

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA
QUIMERISMO GENÉTICO: DESAFIOS E IMPLICAÇÕES NA PERÍCIA CRIMINAL
Genetic Chimerism: Challenges and Implications in Forensic Science

Manuela Vieira de Araújo¹
Paulo Roberto Martins Queiroz²

RESUMO

O quimerismo, uma condição rara em que um indivíduo possui duas linhagens de DNA distintas, pode complicar os resultados dos testes de DNA, levando a conclusões incorretas e desafios na interpretação dos resultados. Isso tem implicações significativas no sistema de justiça criminal, onde a precisão dos testes de DNA é crucial para determinar a culpabilidade ou inocência de um suspeito. Diante disso, este estudo tem como objetivo descrever o impacto do quimerismo nas análises periciais baseadas em DNA em investigações criminais. A pesquisa envolveu uma revisão bibliográfica narrativa abrangendo uma variedade de fontes e idiomas, destacando como o quimerismo pode afetar a precisão das análises de DNA em contextos forenses. O estudo também ressalta a importância de regulamentações claras e envolvimento de especialistas em genética na interpretação dos resultados, além de conscientização pública sobre o assunto. Destaca que, apesar da confiabilidade dos exames de DNA, eles não são infalíveis, enfatizando a necessidade de atualizar os procedimentos para garantir decisões justas no sistema de justiça.

Palavras-chave: Quimerismo; Marcadores de DNA; Microsatélites; Perícia Criminal; Evidências periciais; DNA forense.

ABSTRACT

Chimerism, a rare condition in which an individual possesses two distinct DNA lineages, can complicate the results of DNA tests, leading to incorrect conclusions and challenges in result interpretation. This has significant implications in the criminal justice system, where the accuracy of DNA tests is crucial in determining a suspect's guilt or innocence. In light of this, this study examines the impact of chimerism on forensic DNA analysis in criminal investigations. The research involved a comprehensive narrative literature review encompassing a variety of sources and languages, highlighting how chimerism can affect the accuracy of DNA analyses in forensic contexts. The study also emphasizes the importance of clear regulations and the involvement of genetics experts in result interpretation, as well as public awareness of the issue. It underscores that, despite the reliability of DNA examinations, they are not infallible, emphasizing the need to update procedures to ensure fair decisions in the justice system.

Keywords: Chimerism; DNA Markers; Microsatellites; Forensic Expertise; Forensic Evidence; Forensic DNA.

¹Graduanda do Curso de Biomedicina do Centro Universitário de Brasília – CEUB.

²Doutor em Biologia Animal, especialista em Genética. Professor do Centro Universitário de Brasília – CEUB.

1 INTRODUÇÃO

A especialidade que lida com a investigação de crimes através de análises científicas de evidências coletadas na cena do crime é conhecida como perícia criminal. Como um ramo interdisciplinar do conhecimento humano, a ciência forense oferece os princípios e técnicas necessárias para facilitar a investigação de delitos pela equipe jurídica (ARAUJO, 2021). Dentro da investigação de delitos há principalmente a investigação de evidências periciais, que são fundamentais para a resolução de crimes, independentemente de sua natureza. Segundo Bernet (2014), essas evidências são materiais obtidos na cena do crime e estabelecem uma ligação indireta com o ato que ocorreu previamente. Forbes (2008, p. 5) define a evidência física como qualquer material tangível coletado, testado e transportado, incluindo manchas de sangue, carros e outros elementos. Além disso, diversos tipos de evidências, como digitais, amostras de sangue, fibras, tecidos, documentos, testemunhos, equipamentos eletrônicos e análise de imagens, vídeos ou áudios, são regularmente utilizados como fontes de análise. São com estas evidências que junto a investigação criminal se responde às perguntas: onde, como, quando, porquê e por quem um crime foi cometido, baseado nas técnicas utilizadas como: os exames de DNA (ácido desoxirribonucleico), datiloscopia, balística, toxicologia entre outros (BERNET, 2014).

Os exames de DNA por exemplo, que são evidências consideradas incontestáveis em uma investigação criminal, utilizam marcadores de DNA nuclear, como os *short tandem repeats* (STR) ou microssatélites, que no caso de um mosaico genético ou uma quimera poderiam levar a conclusões errôneas (CASTELLA; LESTA; MANGIN, 2009).

O termo "quimera" é utilizado para descrever uma condição rara em que um indivíduo possui duas cadeias de DNA distintas. Essa condição pode surgir devido à fusão de dois ou mais embriões durante a gestação. No entanto, é importante destacar que a maioria das pessoas desconhece sua condição genética quimérica e provavelmente nunca terá conhecimento dela. Essa dificuldade inerente em testar quimeras cria diversos desafios para o sistema, incluindo o sistema de investigação criminal, já que esta disparidade genética pode complicar os resultados dos testes de DNA e causar problemas na interpretação dos resultados levando a conclusões errôneas e potenciais injustiças no sistema criminal (GRANZEN, 2014).

O quimerismo desempenha um papel de extrema importância na perícia criminal, uma vez que a escassez de informações sobre sua origem, os casos reportados muitas vezes geram desafios substanciais e como presença de indivíduos quiméricos pode complicar os testes de DNA em investigações criminais. Este tema é particularmente significativo, já que no campo da investigação criminal, a precisão e confiabilidade dos testes de DNA são cruciais para estabelecer a culpabilidade ou inocência de um suspeito. Além disso, a compreensão dos efeitos do quimerismo nos testes de DNA podem levar aos aprimoramentos nas técnicas forenses utilizadas atualmente, já que é necessário desenvolver métodos de análise de DNA mais sensíveis e precisos, capazes de detectar a presença de diferentes perfis genéticos dentro de um indivíduo. A pesquisa e o desenvolvimento nessa área são cruciais para garantir uma justiça mais precisa e equitativa. Isso permitirá uma abordagem mais informada na interpretação dos resultados, evitando conclusões precipitadas ou erros que possam comprometer a justiça e a segurança pública (CORAZZA & CARVALHO, 2019).

O presente trabalho tem como objetivo descrever como o quimerismo pode influenciar na prova pericial baseada em DNA.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi consolidado por meio de uma revisão bibliográfica em formato narrativo, que de acordo com Cordeiro (2007) é a que possui temática aberta, não exigindo protocolo rígido para sua confecção e busca de fontes não específicas e nem pré determinadas.

Foram utilizadas as bases bibliográficas do repositório institucional do Centro de Ensino Unificado de Brasília (CEUB), SciELO (Scientific Electronic Library Online), PubMed (Public Medline) e Google Acadêmico para levantar artigos publicados. Para isso foram utilizadas as palavras-chave: quimerismo, biologia molecular, marcadores de DNA, microssatélites, perícia criminal, evidências periciais, DNA forense, nos idiomas inglês, português e espanhol, no período de busca de 20 anos, com exceção de 1 artigo publicado em 1953 que foi utilizado apenas para demonstração de caso.

3 DESENVOLVIMENTO

O ácido desoxirribonucleico (DNA) é um composto orgânico, no qual as moléculas possuem as instruções genéticas que desempenham um papel crucial no processamento, armazenamento e manifestação das informações genéticas de um organismo, as quais são passadas para as gerações futuras. A diversidade dos seres vivos resulta da composição única das letras das bases presentes no DNA. É nele que se encontram os genes responsáveis pela regulação de todo o organismo. Eles ocupam posições específicas nos cromossomos e, quando presentes nas células reprodutivas, transferem suas informações para as gerações subsequentes (CARRILHO, 2015).

