fragmento do DNA que será investigado (Figura 7) (CARDOSO, 2021).

Figura 7- Ilustração das etapas Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)



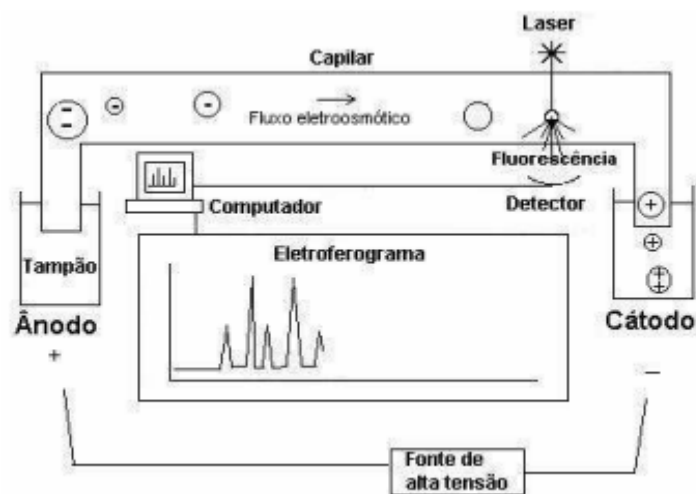
Fonte: <https://www.vetprofissional.com.br/artigos/tecnica-de-reacao-em-cadeia-da-polimerase-pcr-para-que-serve>. Acessado em agosto de 2023. **Legenda:** Esquematização de como a PCR é executada .

A PCR para analisar as regiões microssatélites é vantajosa na área forense, tendo em vista que é uma técnica que apresenta uma alta precisão visto que amplifica partes do DNA previamente selecionadas pelos *primers*. Possui alta sensibilidade capaz de reconhecer porções menores de material genético ou até o mesmo degradado, o que é de suma importância, uma vez que essa molécula quando encontrada nas cenas de crimes pode não estar simplesmente íntegra ou em abundância. Ademais a PCR elimina etapas do RFLP utilizado em casos forenses, como a hibridização e a radiografia, sendo assim um processo mais rápido. Por essas razões, atualmente o polimorfismo de tamanho de fragmentos de restrição (RFLP) é amplamente trocado pela Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) (CARDOSO, 2021).

Depois desse processo, o material genético retirado do termociclador é submetido a uma eletroforese capilar. Nessa variação da eletroforese, a amostra do DNA correrá um tubo capilar, no qual um raio laser irá diferenciar as porções STRs pela velocidade que essas atravessam essa radiação eletromagnética, quanto maior o fragmento menor será a velocidade.

A partir disso, através de softwares, as regiões microssatélites têm o número de repetições apresentada em picos na forma de gráfico, chamado de eletroferograma, tornando possível a conclusão do trabalho forense (Figura 8).

Figura 8 –Da eletroforese capilar a obtenção do eletroferograma



Fonte: Sandro Hillebrand, 2005. Legenda: etapas para obtenção das regiões microssátelites de interesse

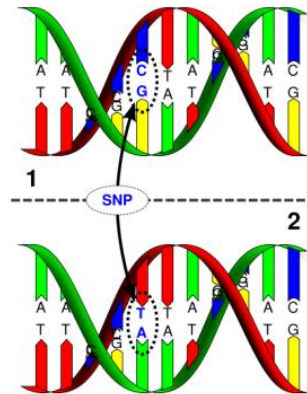
4.1.3 - O Heterossomo Y

Os cromossomos heterossomos ou regularmente chamados sexuais (X e Y), são heranças genéticas, que definem o gênero biológico de nascença dos seres humanos. O cromossomo Y, só é transmitido pelos indivíduos do sexo masculino e apresenta regiões polimórficas do tipo STRs, dessa forma é aplicado na investigação criminal, sendo opção de auxílio na resolução de casos de crimes sexuais e entre outros (BONACCORSO, 2015).

