

Análise do DNA de toque no contexto forense: vantagens e limitações

Touch DNA Analysis in Forensics: advantages and limitations

Juliany Barreto Kisberi¹, Cintia Fridman²

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2770.v29i2e-232173>

Kisberi JB, Fridman C. Análise do DNA de toque no contexto forense: vantagens e limitações. Saúde, Ética Justiça (Online). 2024;29(2):e-232173.

RESUMO: O avanço das técnicas de Genética Forense tornou viável a análise de amostras contendo baixa qualidade e quantidade de DNA, gerando perfis genéticos formados por marcadores do tipo STR autossômicos. Dentre as amostras com essas características há o DNA de toque, o qual se refere ao material genético depositado via contato com uma superfície ou objeto. Sua análise é especialmente relevante na presença de impressões digitais com reduzida integridade e baixo nível de detalhamento, que impossibilita a avaliação por meio da papiloscopia. A transferência do DNA de toque pode ocorrer diretamente (*i.e.* transferência primária), resultante do contato direto entre depositador e superfície, ou indiretamente (*i.e.* transferência secundária), a qual envolve um vetor intermediário. A transferência secundária pode dificultar a interpretação dos perfis genéticos, uma vez que frequentemente resulta em misturas de DNA de múltiplos indivíduos. Diversos fatores podem influenciar a deposição do DNA de toque, como o *shedder status*, correspondente à variação interindividual, que pode ser afetado por idade, sexo, doenças de pele e hábitos pessoais. Ademais, variáveis como o tipo de superfície, o tempo decorrido desde a higienização das mãos e a natureza do contato também podem influenciar na deposição e recuperação do DNA de toque. A origem do DNA depositado pode incluir células da pele das mãos, além de material genético advindo de outras regiões do corpo, como fluidos corporais (*e.g.* sebo e saliva). Pesquisas nessa área ressaltam a importância de compreender as variáveis que afetam a deposição e recuperação do DNA de toque, visando aprimorar as práticas forenses e a interpretação dos resultados obtidos para auxiliar as investigações criminais.

PALAVRAS-CHAVE: DNA de toque; Genética Forense; Repetições de Microssatélites; Perfil Genético; Polimorfismo Genético.

¹ Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, Departamento de Medicina Legal, Bioética, Medicina do Trabalho e Medicina Física e Reabilitação, São Paulo, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3658-4223>

² Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, Departamento de Medicina Legal, Bioética, Medicina do Trabalho e Medicina Física e Reabilitação, São Paulo, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2430-4888>

Endereço para correspondência: Cintia Fridman. E-mail: cfridman@usp.br

INTRODUÇÃO

A terminologia “forense” foi originalmente utilizada como um adjetivo para descrever algo que pertence ou pode ser aplicado nos tribunais¹. Desse modo, a expressão passou a ser empregada na ciência para indicar a utilização de conhecimentos científicos na resolução de questões legais, tanto na esfera criminal (*e.g.* roubos e homicídios) como na cível (*e.g.* estes de paternidade). Dentre as diversas áreas que compõem as nomeadas Ciências Forenses, salienta-se o importante papel da Genética Forense, cuja aplicação de métodos de biologia molecular permitiu a obtenção de perfis genéticos que podem ser utilizados na identificação humana, contribuindo para a elucidação acerca da autoria e materialidade do crime em investigações criminais, assim como na identificação de vítimas de desastres em massa e restos mortais sem identificação, e em casos de testes de paternidade e outros vínculos genéticos. Em razão do progresso tecnológico e dos marcadores genéticos disponíveis², a Genética Forense tem ganhado especial notoriedade nos últimos vinte anos^{3,4}. Existem variados tipos de materiais biológicos que são frequentemente encontrados em situações criminais e que podem ser utilizados para análises genéticas, elevando a possibilidade de aplicação das técnicas estabelecidas no campo da Genética Forense. Destarte, os vestígios biológicos encaminhados para testes de DNA, quando coletados e analisados adequadamente, podem ser fundamentais para orientar as investigações criminais ou confirmar suas hipóteses, tendo impacto direto na conclusão de culpa ou inocência de suspeitos.