Com a exceção dos gêmeos univitelinos, cada indivíduo humano carrega um padrão genético único. Isso possibilita a identificação e comparação entre pessoas, permitindo até mesmo a avaliação da presença de laços familiares entre elas (CARVALHO, 2014).

O genoma humano desempenha um papel fundamental na identificação, tratamento e prevenção de enfermidades genéticas, e também na determinação de características individuais distintas. Consequentemente, o DNA é frequentemente empregado em circunstâncias onde a identificação da pessoa por outros métodos não é viável. Isso ocorre em situações como a identificação de corpos em avançado estado de decomposição, a confirmação de paternidade e a resolução de questões criminais (RAMOS; CUNHA, 2016).

Contudo, os exames conduzidos nos laboratórios de análise de DNA com foco na identificação em contextos criminais operam por meio da avaliação de regiões específicas dos cromossomos. Isso resulta na obtenção do perfil genético, sem abranger o mapeamento completo da estrutura química nuclear das células do sujeito em questão (RAMOS; CUNHA, 2016).

Entretanto, ao se deparar com a detecção de características particulares em certos indivíduos, surge a necessidade de uma análise mais minuciosa do DNA, como ocorre no caso das quimeras humanas (CARVALHO, 2014).

3.1 Quimerismo

O termo "quimera" tem suas raízes na Grécia Antiga, onde descrevia uma criatura mítica que era considerada um monstro, possuindo o corpo de um leão, a cabeça de uma cabra e a cauda de um dragão. No âmbito científico, a terminologia "quimera" manteve-se ao longo do tempo, passando por evoluções significativas. Inicialmente, era empregada para descrever hermafroditas, ou seja, indivíduos que apresentam características sexuais tanto masculinas quanto femininas. Com o progresso na área da genética, o termo "quimera" foi adaptado para descrever uma ocorrência extraordinariamente rara na genética humana, constatada em aproximadamente 40 indivíduos em todo o mundo. Especificamente, ele é utilizado para definir um fenômeno em que um indivíduo possui duas populações distintas de células, cada uma com seu próprio conjunto de informações genéticas (GRANZEN, 2014).

A formação de quimeras pode ser categorizada como: natural ou não embrionária. As quimeras não embrionárias são resultados de intervenções humanas, como transfusões sanguíneas e transplantes de medula, resultando na combinação de células após o nascimento. Por outro lado, no cenário natural, a formação de quimeras ocorre quando diferentes células geneticamente distintas se unem antes do nascimento do indivíduo, podendo o grau de variação de DNA diferenciar o tipo de quimera (LUIZ, 2018).

3.2 Tipos de Quimerismo

O quimerismo pode ser categorizado em diferentes tipos, incluindo o microquimerismo, quimerismo partenogenético, tetragamético e hematopoiético. O microquimerismo refere-se à presença de uma pequena porcentagem de células geneticamente diferentes em um indivíduo, que podem ter origem de uma linhagem diferente. Isso pode ocorrer em várias situações, incluindo durante uma gestação normal com comunicação sanguínea entre a mãe e o feto, gestações de gêmeos dizigóticos (que são gerados por espermatozoides e óvulos diferentes), fertilização *in vitro* ou até mesmo de forma induzida em pacientes submetidos a transplantes. Esse termo é utilizado para descrever esse fenômeno devido à pequena quantidade de células envolvidas, em comparação com a linhagem celular predominante do indivíduo (COSENZA; MEDA; QUINTANILHA, 2020).

No caso da quimera partenogenética, ocorre quando um óvulo não passa pelo processo de meiose e, em seguida, é fertilizado por dois espermatozoides. Isso resulta em um embrião que carrega o dobro da dosagem do material genético do pai, emparelhada com o dobro do material genético da mãe, resultando em uma quimera (JIMENEZ, 2015; RAMOS; CUNHA, 2016).

O quimerismo tetragamético envolve dois óvulos distintos que são fecundados por dois espermatozoides, originando inicialmente dois embriões separados. No entanto, esses dois embriões acabam se fundindo durante as fases iniciais do desenvolvimento, resultando na formação de uma única pessoa. Esse cenário é uma variação do que inicialmente seria uma gravidez que resultaria em gêmeos, porém neste caso os embriões se fundem em um só, onde acontece a mistura de material genético, levando a um indivíduo único com uma combinação genética distinta (RAMOS; CUNHA, 2016).

Além dos tipos de quimerismo ocasionados naturalmente pela transferência de células entre dois organismos entre gêmeos, pode ocorrer o quimerismo hematopoiético, que resulta de uma transfusão sanguínea, transplante de órgãos e de medula óssea. Um paciente submetido a Transplante de Células-Tronco Hematopoiéticas se torna uma quimera permanente, já que as novas células sanguíneas que serão produzidas terão perfis de DNA diferentes das demais células do corpo. Já em transfusões sanguíneas, esse estado é transitório, pois as células do doador são eliminadas com o tempo e repostas por células sanguíneas do próprio paciente (SANTOS, 2018).

O quimerismo se destaca como um desafio de extrema relevância no âmbito da perícia criminal, uma vez que é capaz de exercer interferências diretas e substanciais na tarefa crucial de identificação humana, já que a presença de células geneticamente distintas pode levar a resultados enganosos em testes de DNA, dificultando a correspondência precisa entre amostras biológicas e indivíduos (CASTELLA; LESTA; MANGIN, 2009).

3.3 Identidade e Identificação

Para França (2008), a identificação humana é um processo pelo qual se estabelece a identidade de um indivíduo ou de um objeto, envolvendo medidas que têm como objetivo determinar essa identidade.

Para que um método de identificação seja considerado válido, é necessário que ele cumpra os requisitos biológicos e técnicos que qualifiquem e atendam às condições como unicidade ou individualidade, isto é, o método deve ser capaz de distinguir características específicas de cada indivíduo, que sejam únicas e distintas de outras pessoas. Deve também ser dotado de imutabilidade e perenidade, dado que é necessário que essa característica possua a qualidade de não se alterar e ser duradoura. Isso se deve ao fato de que uma característica suscetível a mudanças não é adequada para comparações ao longo do tempo. Essa característica deve ter a capacidade de resistir aos efeitos do tempo, persistindo ao longo da vida e até mesmo após a morte. Além disso, deve-se observar ainda a praticabilidade e a classificabilidade. Em outras palavras, um método de identificação deve se basear em características que possam ser categorizadas, permitindo comparações, ao mesmo tempo em que seja viável na prática (CARVALHO, 2014; FRANÇA, 2008).

A legislação brasileira não tem o objetivo nem a capacidade de ser abrangente ao prever todos os procedimentos periciais possíveis para a identificação humana, já que existe uma ampla diversidade de métodos disponíveis, como as impressões digitais (pontas dos dedos), palmares (palmas das mãos), plantares (solas dos pés), arcada dentária, padrão do palato (o "céu da boca" que possui uma configuração única para cada indivíduo), marcas labiais, íris ocular e análise de DNA (SILVA, 2022; CARVALHO, 2014; JUNIOR; MOURA, 2014).