A região de microssatélite presente no cromossomo Y, diferencia-se da existente no DNA autossômico, pois as porções STRs heterossomas são transmitidas de forma padrão entre gerações e gerações, apresentando somente algumas mutações entre os indivíduos. Tal característica é prejudicial para a identificação individual pois os homens de uma mesma família apresentam pouca distinção nessas regiões, não sendo possível diferenciá-los (CARDOSO, 2021)

Ademais, o polimorfismo de nucleotídeo único ou comumente chamado SNPs (*Single nucleotide polymorphism*) também pode ser encontrado no cromossomo Y. Nele ocorre a variação da posição de um único nucleotídeo na sequência genômica (figura 9). Muitos dos SNPs apresentam padrões entre populações de uma mesma região, o que pode gerar informações cruciais para a investigação criminal, como a procedência de um suspeito, por exemplo (BONACCORSO, 2015).

Figura 9 – O polimorfismo de nucleotídeo único (SNP)

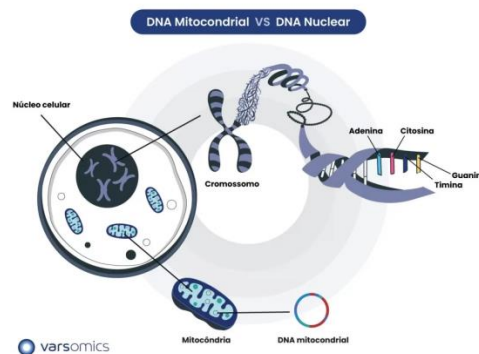


Fonte: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5428510/mod_resource/content/1/Gen%C3%A9tica%20na%20Identifica%C3%A7%C3%A3o%20humana.pdf. Acessado em agosto de 2023. Legenda : elucidação da variação de um único nucleotídeo que ocorre em SNPs.

4.1.4 - O DNA Mitocondrial (mtDNA)

A mitocôndria é uma organela celular encontrada nos seres eucariontes cuja principal função é a sua participação no processo de respiração celular aeróbia. Tal organela apresenta um DNA único, O DNA mitocondrial ou mtDNA, de acordo com Hofstatter (2013) esse é composto pelas bases nitrogenadas purinas (adenina e guanina) e pirimidinas (citosina e timina), as quais estão organizadas em dupla fita num formato circular (figura 10), que codificam proteínas presentes no processo de respiração celular e no estoque de energia. Como também, possui particularidades favoráveis à identificação humana, com fins forenses.

Figura 10 – o DNA mitocondrial (mtDNA)



Fonte : <https://blog.varsomics.com/dna-mitocondrial/>. Acessado em setembro de 2023. Legenda : nessa imagem há a representação do formato circular do mtDNA e sua ligação por bases nitrogenadas.

Hofstatter (2013, p. 9) diz que “uma célula pode conter centenas ou milhares de mitocôndrias”, ficando evidente que nos seres humanos quantidades abundantes de DNA

mitocondrial podem ser encontradas, característica que facilita a análise forense, tendo em vista que há grande quantidade de material genético mitocondrial que pode ser encontrado em pequenos vestígios, como fios de cabelo, por exemplo.

O DNA é geralmente uma herança genética de origem materna, ou seja, transmitido de geração para geração exclusivamente pela progenitora do indivíduo, o que auxilia no rastreamento genético de indivíduos.

Além disso, o mtDNA devido aos seu formato circular apresenta uma resistência à degradação, uma característica de suma importância para a investigação criminal, considerando que em materiais antigos ou com condições não favoráveis o mtDNA poderá ser coletado e analisado (HOFSTATTER, 2013).

5 - O auxílio do DNA em casos criminais

A partir do caso ocorrido na cidade inglesa Leicester, o DNA passou a ser considerado de importante contribuição para a justiça em casos criminais e passou a ser utilizado em diversos tribunais por todo o mundo (SILVA; FRANGIOSA, 2018).