A despeito da molécula de DNA ser atualmente objeto de numerosos estudos e de ser amplamente empregada no âmbito forense, somente após as pesquisas conduzidas por Hershey e Chase⁵ em 1952, que revelaram o DNA como constituinte dos genes, e por Watson e Crick⁶ em 1953, que elucidaram sua estrutura, tornou-se possível compreender a complexidade dessa molécula e suas potenciais aplicações na ciência. Essas descobertas apontavam para o início de uma nova era nas análises de amostras biológicas, sendo seguidas por outros estudos que permitiram que as técnicas utilizadas até a década de 1980 para fins de individualização (*e.g.* sorologia) fossem substituídas ou complementadas, possibilitando não somente a exclusão de indivíduos, mas também a identificação destes. A partir dos estudos realizados pelo geneticista britânico Alec J. Jeffreys e colaboradores, em 1985, sobre a identificação humana por meio de polimorfismos genéticos⁷ e sua aplicação na área forense⁸, a genética passou a ser amplamente aplicada para a resolução de questões legais. Após a realização de suas descobertas, a polícia do Reino Unido solicitou ao professor Jeffreys que realizasse o

perfilamento genético das amostras coletadas na cena do crime de estupro e assassinato de Dawn Ashworth de 15 anos, o que resultou na condenação de Colin Pitchfork e na absolvição do suspeito Richard Buckland⁹. Esse marco inaugura a utilização dos polimorfismos genéticos como uma ferramenta de identificação em investigações forenses.

Diante do exposto, é importante destacar o conceito de polimorfismos genéticos, os quais são importantes para a identificação humana e para outras aplicações científicas, como a análise de ancestralidade e a avaliação de risco de desenvolvimento de determinadas doenças. Ao segmento de DNA que se encontra em um local específico no cromossomo é atribuído o termo *locus*, o qual pode conter um ou mais genes¹⁰. Diversos genes podem apresentar um alelo predominante único (*i.e.* tipo selvagem), enquanto outros genes podem apresentar alelos variantes ou mutantes¹⁰, que podem ser polimorfismos. Um *locus* é considerado polimórfico quando a frequência do alelo variante é superior a 1% na população analisada¹⁰. Apesar de cerca de 99,9% das sequências de nucleotídeos que compõem o genoma humano convergirem entre os indivíduos, o restante delas é formado por regiões que diferem entre as pessoas, as quais são conhecidas como regiões polimórficas. Esses polimorfismos tornam cada indivíduo geneticamente único, o que permite a identificação por meio do DNA, excetuando-se os gêmeos monozigóticos.

A partir da descoberta realizada por Alec J. Jeffreys, os polimorfismos genéticos começaram a ser utilizados no contexto forense. Atualmente, os polimorfismos conhecidos como *Short Tandem Repeats* ou Repetições Curtas em Tandem (STR) são o padrão-ouro usado na identificação humana. Os STR, ou microssatélites, são formados por segmentos de DNA compostos por unidades de 2 a 8 pares de bases, que se repetem em sequência várias vezes. O polimorfismo desse marcador se dá na diferença no número de repetições que ocorrem em cada alelo (Figura 1). Em virtude de seu tamanho diminuto, os marcadores STR mostraram-se vantajosos na resolução de casos forenses, permitindo a obtenção de perfis genéticos úteis mesmo em amostras com quantidade reduzida de DNA ou com um DNA de baixa qualidade (como, por exemplo, DNA com certo grau de degradação)^{4,11}.

A análise genética é realizada por meio de kits comerciais que permitem a avaliação de diversos marcadores STR simultaneamente, a fim de aumentar o poder de discriminação de perfis genéticos obtidos de amostras biológicas de indivíduos distintos. O elevado grau de discriminação proporcionado pelos kits comerciais de STR autossômicos permite a identificação individual, uma vez que a probabilidade de ocorrer a combinação exata do perfil genético de dois indivíduos diferentes é extremamente baixa, exceto no caso de

gêmeos monozigóticos. O perfil genético é obtido a partir de um gráfico (*i.e.* eletroferograma) formado por picos que representam os alelos em cada um dos marcadores. Em cada marcador, o indivíduo apresenta dois alelos, os

quais podem ser diferentes, caracterizando heterozigose, ou iguais, indicando homozigose. A Figura 2 exemplifica um perfil genético de STR autossômico de um indivíduo do sexo masculino (XY).