3.4 Legislação

A Lei nº 12.654/2012 trouxe inovação à legislação brasileira quando foi decretada mais uma forma de identificação criminal, pela criação do Banco Nacional de Perfis Genéticos, coordenado pelo Ministério da Justiça e Segurança Pública (BRASIL, 2012).

Os Bancos de Perfis Genéticos representam repositórios destinados a preservar sequências genéticas para futura análise cruzada de dados. Eles têm a capacidade de

preservar vestígios coletados em cenas de crime, bem como amostras cedidas por indivíduos suspeitos. Essencialmente, seu propósito abrange tanto a aplicação na investigação de crimes quanto na identificação de indivíduos. Pois no contexto da investigação criminal, o processo envolve a coleta de amostras de evidências presentes em cenas de delito, que posteriormente são comparadas aos perfis genéticos dos suspeitos armazenados nos bancos. Simultaneamente, no âmbito da identificação civil, amostras obtidas de familiares de pessoas desaparecidas são preservadas para confrontação com amostras colhidas de corpos sem identificação ou de locais de crime. Isso possibilita uma abordagem abrangente, onde as informações genéticas podem ser cruzadas para fornecer esclarecimento tanto na resolução de crimes quanto na determinação de identidades (CORAZZA, CARVALHO, 2019).

Conforme a lei 12.654/12, condenados por crimes dolosos graves contra indivíduos ou enquadrados na Lei 8.072/90 serão obrigados a fornecer uma amostra de DNA para identificação do perfil genético. Isso é realizado de forma indolor e precisa por meio da extração de material biológico (BRASIL, 2012).

A porção de DNA utilizada para criar a impressão genética não contém informações além das necessárias para a identificação humana. Essa análise não pode revelar traços físicos, exceto para determinar o gênero, genoma humano e dados genéticos abrangentes. Além disso, os dados obtidos serão mantidos em sigilo, sujeitando-se a consequências civis, penais e administrativas para qualquer uso ou divulgação inadequada, contrária aos propósitos legais. É importante ressaltar que esses dados não incluem informações que revelem aspectos comportamentais das pessoas, sendo assim, sendo limitado apenas ao genótipo do indivíduo (MILLARD, 2015).

Durante anos, os indivíduos condenados puderam se recusar a fornecer amostras de DNA, alegando que não eram obrigados a produzir provas contra si, um princípio decorrente de garantias expressas no Artigo 5º da Constituição Federal de 1988, como o direito ao silêncio, a presunção de inocência, além da ampla defesa. Porém no presente caso, ao analisar cuidadosamente a identificação genética em relação aos princípios constitucionais, é possível observar que não ocorre violação do princípio da não autoincriminação, nem tampouco da presunção de inocência (FILHO, 2011).

Por outro lado, o Pacote Anticrime, elaborado com o objetivo de combater crimes organizados, violentos e de corrupção, propõe a criação de um banco de dados com informações multi biométricas, incluindo impressões digitais, íris, face e voz. Além disso, a proposta visa ampliar o alcance do Banco Nacional de Perfis Genéticos, permitindo a coleta de DNA de condenados por crimes graves e violentos no momento de sua entrada no sistema prisional. Com ele não será mais necessário esperar a conclusão do processo legal para obter a identificação do perfil genético por meio da extração de DNA (BRASIL, 2019).

A Lei de Execução Penal (Lei nº 7.210/1984) atualmente prevê a coleta de perfil genético apenas para condenados por crimes específicos, como crimes contra a vida, a liberdade sexual, crimes sexuais contra vulneráveis e crimes dolosos praticados com violência grave. Entretanto, no ano de 2023, a Comissão de Segurança Pública (CSP) aprovou um projeto de lei que estabelece a obrigatoriedade da extração do perfil genético de todos os indivíduos condenados por qualquer tipo de crime doloso assim que ingressarem na prisão (BRASIL, 2021).

O banco de dados proposto pretende abranger os condenados por crimes dolosos e hediondos, mesmo durante as fases de indiciamento ou de prisão processual, pois poderá

contribuir para resolução dos crimes investigados, bem como na identificação de possíveis delitos cometidos anteriormente pelos condenados. No entanto, é crucial abordar com cautela o uso de perfis genéticos em investigações criminais, apesar de ser uma ferramenta importante tanto na condenação quanto na exoneração de pessoas erroneamente acusadas, pois essa abordagem apresenta limitações que devem ser analisadas com cautela (CORAZZA; CARVALHO, 2019).

3.5 Método de Análise do Quimerismo

O diagnóstico de quimerismo é uma condição peculiar e desafiadora de ser identificada. Em sua maioria, essa condição não apresenta sinais fenotípicos evidentes, exceto em raras situações. Em todos os casos estudados, o quimerismo não parece estar presente em todos os órgãos examinados de um indivíduo, tornando a detecção ainda mais complexa (RAMOS; CUNHA, 2016).

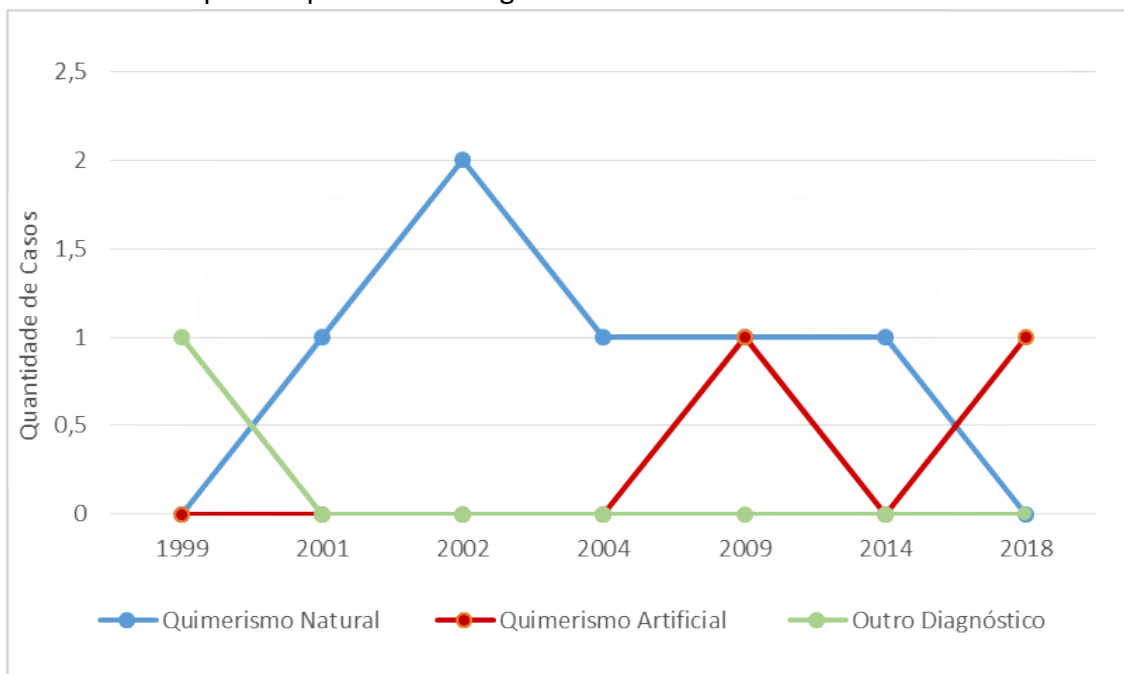
A ausência de evidência de quimerismo no sangue é um dos fatores que tornam a identificação dessa condição tão desafiadora. Isso ocorre porque cada quimera pode apresentar uma distribuição única de genomas diferentes pelo corpo. Portanto, a descoberta do quimerismo só é possível quando uma amostra de DNA é retirada de um órgão específico e submetida a análise (COSTA, 2016).