Por exemplo, nos Estados Unidos em 1981 uma vítima de agressão sexual a partir do reconhecimento facial, identificou Larry Fuller como agressor. O acusado, que se dizia inocente, foi condenado e aprisionado. Após 18 anos de prisão, o DNA cromossomal Y de Fuller foi comparado com o encontrado na vítima, e as amostras eram incompatíveis, em 2007 o tribunal de Dallas no Texas, inocentou o rapaz (SILVA; FRANGIOSA, 2018).

Outro caso que ganhou notoriedade, ocorreu na Itália, na cidade de Bérgamo, onde uma jovem ginasta, Yara Gambirasio, no ano de 2010 desapareceu; Três meses depois, o corpo da menina foi encontrado com diversas lesões nas costas e na garganta, evidenciando que a jovem de 13 anos havia sido assassinada brutalmente. O material genético coletado passou por diferentes análises, e através de vasta comparação entre mais de 10 mil amostras de DNA e o Banco de Perfil genético italiano, chegou-se a Giuseppe Guerinoni como principal suspeito, entretanto o homem se encontrava morto há 11 anos. Depois de uma longa investigação, descobriu-se que Guerinoni tinha um filho fora do casamento, Massimo Giuseppe Bossetti. Então, a polícia simulou uma blitz e fez o teste do bafômetro no suspeito coletando o DNA presente em sua saliva. As regiões polimórficas hipervariáveis do suspeito eram as mesmas que as encontradas na vítima, com isso Massimo Giuseppe Bossetti foi considerado culpado pela morte de Yara Gambirasio e condenado à prisão perpétua (SILVA; FRANGIOSA, 2018)

5.1 - Os Bancos de Perfis Genéticos

Os bancos de perfis genéticos têm um peso gigantesco no sucesso do DNA em conjunto com a investigação criminal. Nesses, estão armazenados perfis genéticos conhecidos, por exemplo, de condenados, os quais quando comparados às encontradas nas cenas de crimes ou nas vítimas, podem identificar suspeitos ou libertar inocentes (GARRIDO, RODRIGUES, 2015).

Por exemplo, como mostra o Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos, no ano de 2015 na Bahia ocorreu um homicídio, e um perfil genético que não era igual ao da vítima foi encontrado na cena do crime, o vestígio coletado foi catalogado no banco de perfis genéticos da Bahia. Em 2021, o DNA de um homem condenado por latrocínio também foi inserido no mesmo banco, e foi compatível com o encontrado no crime ocorrido em 2015. Ao ser confrontado por uma delegada local, o criminoso confessou o homicídio (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2021).

Os pioneiros na criação de bancos de perfis genéticos, foram a Inglaterra e o Estados Unidos, sendo o Reino Unido precursor, elaborando o *UK National DNA Database* (NDNAD) em 1994. No país norte americano, em 1998 o CODIS - *Combined DNA Index System* (Sistema Combinado de Índices de DNA) foi desenvolvido pelo FBI - *Federal Bureau Investigation* (GARRIDO; RODRIGUES, 2015).

O banco de perfil genético estadunidense é um software que compara 13 loci STRs do DNA nuclear - CSF1PO; D3S1358; D5S818; D7S820; D8S1179; D13S317; D16S539; D18S51; D21S11; FGA; THO1; TPOX; vWA. Segundo Garrido e Rodrigues (2015), a chance de 13 loci de regiões minissatélites coincidirem entre diferentes indivíduos é de 1 em 160 milhões, ou seja, essa quantidade é suficiente para diferenciar um ser humano do outro.

O material genético permitido a ser coletado e registrado no *Combined DNA Index System*, varia de região para região, tendo em vista que nos Estados Unidos cada Estado tem sua própria legislação (WOYCIEKOSKI, 2021). Geralmente, o conteúdo gênico presente nele, são os de condenados, os encontrados nas cenas de crime ou nas vítimas; os de detidos; os de corpos não identificados; os de desaparecidos e seus familiares, visto que tal banco, também ajuda no reconhecimento de pessoas desaparecidas. (GARRIDO, RODRIGUES, 2015).