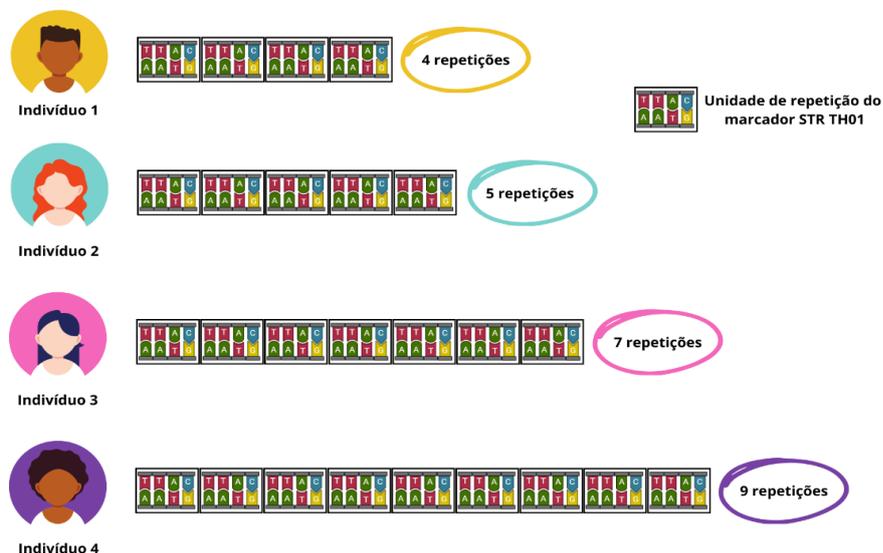
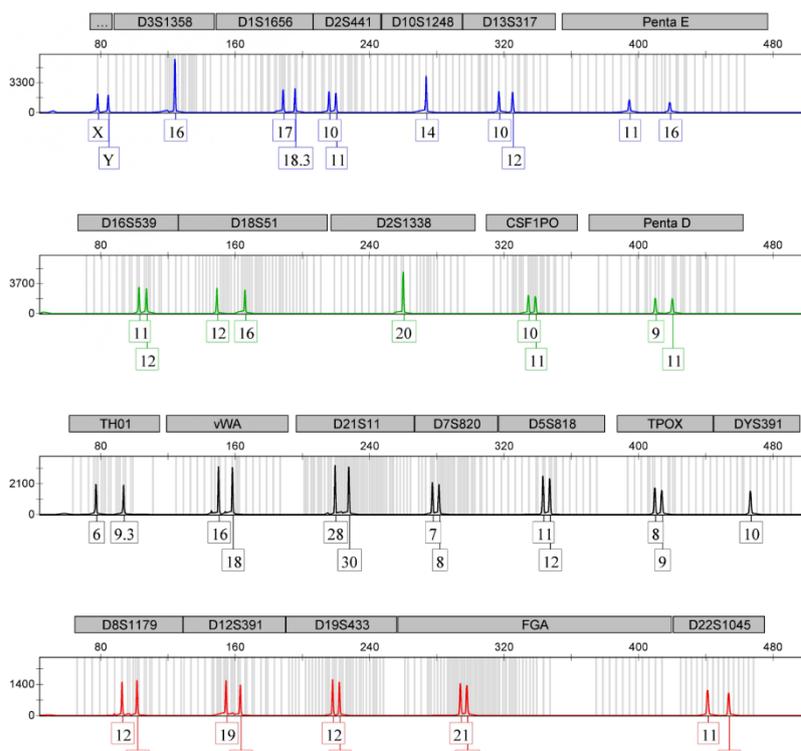


Figura 1 - Exemplo comparativo entre indivíduos com diferentes quantidades de unidades de repetição em um alelo para o marcador STR TH01



Fonte: Laboratório de Genética (LIM40-HCFMUSP)