Devido à complexidade desse processo, não é comum procurar ativamente por indivíduos quiméricos. Na maioria das vezes, a identificação de quimeras ocorre por acaso ao longo da vida, muitas vezes em circunstâncias acidentais. O método mais apropriado para identificar pacientes quiméricos seria o sequenciamento completo de todos os cromossomos do corpo, uma vez que cada cromossomo contém genes que desempenham papéis cruciais na determinação das características e do comportamento do organismo (CUMINALE, 2016)

Embora o sequenciamento genético tenha marcado um importante avanço na medicina, ainda há a necessidade de decodificar mais genomas e tornar esse procedimento mais acessível. O primeiro mapeamento completo do genoma humano demandou um custo de aproximadamente 1 bilhão de dólares e levou cerca de 13 anos para ser concluído. No entanto, nos últimos dez anos, houve avanços significativos que possibilitaram que uma única pessoa completasse a sequência do genoma de um indivíduo em menos de um dia, a um custo muito mais acessível em comparação com o passado (CUMINALE, 2016; COSTA, 2016).

À medida que a tecnologia de sequenciamento genético continua a se aprimorar e se tornar mais econômica, o diagnóstico de quimerismo está experimentando avanços notáveis. Isso é claramente evidenciado no Gráfico 1, onde podemos observar como a compreensão do quimerismo e seu diagnóstico se tornaram cada vez mais precisos com o tempo, já que com as técnicas mais avançadas de análise de DNA e a disponibilidade de uma variedade de amostras de diferentes partes do corpo humano, agora que possuímos a capacidade de examinar de forma mais abrangente a presença de quimerismo em pacientes. Além disso, é interessante notar que a categoria de "outros diagnósticos" diminuiu à medida que melhores exames e obras acadêmicas mais detalhadas surgiram, destacando a importância do aconselhamento genético na prática profissional. Esses avanços na genômica e na análise de DNA têm o potencial de tornar o diagnóstico de condições relacionadas ao quimerismo ainda mais acessível e preciso no futuro (CUMINALE, 2016; COSTA, 2016).

Gráfico 1: Tipos de quimerismo diagnosticados entre os anos 1999-2018 no mundo.



Fonte: Adaptado de JUNIOR, 2021.

Um dos métodos empregados para a análise de quimerismo é a investigação dos chamados *short tandem repeats* (STRs). Os STRs, também conhecidos como microssatélites, são segmentos de DNA compostos por sequências repetidas de 3 a 7 pares de bases. Essas repetições variam em número e são utilizadas para identificar e nomear alelos distintos em diferentes regiões do DNA analisado. Os STRs se destacam por exibir uma notável heterozigosidade, apresentando grande variabilidade genética e sendo extremamente informativos quando se trata da singularidade genética humana (MERZONI, 2010).

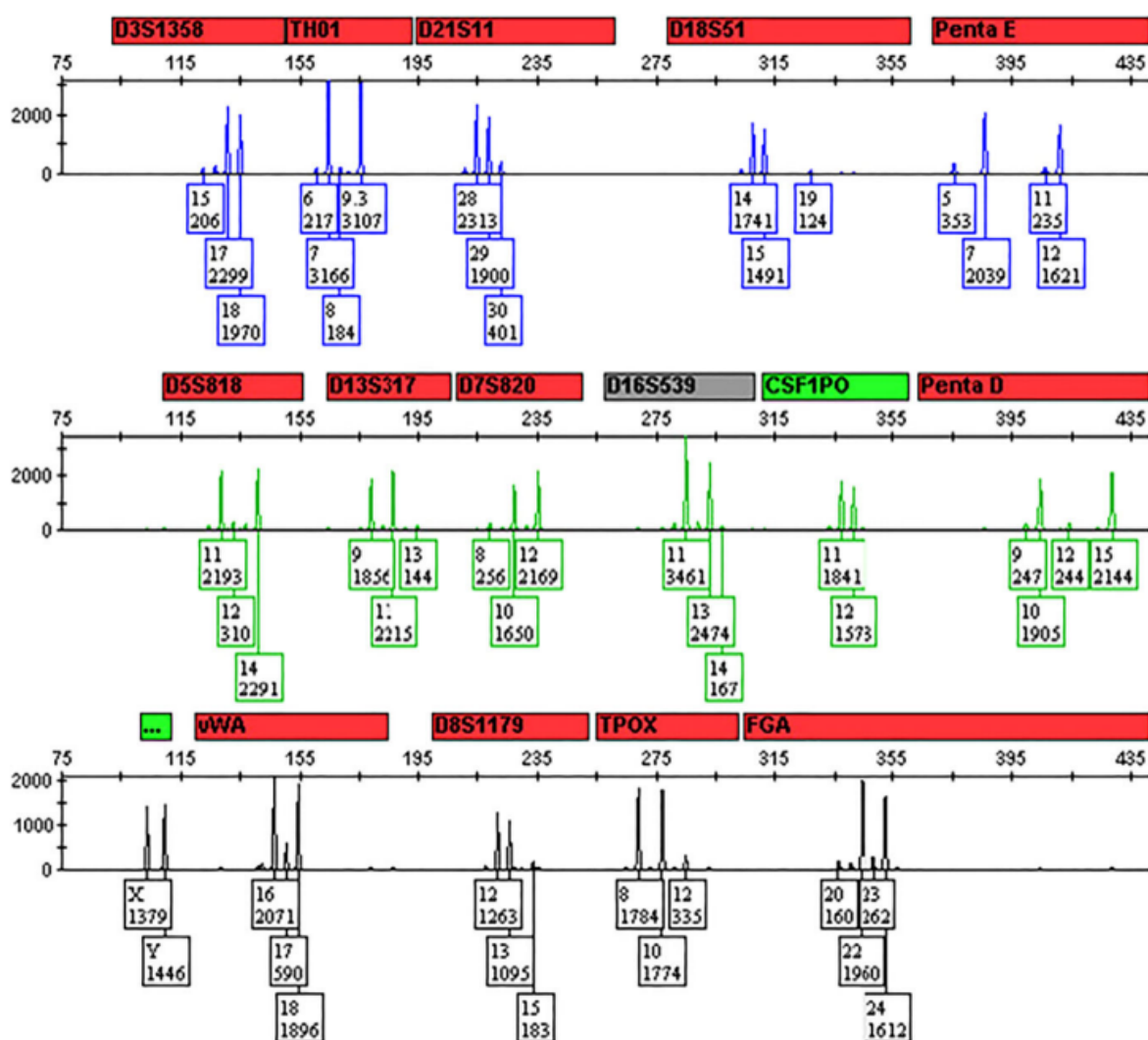
O estudo dos STRs é realizado através do uso da reação em cadeia de polimerase (PCR), uma técnica bastante utilizada, que foi revolucionária e que teve um impacto significativo na comunidade científica. Essa técnica permite a replicação controlada do DNA em laboratório, imitando o processo natural que ocorre no núcleo das células. A PCR tem a notável capacidade de clonar segmentos específicos do DNA e é extremamente sensível, podendo detectar até mesmo uma única molécula de DNA em uma amostra, desde que se conheça uma parte da sequência correspondente (ALBERTS et al., 2017).