O CODIS auxiliou em diversas investigações, sendo uma importante evidência para se concretizar uma resolução justa dos mais diversos casos criminais. Isto é, desde 1989, 2.768 pessoas foram inocentadas nos Estados Unidos, das quais 532 o *Combined DNA Index System*

foi fundamental nesse processo. (THE NATIONAL REGISTRY OF EXONERATIONS, 2020 apud WOYCIEKOSKI, 2021).

Ademais, o CODIS foi tão assertivo para a ciência forense estadunidense que cerca de 50 países o usaram para darem inícios em seus próprios bancos de perfis genéticos (WOYCIEKOSKI, 2021).

5.2-A aplicação do DNA nas investigações criminais brasileiras

No Brasil, coletar material para a formação de perfis genéticos foi somente regulamentado em 2012 com a Lei nº 12654/2012. Com isso, a partir da parceria com o FBI que instruiu e transferiu ao Brasil a tecnologia do sistema CODIS, a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG) foi formada e legalizada pelo Decreto nº 7.950/13 (WOYCIEKOSKI, 2021).

A RIBPG é uma ação conjunta do Ministério da Justiça e Segurança Pública com as Secretarias de Segurança Pública Estaduais e Distrito Federal, a qual armazena o DNA coletado em diferentes Estados, partilhando-os em uma escala Federal. Com intuito, de que regiões minissatélites STRs possam ser usadas de comparação, auxiliando assim as averiguações criminais (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2023).

Atualmente, os materiais genéticos armazenados na Rede de Bancos de Perfis Genéticos são provenientes de condenados por crimes violentos, de pessoas as quais foram judicialmente ordenadas a terem seu DNA identificado, de restos mortais identificados e de vestígios obtidos em cenas de crimes ou nas vítimas. No Brasil, os condenados por crimes violentos específicos são obrigados a terem seu DNA inserido nos Bancos de Perfis Genéticos como determina a lei 13.964/2019

O condenado por crime doloso praticado com violência grave contra a pessoa, bem como por crime contra a vida, contra a liberdade sexual ou por crime sexual contra vulnerável, será submetido, obrigatoriamente, à identificação do perfil genético, mediante extração de DNA (ácido desoxirribonucleico), por técnica adequada e indolor, por ocasião do ingresso no estabelecimento prisional(BRASIL, 2019).

A Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos desde sua criação em 2013 até maio de 2023 já auxiliou em mais de 5000 investigações. Ademais, tal rede também contribui para o encontro de pessoas desaparecidas mantendo conteúdo biológico de familiares de pessoas desaparecidas, indivíduos de identidade desconhecida, restos mortais não identificados e

referência direta de pessoas desaparecidas (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2023)