Figura 2 - Exemplo de perfil genético de um indivíduo do sexo masculino. A seta verde indica presença de homozigose para o marcador D10S1248 (alelos 14, 14), e a seta vermelha indica heterozigose para o marcador vWA (alelos 16, 18)

Devido à sua alta variabilidade e tamanho, os STR foram os marcadores escolhidos para criação dos bancos de dados genéticos voltados para a resolução de casos forenses. Perfis genéticos de diferentes categorias podem ser incluídos nesses bancos, como aqueles pertencentes a condenados por crimes hediondos, a pessoas desaparecidas e seus familiares, vestígios e restos mortais não identificados. Os bancos de perfis genéticos permitem que uma amostra cujo doador é conhecido (*i.e.* amostra-referência) seja comparada com amostras cujo doador é desconhecido (*i.e.* amostra questionada), possibilitando, por exemplo, a associação de um indivíduo de interesse a uma cena de crime.

O *Combined DNA Index System* ou Sistema Combinado de Índices de DNA (CODIS), desenvolvido pelo Federal Bureau of Investigation (FBI), é o software utilizado em grande parte dos países para conexão dos perfis genéticos em âmbito local, estadual e nacional⁴. Existem inúmeros benefícios relativos à utilização do sistema, destacando-se o aumento da intercambialidade das informações em termos nacional e internacional^{4,12}.

No Brasil, o Decreto nº 7950/2013 regulamentou a criação do Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG) e instituiu oficialmente a Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG) com a finalidade de propiciar o compartilhamento e a comparação de perfis genéticos. Elaborada pelo Ministério da Justiça e pelas Secretarias de Segurança Pública Estaduais, a RIBPG garante a possibilidade de intercâmbio de perfis genéticos entre os diversos laboratórios periciais do Brasil, possibilitando o confronto de dados para a busca de coincidências que permitam relacionar suspeitos a locais de crimes e diferentes locais de crimes a um mesmo suspeito, assim como a identificação de pessoas desaparecidas. Para isso, laboratórios que atendem aos critérios de admissibilidade estabelecidos no Manual de Procedimentos Operacionais da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos enviam os perfis obtidos para o Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG), onde são feitos os confrontos em âmbito interestadual com perfis gerados pelos laboratórios de genética forense que compõem a RIBPG, bem como com perfis encaminhados por outros países por meio da International Criminal Police Organization (Interpol)¹³. O BNPG opera nos mesmos moldes do banco americano, utilizando o software CODIS, cedido ao Brasil pelo FBI por meio de acordo de cooperação.

A partir da aprovação da Lei 12.654/2012, foi possível estabelecer normas que permitem a coleta de indivíduos para alimentar o banco de perfis genéticos brasileiro. Essa lei, por meio da modificação em outras duas, fez com que a coleta de DNA fosse possível em algumas situações: a modificação da Lei 12.037/2009 (Lei de Identificação Criminal) permite o uso de DNA para fins de identificação criminal, mediante ordem judicial, nos casos em que seja essencial às investigações;

a modificação da Lei 7.210/1984 (Lei de Execução Penal) permite a coleta compulsória de material biológico de todo condenado pelos crimes previstos no Art. 9º-A¹⁴.

DESENVOLVIMENTO

DNA de toque e a identificação humana

Os perfis genéticos podem ser obtidos a partir de diferentes materiais biológicos, como sangue, sêmen e tecidos, os quais costumam apresentar elevadas quantidades de DNA e alto grau de integridade. Contudo, o aumento da sensibilidade das técnicas científicas aplicadas no contexto da Genética Forense permitiu que amostras com reduzida qualidade e/ou quantidade de DNA também sejam fontes viáveis de material genético para a identificação humana. Isto posto, com base na pesquisa de van Oorschot e Jones¹⁵, tornou-se possível a recuperação de DNA depositado por meio do contato da pele com objetos e superfícies, nomeado DNA de toque (*i.e.* *touch DNA*), o qual é caracterizado por baixa qualidade e quantidade de material genético quando comparado a outros tipos de amostras biológicas.