Para determinar a quantidade de fluorescência de um alelo STR após a PCR, utilizamos um dispositivo chamado fluorímetro para escanear o gel de dimensionamento. Os resultados são então registrados em um gráfico chamado eletroferograma, que ilustra a separação dos fragmentos de DNA de forma visual. Para realizar o diagnóstico de uma quimera, é crucial encontrar mais de dois alelos em diferentes locais independentes. A identificação desses alelos adicionais é fundamental para confirmar o diagnóstico de uma quimera (WENK, 2018).

O gráfico de eletroferograma na Figura 1 mostra o DNA amplificado que contém os perfis STR de uma pessoa em uma proporção de 9:1. Os picos fluorescentes representam os

alelos amplificados dos STR. É possível distinguir dois perfis STR, um com picos mais altos e outro com picos mais baixos. Em casos forenses, esse tipo de gráfico é utilizado para comparar esses perfis com um perfil de referência para verificar se coincidem. No entanto, em casos de quimera, não é necessário distinguir esses perfis. O diagnóstico se baseia simplesmente em mostrar que existem mais de dois alelos em locais cromossômicos independentes. Se os picos dos STR de uma população estiverem tão baixos que não possam ser vistos, o diagnóstico de uma quimera pode ser perdido. Além disso, desequilíbrios nas concentrações de DNA de gêmeos dizigóticos podem causar erros na PCR, como inclusões de alelos, exclusões, e assim por diante (WENK, 2018).

Figura 1: Eletroferograma de um DNA.



Fonte: WENK, 2018.

Devido a essa sensibilidade, a PCR se tornou uma ferramenta valiosa na identificação humana, especialmente no contexto forense. Ela possibilita a análise de amostras desafiadoras, como aquelas que estão degradadas, contêm um traço mínimo de células ou vestígios. Essa capacidade de análise precisa e sensível torna a PCR uma aliada fundamental

na resolução de casos criminais e na obtenção de evidências cruciais (VAN OORSCHOT; BALLANTYNE; MITCHELL, 2010).

Contudo, é crucial entender que a análise de amostras de DNA não é uma questão puramente automática e objetiva. Ela envolve uma dose de julgamento por parte dos analistas forenses, sem que isso signifique necessariamente a ocorrência de autoritarismo. Esse elemento de julgamento na análise genética é importante para desmistificar a crença na infalibilidade do DNA, pois, se fosse considerada um processo estritamente objetivo, como a matemática, as únicas preocupações seriam relacionadas ao erro humano, o que está longe de ser a realidade (VAN OORSCHOT; BALLANTYNE; MITCHELL, 2010).

Além dos possíveis equívocos, como a contaminação de amostras, erros laboratoriais e outros fatores, é necessário levar em conta a complexidade das quimeras. Nas situações envolvendo quimeras, pode ocorrer que um DNA seja identificado em uma cena de crime, mas, ao realizar a análise de PCR, os resultados não coincidam com a amostra recolhida, uma vez que as quimeras possuem múltiplos conjuntos de DNA distintos. Isso pode levar a erros e injustiças no sistema criminal. Portanto, é fundamental reconhecer e lidar com a complexidade e as limitações da análise de DNA, a fim de garantir a justiça e a precisão no campo forense (CORAZZA & CARVALHO, 2019; SILVA, 2022).

3.6 Casos de Quimerismo

O primeiro caso conhecido de quimera humana ocorreu em 1953, na Inglaterra, quando uma mulher identificada como Mrs. McK realizou uma doação de sangue. Durante a análise do sangue doado, os técnicos descobriram a presença de dois tipos sanguíneos diferentes. Isso gerou grande preocupação e levou os especialistas a investigar minuciosamente todo o processo desde a coleta da amostra até o resultado final, mas não encontraram nenhuma irregularidade aparente (DUNSFORD, 1953).

Os médicos, intrigados com esse fenômeno inexplicável, decidiram buscar casos semelhantes no mundo animal e vegetal. Eles observaram situações em que gêmeos animais compartilhavam uma mistura de sangue e, relacionando isso ao caso de Mrs. McK, formularam a hipótese de que ela poderia ter tido um irmão ou irmã gêmea cujo sangue se misturou durante a gestação. Essa teoria foi amplamente aceita e estudada ao longo das décadas subsequentes, culminando na publicação do caso no *British Medical Journal*. No entanto, mais tarde, descobriu-se que a situação relatada realmente tinha ocorrido, confirmando assim a existência da primeira quimera humana registrada na história da medicina. Esse caso pioneiro abriu caminho para um maior entendimento das complexidades genéticas que podem ocorrer dentro de um único indivíduo (DUNSFORD, 1953).

3.6.1 O Caso de Lydia Fairchild

Em maio de 2002, um notável caso de quimerismo tetragamético ganhou destaque na mídia, envolvendo Lydia Fairchild, que estava grávida do terceiro filho e buscava assistência do governo de Washington para pensão alimentícia. No entanto, um teste de

DNA apontou seu companheiro, Townsend, como o pai das crianças, mas negou que Lydia fosse a mãe. Essa situação resultou na negação do pedido de pensão, acusações de fraude e aluguel de barriga, e no afastamento de seus filhos para abrigos do governo (ALPIZAR & MIRANDA, 2009; DARBY, 2021).

Lydia fez de tudo para provar sua maternidade, apresentando certidões de nascimento, fotos de sua gravidez e um relatório do ginecologista que a acompanhou durante os partos. No entanto, apesar da confiabilidade geralmente atribuída aos testes de DNA, as investigações persistiram até o juiz encarregado do caso tomar medidas adicionais, ordenando um novo exame de DNA imediatamente após o terceiro parto de Lydia, com amostras de sangue retiradas dela e do recém-nascido. Surpreendentemente, esse exame não confirmou que Lydia era a mãe (YU, 2002; ALPIZAR & MIRANDA, 2009; DARBY, 2021).

Nesse ponto, o advogado de Lydia encontrou um caso semelhante, o de Karen Keegan, e solicitou testes de DNA adicionais em várias partes do corpo de Lydia, bem como nos pais dela. Os resultados revelaram que o DNA da mãe de Lydia era compatível, mas as amostras de pele, cabelo e saliva de Lydia não coincidiam. O DNA encontrado no colo do útero de Lydia era completamente diferente das outras amostras de seu corpo. Esses resultados inusitados confirmaram que Lydia Fairchild era, de fato, uma quimera tetragamética, desafiando as expectativas e lançando luz sobre a complexidade da genética humana (YU, 2002; DARBY, 2021).