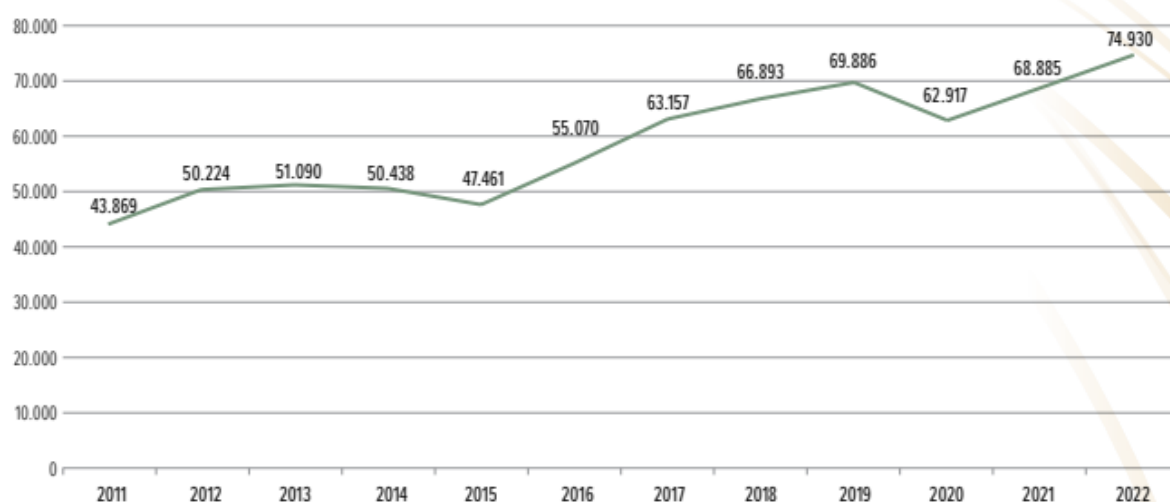
6 - A violência sexual no Brasil

De acordo com a Lei nº 12.845 decretada em 1º de agosto de 2013, qualquer ato sexual não consentido define-se como violência sexual (Brasil,2013). Tal ação criminosa como já dito anteriormente, em muitos dos casos resulta na morte das vítimas devido a abortos clandestinos, infecções sexualmente transmissíveis e traumas psicológicos que podem acarretar suicídio (Organização Pan-Americana da Saúde, 2018).

No Brasil, segundo o Anuário Brasileiro de Segurança Pública - ação conjunta de diferentes órgãos responsáveis pela segurança pública, que reúne e divulga informações sobre a criminalidade no país - os dados recentes sobre a violência sexual são alarmantes. É o maior número de casos de estupro já registrado, conforme mostra a figura 11: 74.930 pessoas foram violentadas no ano de 2022, dentre as quais 56.820 eram meninos e meninas menores de idade.

Figura 11 - A ocorrência da violência sexual com o passar dos anos

Evolução do número de estupros e estupros de vulnerável
Brasil - 2011-2022



Fonte : Secretarias Estaduais de Segurança Pública e/ou Defesa Social; Instituto de Segurança Pública/RJ (ISP); Polícia Civil do Estado do Amapá; Polícia civil do Distrito Federal; Polícia Civil do Estado de Roraima; Fórum brasileiro de Segurança Pública. Legenda: mais de 70 mil pessoas foram violentadas no ano de 2022.

6.1 - Os crimes sexuais e a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos

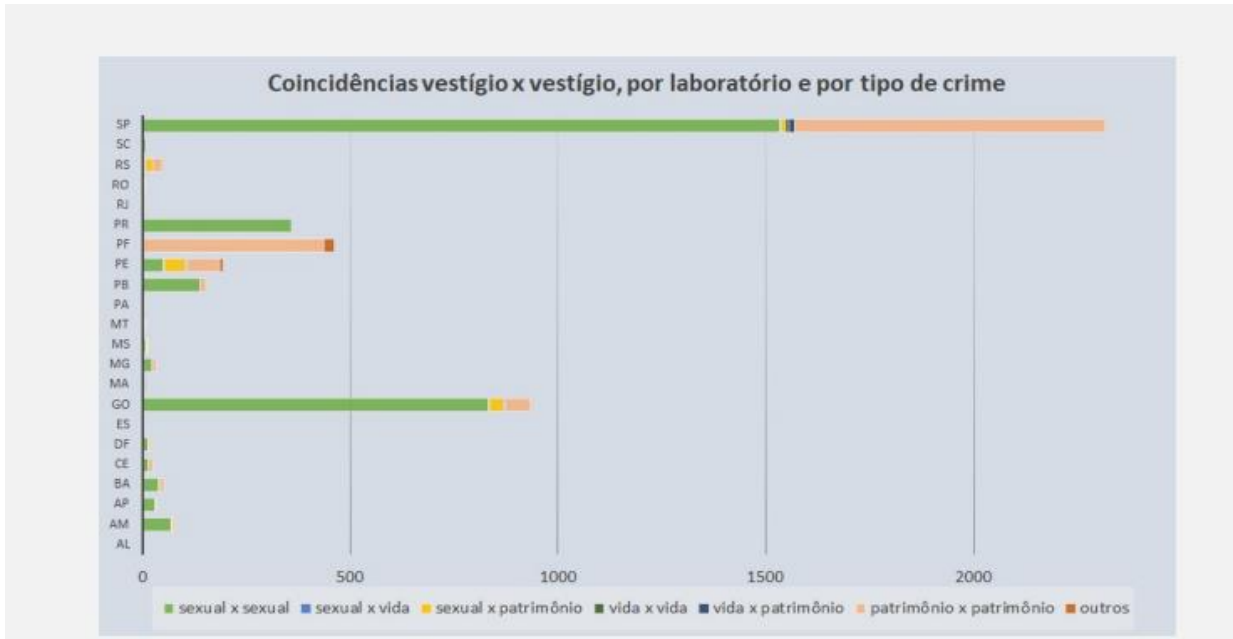
A RIBPG auxilia na resolução de diversos crimes sexuais quando os vestígios de material genético encontrado nas cenas de crimes ou nas vítimas, coincide com o já catalogado no banco de perfil genético. É uma evidência bastante aceita nos tribunais para identificar o autor do crime. Como por exemplo, nesse caso ocorrido em maio de 2016: uma mulher foi estuprada e após investigações o criminoso foi encontrado e seu material genético adicionado no Banco de Perfis genéticos. 1 ano e 4 meses após sua prisão, outra agressão sexual ocorreu na mesma região, e o DNA encontrado na vítima foi compatível com o do mesmo agressor. Porém esse estava preso e não poderia ter cometido o crime, logo chegou-se à conclusão que o responsável por cometer o segundo crime foi seu irmão gêmeo univitelino⁵, que apresenta o DNA idêntico ao seu (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2021).