Considerando que superfícies ou objetos manipulados são comumente encontrados em locais de crime, sua análise para identificação humana através do DNA¹⁶ possui potencial para fornecer elementos probatórios relevantes para as investigações forenses. Apesar da utilidade da técnica de identificação humana por DNA de toque, sua aplicação recente e a necessidade de aprofundar a compreensão dos fatores que afetam sua análise podem dificultar sua preferência em relação a técnicas consolidadas, como as da papiloscopia forense. No entanto, a análise de DNA de toque não surgiu com a finalidade de tornar-se um método substitutivo à papiloscopia, mas consiste em um método alternativo para situações nas quais a individualidade das papilas dérmicas não pode ser confirmada na amostra questionada devido ao elevado grau de degradação, que gera impressões digitais com reduzida integridade e baixo nível de detalhamento, impossibilitando a análise através do padrão convencional de comparação^{17,18}.

Alguns estudos indicam que a prática da análise genética posterior à análise papiloscópica é factível¹⁹⁻²⁹, representando uma possibilidade a ser aplicada nas investigações criminais. Entretanto, atualmente, as duas técnicas não são utilizadas de maneira complementar na rotina forense, sendo necessário escolher o melhor método a ser empregado, de acordo com o contexto. A decisão deve ser embasada na avaliação de aspectos como a integridade das impressões digitais, a disponibilidade de bancos de perfis genéticos em âmbito regional, estadual e/ou nacional, e a natureza da superfície de deposição, que podem influenciar na recuperação do material genético depositado via toque^{17,30-32}.

Tipos de transferência do DNA de toque

Há dois modos de transferência do DNA para uma superfície ou objeto: a transferência primária ou direta e a transferência secundária ou indireta³³⁻³⁷. A transferência primária ocorre quando o indivíduo deposita diretamente o seu DNA na superfície ao tocá-la³⁸⁻⁴¹. Em contrapartida, a transferência secundária exige a existência de um indivíduo ou objeto intermediário (*i.e.* vetor) que permite a transferência do DNA de um terceiro que não entrou em contato direto com a superfície a partir da qual o material genético foi recuperado^{36,41-45}.

Inicialmente, a existência da transferência secundária foi questionada⁴⁶, todavia, estudos posteriores confirmaram a sua ocorrência⁴⁷⁻⁴⁹. A presença de transferência secundária em situações forenses tende a implicar a obtenção de perfis genéticos de mistura, nos quais há a presença de picos alélicos advindos de mais de um indivíduo, o que pode dificultar a interpretação dos resultados⁵⁰.

Variáveis relativas à deposição do DNA de toque

As pesquisas acerca do DNA de toque buscam responder às questões relativas aos métodos de coleta, processamento e interpretação dos perfis genéticos⁵⁰⁻⁵⁸, bem como aos fatores que influenciam sua deposição e recuperação^{45,59-67}.

O *shedder status* ou *shedder type* tem sido alvo de diversos estudos da comunidade científica. O termo foi empregado pela primeira vez na pesquisa de Lowe *et al.*⁶⁸ e se refere à variação interindividual da capacidade de depositar DNA, sendo os doadores classificados, de maneira geral, entre bons e maus doadores^{16,41,48,49,69-72}.

A partir do *shedder status*, outros fatores passaram a ser estudados como possíveis fontes de variação interindividual, como o sexo, a idade, a preexistência de doenças de pele, a superfície de deposição e os hábitos pessoais.

A influência do sexo sobre a capacidade de deposição dos indivíduos diverge na literatura. De acordo com Lowe *et al.*⁶⁸, o sexo é um fator irrelevante para a deposição de DNA de toque; entretanto, outras pesquisas apontam que existe influência do sexo na capacidade de deposição¹⁸, sendo os indivíduos pertencentes ao sexo masculino melhores doadores do que aqueles do sexo feminino^{41,44,49,70,73,74}.