3.6.2 O Caso de Karen Keegan

O caso mencionado, que ocorreu em 1998 envolvendo Karen Keegan, é outro exemplo notável de quimerismo tetragamético. Karen precisava de um transplante e, para encontrar um doador compatível, os médicos realizaram exames de histocompatibilidade (HLA) em seus familiares, com base na análise de amostras de DNA. Porém os resultados iniciais do teste de DNA, utilizando a técnica STR, indicaram que Karen não poderia ser a mãe de seus dois filhos, apesar de os filhos compartilharem o DNA do pai. Essa descoberta desconcertante levou os médicos a questionar a origem de seus filhos, o hospital onde nasceram e até mesmo a possibilidade de Karen estar mentindo ou sofrendo de uma condição psicológica não reconhecida pela medicina (LUIZ, 2018)

Após extensas pesquisas, os médicos identificaram uma discrepância notável: um dos filhos de Karen tinha sangue tipo A, que correspondia ao tipo sanguíneo de Karen, enquanto o pai tinha tipo sanguíneo O. Para esclarecer o mistério, eles coletaram amostras de DNA de vários locais do corpo de Karen, incluindo saliva, cabelo, pele, tireóide e células da bexiga. Os resultados desses exames revelaram a presença de dois tipos diferentes de DNA em seu corpo: um em seu sangue e outro nas demais células. Isso confirmou que Karen Keegan era uma quimera humana do tipo tetragamético, portadora de duas espécies de DNA distintas em seu organismo (DARBY, 2021).

3.6.3 O Caso de Taylor Muhl

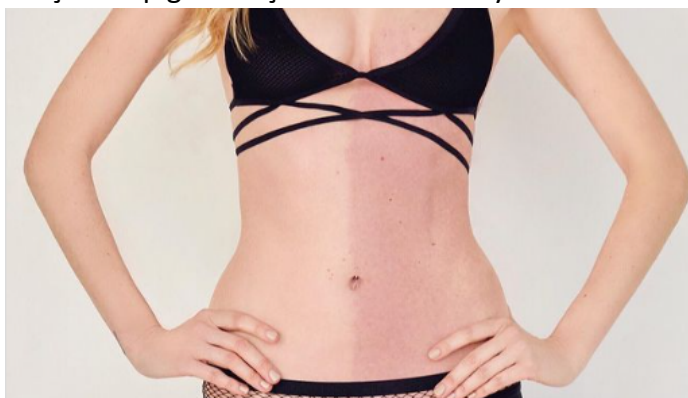
Um dos casos mais intrigantes que veio à tona em 2017 é o de Taylor Muhl, uma modelo natural da Califórnia. Desde o nascimento, Taylor carregou consigo uma distintiva divisão de pigmentação em seu dorso e ao longo de sua caixa torácica (Figura 2),

inicialmente considerada uma grande marca de nascença. No entanto, foi somente em 2009, após assistir a um documentário, que ela fez uma conexão surpreendente com essa característica marcante em seu próprio corpo, que a levou a escondê-la cuidadosamente em seu trabalho como modelo (KUBALA, 2020; CALAFATE, 2018).

Sua jornada em busca de respostas envolveu consultas médicas e uma série de exames extensivos. O resultado foi a revelação surpreendente de que Taylor é, de fato, uma quimera humana. Ela possui dois sistemas imunológicos distintos e coexistentes em seu corpo, acompanhados por dois tipos sanguíneos diferentes. O aspecto notável desse caso é a aparente "rejeição" do DNA de um sistema imunológico pelo outro, o que resulta em sintomas como baixa imunidade (CALAFATE, 2018; JUNIOR, 2021).

Além disso, Taylor relatou uma curiosa alergia a metais em um lado do corpo, enquanto o outro lado não apresenta essa sensibilidade. Este caso representa uma das primeiras instâncias documentadas que estabelecem uma conexão direta entre sintomas de saúde e a condição quimérica. Além disso, é o primeiro exemplo em que observamos uma manifestação fenotípica vinculada ao quimerismo, proporcionando uma visão mais profunda sobre a complexidade e as potenciais implicações médicas dessa notável peculiaridade genética. (KUBALA, 2020 ; JUNIOR, 2021).

Figura 2: Diferenciação da pigmentação do caso de Taylor Muhl.



Fonte: Adaptado de MUHL, 2019 (@taylormuhl)

3.6.4 Outros Casos de Quimerismo no Mundo

Um caso intrigante envolveu um bebê com genitália ambígua, desafiando as categorias tradicionais de gênero. A gravidez não foi resultado de fertilização in vitro, e uma ressonância magnética abdominal não detectou útero ou ovários. Durante o primeiro ano de vida, o bebê apresentou um desenvolvimento saudável, embora sua genitália fosse ambígua, com características internas masculinas, incluindo epidídimos e testículos bilaterais. Após a aprovação dos pais e do Comitê de Ética da Universidade de Saúde Fujita, no Japão, uma análise genética detalhada revelou duas linhagens cromossômicas no bebê, 46,XY e 46,XX, indicando um caso de quimerismo genético (KAWAMURA et al, 2020).

A origem desse quimerismo foi atribuída a um raro processo de partenogênese, no qual um oócito se dividiu em núcleos geneticamente idênticos, posteriormente fertilizados por espermatozoides portadores dos cromossomos X e Y. Notavelmente, a proporção da quimera variou em diferentes partes do corpo, criando incertezas sobre a exposição a

hormônios sexuais. Além disso, análises de marcadores genéticos específicos confirmaram a contribuição de dois alelos paternos distintos e um alelo materno duplicado, através de um mecanismo de quimerismo partenogenético. Este caso representa um dos raros exemplos de quimerismo partenogenético (KAWAMURA et al, 2020).

Em 2014, um casal em Washington, cujas identidades não foram reveladas, concebeu um filho por meio de fertilização in vitro. No entanto, após o nascimento, o tipo sanguíneo do bebê não correspondia ao de nenhum dos pais. Isso levou o casal a suspeitar que a clínica de fertilização in vitro poderia ter usado o esperma de outra pessoa (DOVEY, 2015).

Uma análise de DNA confirmou que o homem não era o pai biológico da criança, mas revelou uma compatibilidade suficiente para determinar que ele poderia ser, na verdade, o tio da criança. Os geneticistas logo identificaram que isso era um caso de quimerismo, onde o esperma usado na fertilização pertencia ao irmão gêmeo fraterno não nascido, que estava envolvido na fusão dos zigotos. Esse foi o primeiro caso de quimera humana divulgado relacionado à paternidade e destacou a complexidade e as surpreendentes reviravoltas que podem ocorrer na genética humana (DOVEY, 2015).

Em 2023, a novela "Travessia" abordou o quimerismo na televisão de maneira envolvente. Embora seja uma criação fictícia voltada para o entretenimento, a trama demonstrou de maneira convincente como a genética pode revelar surpresas inesperadas na vida das pessoas. Na novela a personagem Brisa é incapaz de estabelecer um vínculo genético com seu filho. Em dois testes de paternidade, ambos apontaram o personagem Ari como o pai de Tonho, filho de Brisa, mas não houve compatibilidade genética entre Brisa e a criança, a possibilidade de que ela tenha adotado o filho de outra parceira de Ari foi levantada. No entanto, esse cenário é considerado altamente improvável, especialmente devido às testemunhas presentes no nascimento da criança. Embora fictícia, a trama do quimerismo na novela levanta discussões relevantes sobre a responsabilidade e a ética envolvidas nos testes genéticos na vida real, e destaca como esse exemplo de diagnóstico complexo pode ter implicações sérias para o paciente e sua família, enfatizando a importância de procedimentos cuidadosos e orientação adequada no contexto dos testes genéticos (KODAMA, 2023; GURGEL, 2023).