Além disso, quando no Banco Integrado de Perfis Genéticos há compatibilidade entre dois vestígios coletados em diferentes situações, pode-se estabelecer uma conexão com crimes ocorridos com diferentes vítimas e locais, tornando possível localizar estupradores em séries. Como nesse caso ocorrido em Goiás: em 2018 a Superintendência de Polícia Técnico-Científica do Estado de Goiás, relatou que o perfil genético masculino encontrado em 8 vítimas de estupro coincidiu. Após uma ampla investigação, ao confrontar o DNA coletado com o de um suspeito, foi-se descoberta a identidade do agressor. Esse atuava sempre com o mesmo *modus operandis*, cometia roubos e estupros desde 2008 e de acordo com os últimos dados divulgados em 2019, já havia violentado 24 pessoas, com a previsão de que mais vítimas fossem encontradas com o auxílio da Rede Integrada de banco de perfis genéticos (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2019).

Portanto, os “*matches*” entre vestígio x indivíduo e vestígio x vestígio que acontece entre o material genético coletado e os já presente na RIBPG, tem o poder de atuar como uma importante ferramenta nos tribunais para solucionar crimes sexuais. De acordo com os gráficos a seguir (figura 12 e 13) em casos de violência sexual já foram mais de 2000 “*matches*” entre vestígio x vestígio e mais de 250 entre vestígio x indivíduo (Ministério da Justiça e Segurança Pública 2023).