Tendo em vista que a fisiologia da pele se altera com o avançar da idade, tanto no sexo masculino como no feminino, a quantidade de células deixadas por meio da deposição pode sofrer variações devido ao envelhecimento. Segundo Poetsch *et al.*⁷⁵, a idade é um fator que influencia a capacidade de depositar DNA, pois em seu estudo, indivíduos com idade superior a 70 anos demonstraram ser maus doadores, enquanto crianças

foram classificadas como bons doadores. No entanto, a análise das faixas etárias intermediárias não forneceu resultados que corroborassem a hipótese de influência da idade sobre a deposição, indicando que apenas as idades extremas seriam discrepantes entre si. Outros trabalhos, como o de Zoppis *et al.*⁶⁰, também apontaram para diferenças relativas a idades extremas, uma vez que uma participante de 60 anos não forneceu nenhum resultado na avaliação de transferência secundária de DNA ao ser tocada por um vetor intermediário. Dentre os estudos publicados acerca do tema, destaca-se o de Manoli *et al.*⁴⁴, o qual buscou estabelecer associação entre a idade, o sexo e o *shedder status* a partir de uma análise estatística formal. A pesquisa indicou que os homens mais jovens possuem maior capacidade de deposição do que os homens mais velhos. Ademais, a análise dos resultados obtidos através da deposição de DNA de toque por indivíduos do sexo feminino apontou a inexistência de correlação sexo-idade para esse grupo.

Outrossim, a taxa de proliferação do tecido epitelial é um importante fator a ser avaliado, uma vez que está relacionada ao número de células epiteliais que descamam⁵⁹. Tal taxa pode ser afetada por idade, sexo, diferenças na estrutura da pele ou doenças de pele específicas (*e.g.* psoríase e dermatite atópica)⁵⁹. Como demonstrado pelo estudo de Kamphausen *et al.*⁵⁹, dermatites localizadas nas mãos aumentam a quantidade de células deixadas na superfície após contato, permitindo a obtenção de perfis genéticos com melhor qualidade, sobretudo quando a deposição foi realizada por indivíduo não tratado. A pesquisa teve como resultado maior quantidade de maus doadores no grupo-controle (*i.e.* indivíduos saudáveis) do que no grupo de voluntários diagnosticados com doença de pele.

Além disso, a forma de deposição do DNA de toque deve ser considerada, na medida em que pode influenciar na quantidade de material genético depositado na superfície. Warshauer *et al.*⁴³ e Olewi *et al.*¹⁷ demonstraram que a deposição é favorecida pelo contato realizado pelos dedos das mãos em comparação com o toque por meio das palmas das mãos, o que pode ser ocasionado pela transferência de material genético de outras áreas corporais, a partir de fluidos como sebo e suor^{60,61}. O tamanho dos dedos também é uma variável relevante nesse contexto, posto que quanto maior a superfície de contato, maior quantidade de DNA tende a ser recuperada, sendo os polegares melhores fornecedores de DNA do que os dedos mínimos⁷⁶, o que poderia justificar diferenças relativas ao sexo.

Dentre os diversos fatores extrínsecos ao indivíduo, o tipo de superfície de deposição é um dos mais relevantes no que tange à análise de DNA de toque, podendo influenciar tanto na deposição como na recuperação do material genético. Dessa forma, uma multiplicidade de substratos já foi testada na literatura, como cabos

metálicos⁷⁷, batom⁷⁸, interior de carros^{53,79}, sapatos^{80,81}, armas e munições^{82,83} e celulares⁸⁴. As superfícies lisas e não porosas favorecem a visualização de impressões digitais, à medida que materiais duros e porosos facilitam a coleta de DNA^{11,30,42,45,53}. Adicionalmente, a natureza do contato com a superfície pode influenciar na deposição do DNA, visto que a elevação do tempo de contato e a intensidade da fricção aplicada podem resultar em maior quantidade de DNA depositado⁸⁵.

Ademais, algumas pesquisas apontam a existência de variação na quantidade de DNA depositado conforme o tempo decorrido após a lavagem das mãos^{49,68,86-89} e o rigor da lavagem⁶⁰. De acordo com Kanokwongnuwut *et al.*⁴⁹, observa-se um aumento significativo na quantidade de DNA depositado entre os minutos 0 e 15 após a higienização das mãos, e a partir de uma hora, atinge-se o platô.