Até o momento, no Brasil, não temos conhecimento de casos jurídicos relacionados à possibilidade da existência de quimeras. No entanto, em face das recentes descobertas, é crucial que os tribunais e especialistas em direito de família estejam cientes de que as evidências derivadas de exames de DNA não são infalíveis e podem ser questionadas. Essas revelações científicas destacam a necessidade de abordar com cautela o uso do exame de DNA como prova definitiva em questões de paternidade, maternidade e criminais, reconhecendo a complexidade da genética humana e mantendo o sistema legal preparado para acomodar cenários excepcionais que possam surgir no futuro (LUIZ, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto final, é fundamental destacar que os avanços científicos na área do DNA e genoma humano estão mudando a forma como encaramos questões médicas e legais. No entanto, esses avanços trazem desafios inesperados que exigem análises detalhadas e adaptação. O quimerismo, que é ainda um campo de pesquisa limitado, agora faz parte da nossa realidade científica, com implicações significativas para a medicina e a justiça.

A presença de múltiplos tipos de DNA em um único indivíduo levanta questões complexas, como identificação de paternidade e possíveis implicações criminais. Embora não tenham sido registrados casos de quimeras relacionadas a crimes, a falta de diagnóstico adequado pode ser a razão por trás desse cenário. Portanto, a capacidade de realizar testes de DNA que identifiquem o quimerismo se torna uma necessidade fundamental.

É importante enfatizar que a confiabilidade dos exames de DNA em si não está em questão. Eles continuam sendo uma ferramenta essencial tanto na prática médica quanto no sistema jurídico. No entanto, é essencial envolver especialistas geneticistas especializados na interpretação desses resultados, bem como considerar a possibilidade de novos exames quando necessário para confirmar a condição de quimera humana.

Além disso, o conhecimento sobre o quimerismo não deve ser limitado à comunidade médica. Suas implicações exigem uma divulgação clara e responsável para toda a sociedade. Simultaneamente, a falta de uma legislação específica que regule os procedimentos de exame de DNA no Brasil é uma questão que precisa ser enfrentada. A ausência de regulamentação pode comprometer a qualidade e confiabilidade dos exames, tornando essencial o estabelecimento de normas para assegurar a precisão dos resultados.

Reconsiderar a ideia de que o DNA é uma prova absolutamente infalível é fundamental, com atualizações imprescindíveis para alinhar os procedimentos de exame de DNA às descobertas científicas mais recentes, garantindo uma confiabilidade merecida, mesmo que não seja incontestável. Nesse contexto, no âmbito da perícia criminal, os biomédicos especializados em genética desempenham um papel crucial na compreensão e interpretação do quimerismo, contribuindo para a precisão dos resultados e promovendo avanços contínuos na genética forense. Sua expertise na identificação e análise de padrões genéticos complexos é essencial, assim como seu papel na divulgação do conhecimento sobre o quimerismo, educando outros profissionais envolvidos nas investigações e garantindo que as implicações dessa condição sejam devidamente reconhecidas no sistema de justiça.

REFERÊNCIAS

ALPIZAR, J. L.; MIRANDA, K. E. Quimerismo genético un nuevo paradigma para la medicina legal. **Medicina Legal de Costa Rica**, Heredia, v. 26, n. 2, p. 73-78, 2009. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152009000200005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 set. 2023.

ARAUJO, J. A. **Aplicações da genética forense no contexto da perícia criminal: uma revisão da literatura**. 2021. Monografia, Centro Universitário UNIFG. Guanambi, Bahia. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/21366> Acesso em: 10 abr. 2023

BERNET, M. B. O papel das evidências na investigação do crime de homicídio. Dilemas: **revista de estudos de conflito e controle social**, Universidade de Brasília, Brasília- DF, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/dilemas/article/view/7262/5842> Acesso em: 26 mar. 2023

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1496, de 2021**. Altera o art. 9º-A da Lei nº 7.210, de 11 de julho de 1984, Lei de Execução Penal, para dispor sobre a identificação do perfil genético de condenados. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2384674> Acesso em: 13 set. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei n.º 12.654, de 28 de maio de 2012**. Altera as leis n.º 12.037, de 1.º de outubro de 2009, e n.º 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12654.htm. Acesso em: 16 ago. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria-Geral. **Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019**. Lei que Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13964.htm. Acesso em: 16 ago. 2023.

CALAFATE. L. Sexo & Género, **Revista de Ciência Elementar**, V. 6(03):059. 2018. DOI: doi.org/10.24927/rce2018.059 Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/117738/2/296063.pdf> Acesso em: 04 out. 2023.

CARRILHO, J. S. **O DNA: a molécula da vida**. Educação on-line – PUC Rio. Revista do Programa de Pós-Graduação. n. 18. Brasil, 2015. Disponível em: <http://educacaoonline.edu.puc-rio.br/index.php/eduonline/article/view/139/pdf> Acesso em: 21 de ago. 2023.

CARVALHO, L. C. **A utilização de exames de DNA como forma de garantia de direitos fundamentais no Processo Penal**. Monografia. Universidade de Brasília – Faculdade de Direito, Brasília, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/06075233105/Downloads/A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20exames%20de%20DNA%20como%20forma%20de%20garantia%20de%20direitos%20no%20processo%20penal.pdf> Acesso em: 21 ago. 2023.

CASTELLA, V., LESTA, M. & MANGIN, P. One person with two DNA profiles: a(nother) case of mosaicism or chimerism. **International Journal Legal Med**, Lausanne, v.123, p. 427–430, fev 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-009-0331-1> Acesso em: 29 mar. 2023

CORAZZA, T., CARVALHO, G. A Falibilidade da prova genética como prova pericial e a necessária relativização de seu valor absoluto. **Revista Jurídica Cesumar**, v. 19, n. 3, p. 799-822, set/dez 2019. DOI: [10.17765/2176-9184.2019v19n2p799-822](https://doi.org/10.17765/2176-9184.2019v19n2p799-822) Acesso em: 10 abr. 2023

CORDEIRO, A. M. et al. Revisão Sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias**, Rio de Janeiro, v.34, n. 6, p. 428-431, dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcbc/a/CC6NRNtP3dKLgLPwcmV6Gf/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 12 jul. 2023.

COSENZA, F. O.; MEDA. R. V.; QUINTANNILHA. E. A. M. Complicações genéticas: Realidade capaz de violar o princípio a dignidade da pessoa humana e o direito fundamental do reconhecimento da verdade genética e biológica do indivíduo. **I Encontro Virtual do CONPEDI**, Florianópolis, Brasil, p.165-183, 2020. Acesso em: 15/08/2023 Disponível em: <http://site.conpedi.org.br/publicacoes/olpbq8u9/zns9a410/25vc2SVP4O7nvzV2.pdf>

COSTA. C, O. **Multiplicidade genética e quimerismo em seres humanos**: as incertezas no exame de DNA e seu status de prova pericial absoluta, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2016. Acesso em: 11 set. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/42665>. Acesso em: 21 ago. 2023.