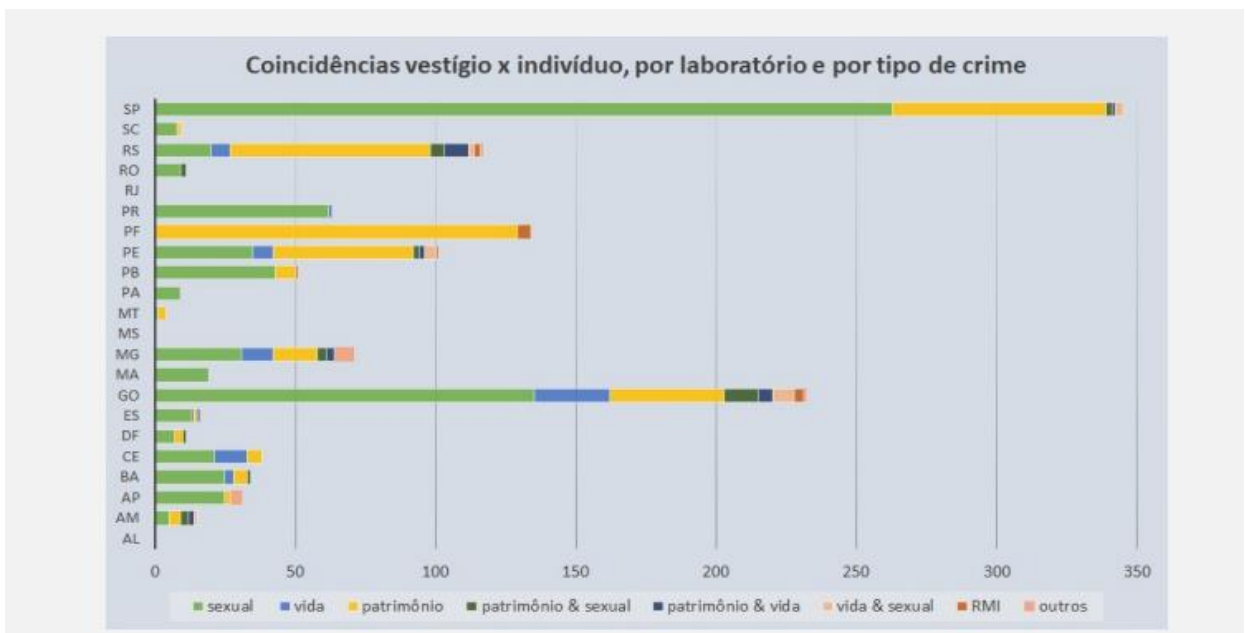
⁵ Gêmeos univitelinos – dividem a mesma placenta e apresentam o material genético idênticos

Figura 12- compatibilidade entre vestígio x indivíduo na RIBPG



Fonte : Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos, 2023. Legenda: mais de 2000 casos de crimes sexuais, tiveram os vestígios genéticos coletados compatíveis com os já cadastrados na RIBPG

Figura 13 - Compatibilidade entre vestígios na RIBPG



Fonte: Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos, 2023. Legenda: mais de 250 casos criminais, tiveram o material genético coletado compatível com os de indivíduos já cadastrados na RIBP

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da descrição de como o DNA se tornou uma prova bastante aceita nas averiguações criminais - auxiliando no combate a injustiças nos tribunais por todo o mundo - o presente trabalho buscou explicitar a importância do DNA para elucidar os crimes sexuais no Brasil.

Em vista disso, trazer relatos e dados oficiais da Segurança Pública foi de suma importância para facilitar a conclusão do que foi almejado. Tendo em vista que, devido ao Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos, foi possível analisar como que na prática o DNA já incriminou ou inocentou diversos suspeitos por agressões sexuais.

Portanto, essa pesquisa científica tem uma relevância satisfatória para a sociedade brasileira ao demonstrar como os responsáveis por cometer um dos crimes que mais ocorre no país, podem ser encontrados e com isso, punidos conforme a lei brasileira determina.

Entretanto, é imprescindível deixar evidente que somente encontrar os responsáveis por cometer tais atos criminosos não é suficiente para resolver a problemática da violência sexual que ocorre no país. A questão tem vários obstáculos, como por exemplo, a hipersexualização de mulheres e crianças, o julgamento social o qual as vítimas são cometidas após a consumação de tal ato e principalmente a sociedade machista existente que normaliza tal ato repulsivo, o que explica a maioria dos abusadores sexuais serem homens. Logo, a consciência social e políticas públicas devem ser buscadas em conjunto com a tecnologia do DNA forense, para refrear a ocorrência de crimes sexuais que assolam milhares de brasileiros diariamente.

8 -REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. P.; ROMANO, L. H. História e importância da genética na área forense. **Revista Saúde em Foco**, 10º edição, 2018.

BRASIL. Lei N° 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Aperfeiçoa a legislação penal e processual e penal. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2019.