CUMINALE, N. **Dr. DNA: Hospital americano passa a usar sequenciamento genético no tratamento dos pacientes**. Revista Veja eletrônica, Editora Abril. 2016. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/saude/dr-dna-hospital-americano-passa-a-usar-sequenciamento-genetico-no-tratamento-dos-pacientes/>. Acesso em: 18 set. 2023.

DARBY, A. **O caso de Lydia Fairchild e seu quimerismo** (2002). A Enciclopédia do Projeto Embrião. 2021. Disponível em: <https://embryo.asu.edu/handle/10776/13270>. Acesso em: 04 out. 2023

DOVEY, D. Human Chimera: Paternity Test Reveals Child Fathered By Long Lost 'Vanished Twin' Absorbed In The Womb. **Medical Daily**, 2015. Disponível em: <http://www.medicaldaily.com/human-chimera-paternity-test-reveals-child-fathered-long-lost-vanished-twin-absorbed-359050>. Acesso em: 26 set. 2023.

DUNSFORD, I. et. al. A human blood group chimera. **Br Med J**, v. 2, n. 4827, p. 81, 1953. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2028470/pdf/brmedj03398-0033.pdf> . Acesso em: 26 set. 2023.

FILHO, W. M. **O princípio e a regra da não auto-incriminação. Os limites do nemo tenetur se detegere**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Direito da Universidade Federal de Uberlândia. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13178/1/Diss%20w.pdf> Acesso em: 04 set. 2023.

FORBES, W. T., **The Investigation of Crime**. Nova York: Kaplan, 2008

FRANÇA, G. V. **Medicina Legal**. Editora: Guanabara Koogan, 8 ed. 2008. Disponível em: file:///C:/Users/06075233105/Downloads/Medicina_Legal_Genival_Veloso_de_Franca.pdf

GRANZEN, R. R. **The Human Chimera: Legal Problems Arising from Individuals with Multiple Types of DNA.** Law School Student Scholarship, 2014. Disponível em: https://scholarship.shu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1485&context=student_scholarship Acesso em: 27 mar. 2023

GURGEL, Y. **Quimerismo: conheça a condição que afeta Brisa, personagem de Travessia.** Metrópoles. 2023. Disponível em: <https://www.metropoles.com/saude/quimerismo-conheca-condicao-que-afeta-brisa-personagem-de-travessia> . Acesso em: 17 out. 2023.

JIMENEZ, I. A. et al. Implicaciones médico legales del Quimerismo. **Medicina Legal de Costa Rica.** v. 32, n. 1, pág. 102-108, mar. 2015. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152015000100011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 28 de agosto de 2023.

JUNIOR, J. O. A. et al. Conduta profissional com relação a pacientes com patologias genéticas e seu impacto no diagnóstico: foco na análise de indivíduos com quimerismo. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v.4, n.6, p. 24739-24749. 2021. Disponível em: [file:///C:/Users/06075233105/Downloads/39458-98869-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/06075233105/Downloads/39458-98869-1-PB%20(3).pdf) . Acesso em: 04 out. 2023.

JUNIOR, E. F.; MOURA L. C. L. A importância dos arcos dentários na identificação humana. **Revista Brasileira de Odontologia.** Rio de Janeiro, v. 71, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revista.aborj.org.br/index.php/rbo/article/view/488>. DOI: 10.18363/rbo.v71i1.488 Acesso em: 17 ago. 2023.

KAWAMURA, R. et al. A case of a parthenogenetic 46,XX/46,XY chimera presenting ambiguous genitalia. **Journal of Human Genetics**, 705–709, 2020. <https://doi.org/10.1038/s10038-020-0748-4> Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s10038-020-0748-4#citeas>. Acesso em: 17 out. 2023.

KODAMA, F. **O que é quimerismo? Entenda a rara condição genética abordada em 'Travessia'.** Gshow/Globo. 2023. Disponível em: <https://gshow.globo.com/moda-e-beleza/noticia/o-que-e-quimerismo-entenda-a-rara-condicao-genetica-abordada-em-travessia.ghtml>. Acesso em: 17 out. 2023

KUBALA, N. Mosaics, **Autoimmune diseases and Vanishing twins: Genetic Chimerism.** Yorsciences. 2020. Disponível em: <https://yorsciences.wordpress.com/2020/12/14/mosaics-autoimmune-diseases-and-vanishing-twins-genetic-chimerism/> Acesso em: 04 out. 2023.

LUIZ, L. F. **As quimeras humanas e a questão do DNA como prova irrefutável na filiação.** Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário de Brasília -UniCEUB Faculdade de Ciências Jurídicas Sociais - FAJS, Brasília, 2018; Disponível em:

<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/12512/1/211274334%20Luciene%20Luz.pdf> Acesso em: 10 ago. 2023.

MERZONI, J. **Análise de STRs e quantificação de quimerismo misto no pós-transplante de células tronco hematopoiéticas**: uma ferramenta diagnóstica que permite uma conduta clínica antecipada. Trabalho de Conclusão da Disciplina Estágio. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2010.

MILLARD, G. H. **Aspectos científicos, técnicos, éticos e legais do DNA forense**. Tese (Doutorado) - UFSCar, São Carlos, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/06075233105/Downloads/ASPECTOS%20CIENCIA%20E%20LEGAIS%20DO%20DNA.pdf> Acesso em: 18 ago. 2023.

MUHL, T. **I was born with a rare genetic condition called Chimerism**. Califórnia, 26 set. 2019. Instagram: @taylormuhl. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/B248UOjHmCP/?igshid=MzRIODBiNWFIZA==>. Acesso em: 04 out. 2023.

RAMOS, A. V.; CUNHA L. R. Um outro eu: o caso das quimeras humanas. **Revista de Bioética y Derecho**. n.38, Brasil, 2016. Disponível em: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872016000300008&lng=es. <https://dx.doi.org/10.1344/rbd2016.38.17048>. Acesso em: 16 ago 2023.

SANTOS, M. D. **Marcadores Inserção/Deleção na quantificação de quimerismo hematopoiético**. 2018. Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17135/tde-30052019-163658/publico/MARCELADAMBROWSKIDOSANTOS.pdf>. DOI:10.11606/T.17.2019.tde-30052019-163658. Acesso em: 16 ago 2023.

SILVA, A. P. B. **Utilização do DNA forense como ferramenta auxiliar na compreensão de temas básicos da genética mendeliana e molecular**. Tese (Mestrado)- Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/49628/1/DISSERTA%20c3%87%20c3%83%20c3%82%20na%20Patr%20adcia%20Bevenuto%20da%20Silva.pdf> Acesso em: 21 ago. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/2041-2223-1-14>

VAN OORSCHOT, R. A. H.; BALLANTYNE, K. N.; MITCHELL, R. J. **Forensic trace DNA: a review**. Investigative Genetics, London, v. 1, n. 1, 2010. Disponível em: <https://investigativegenetics.biomedcentral.com/articles/10.1186/2041-2223-1-14> Acesso em: 18 set. 2023.

WENK, R. E. A review of the biology and classification of human chimeras. **Transfusion**. 2018. Disponível em: <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1111/trf.14791> doi:10.1111/trf.14791 Acesso em: 07 nov. 2023.

YU, N. et al. Disputed maternity leading to identification of tetragametic chimerism. **The New England journal of medicine** vol. 346, 2002. doi:10.1056/NEJMoa013452. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12015394/>. Acesso em: 26 set. 2023.