BRASIL. Lei N° 12.654, de 28 de maio de 2012. Altera as Leis nºs 12.037, de 1º de outubro de 2009, e 7.210, de 11 de julho de 1984 - Lei de Execução Penal, para prever a coleta de perfil genético como forma de identificação criminal, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

BORBA, Maria Julia Moreira de et al. **Genética e biologia molecular no auxílio à justiça**. 2021.

BONACCORSO, Norma Sueli. **Aplicação do exame de DNA na elucidação de crimes**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CARDOSO, Ana Paula Martins. **Técnicas de genética forense: uma revisão sobre as principais técnicas utilizadas para a obtenção de perfil de DNA na resolução de crimes e sua importância no âmbito jurídico**. 2021.

DA SILVA JÚNIOR, José Ribeiro; SOUSA, Victor Edgard Tavares. Marcadores moleculares: um enfoque forense. **Acta de Ciências e Saúde**, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2016.

DOLINSKY, Luciana Cresta; PEREIRA, L. M. C. V. DNA forense. **Saúde e ambiente em Revista**, v. 2, n. 2, p. 11-22, 200

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. 17º Anuário Brasileiro de Segurança Pública. São Paulo: Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2023. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2023/07/anuario-2023.pdf>. Acesso em : 20 de outubro de 2023.

FRUEHWIRTH, Marcelo; DELAI, Robson Michel; FOLHA, A. R. Técnicas de Biologia Molecular Aplicadas a Perícia e Ciência Forense. **Derecho y Cambio Social**, 2015.

GRAZINOLI GARRIDO, Rodrigo; LEAL RODRIGUES, Eduardo. O banco de perfis genéticos brasileiro três anos após a Lei nº 12.654. **Revista de bioética y derecho**, n. 35, p. 94-107, 2015.

GÓES, A. C. S. Análise de regiões polimórficas do DNA com o objetivo de estabelecer vínculos genéticos, identificar restos mortais ou realizar perícias criminais. **Revista do Biomédico**, v. 65, p. 22-23, 2005

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. X Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis genéticos (MAIO/2019). CG-RIBPG, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/x-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-ribpg.pdf/view>. Acesso em: 24 de outubro de 2023.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. XIV Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis genéticos (MAIO/2021). CG-RIBPG, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xiv-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-maio-2021/view>. Acesso em: 24 de outubro de 2023

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. XVIII Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis genéticos (MAIO/2023). CG-RIBPG, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xviii-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-maio-2023/view>. Acesso em: 24 de outubro de 2023.

PENA, S. D. J. Segurança Pública: determinação de identidade genética pelo DNA. Seminários Temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C, T & I. Parcerias Estratégicas,

v.20, p 447-460, 2005. Disponível em: http://laboratoriogene.info/Cientificos/Seguranca_Publica.pdf. Acesso em: 1 de ago. 2023.

PIERCE, Benjamin. **Genética -Um enfoque conceitual. 5 ° edição.** GuanabaraKoogan, 2016

RODRIGUES, Caio Henrique Pinke et al. Ciência Forense ou Ciências Forenses? Uma análise conceitual. **Research, Society andDevelopment**, v. 11, n. 12, p. e177111234215-e177111234215, 2022.

RODRIGUES, Júlia Morales; DE FREITAS SILVA, Bruna Kuhn. A relevância dos marcadores moleculares para elucidação de homicídios e crimes sexuais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13574-13584, 2020.

Turchetto-Zolet, Andreia et al (organizadoras). **Marcadores Moleculares na Era Genômica: Metodologias e Aplicações.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2017.

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

SOARES, Hugo Manuel Gonçalves. **A descoberta da Dupla Hélice do DNA: contributo para possíveis narrativas.** 2015. Tese de Doutorado.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **(violência sexual e suas consequências para as vítimas)** 2018. Disponível em :<https://www.paho.org/pt/noticias/25-7-2018-neste-dia-laranja-opasoms-aborda-violencia-sexual-e-suas-consequencias-para>.

Acesso em: 23 de out. 2023.

WOYCIEKOSKI, Luiza. **O Banco Nacional de Perfis Genéticos no sistema penal brasileiro.** 2021.