Além da propensão à doação, da superfície, da fricção e de outros fatores, a variação na deposição entre os indivíduos pode ser explicada pelos hábitos destes, como tocar mais em objetos ou tocar mais em si mesmos^{74,90} em áreas ricas em células, como a face^{16,41}, o que aumenta a deposição de material biológico nas mãos por transferência⁴³.

Origem do DNA depositado através do toque

Como apontado por Burrill *et al.*⁴⁵, a maioria das publicações sobre DNA de toque buscam responder qual seria a melhor técnica para análise das amostras, bem como esclarecer acerca da quantidade de DNA que é detectada após o contato. No entanto, poucos trabalhos científicos se propõem a elucidar qual seria a origem do DNA depositado através do toque, tanto no que se refere aos tipos de células como no que tange ao material biológico de origem (*e.g.* sebo, suor e saliva).

A partir da descoberta do DNA de toque, os cientistas deduziram que o material genético depositado seria originário apenas da descamação da camada mais externa da pele⁹¹ e, apesar de não haver evidências que confirmem essa hipótese, a narrativa se perpetua em testemunhos nos tribunais e em publicações científicas^{49,80,92-94}. Todavia, estudos recentes apontam que o DNA depositado por meio do toque pode ser resultante não somente da perda de queratinócitos ou de seus constituintes, advindos da camada mais externa das mãos, como de células nucleadas pertencentes a outros fluidos corporais e regiões do corpo que entram em contato com as mãos (*e.g.* saliva, fluidos nasais e olhos) e de DNA livre de células que pode resultar, por exemplo, do suor⁴⁵.

As mãos são capazes de fornecer DNA de toque por meio da deposição de corneócitos anucleados ou queratinócitos⁴⁹⁻⁹⁵, células degradadas e fragmentadas⁸⁶ e epitélio nucleado¹⁷. A variação da doação de material

genético das mãos resultante do envelhecimento pode estar relacionada à diminuição do *turnover* epidermal ou senescência celular⁹⁶ e à regulação negativa dos processos de cornificação seguida pela descamação dos corneócitos⁹⁷. Em relação aos mais jovens, a elevada capacidade de deposição do DNA de toque pode estar associada a maiores taxas de proliferação celular e à pele menos espessa, características que tendem a implicar maior descamação das células nucleadas da pele⁹⁸.

Tendo em vista a possibilidade de transferência de DNA produzido por outras regiões do corpo para as mãos, o estudo de Lacerenza *et al.*⁷³ demonstrou que grande parte das amostras analisadas (55%) continham material diferente daquele produzido pela pele, e que as amostras que apresentavam diferentes marcadores fluido-específicos, correspondentes a 15% das amostras processadas, forneceram DNA com melhor qualidade e maior quantidade. Dentre os fluidos corporais analisados na literatura, destacam-se a saliva⁴³ e o fluido sebáceo^{16,60}, os quais tendem a ser frequentemente transmitidos para as mãos, uma vez que tocar a boca e a face com os dedos são hábitos comuns no cotidiano.

Zoppis *et al.*⁶⁰ avaliaram a transferência secundária por meio do contato com uma região sebácea e não sebácea e concluíram que o contato com a região sebácea de outro indivíduo antes da deposição do DNA de toque possibilita a transferência do material genético do indivíduo tocado para a superfície. Além disso, em estudo realizado por Schwender *et al.*⁷¹, os autores propuseram que, assim como o hidratante, o contato com a face poderia aumentar a permanência do DNA nas mãos, potencializando a deposição do material genético pelo toque.

Ainda que dotada de limitações, a utilização do DNA de toque na rotina forense pode ser a única possibilidade de identificação de criminosos ou de fornecer prova cabal para a condenação dos culpados. Em um caso nos Estados Unidos relatado por Williamson¹⁰⁰, após uma mulher ser violentada sexualmente e estrangulada até a morte, foi o DNA de toque coletado a partir de suas amarras que confirmou as suspeitas da polícia, posto que o suspeito afirmava que teve relação sexual consensual com a vítima em momento anterior ao crime, o que explicaria a presença de seu sêmen no corpo dela. Posteriormente à apresentação da evidência do DNA de toque no julgamento, o agressor foi sentenciado à prisão perpétua.

Compreender as potenciais fontes de DNA de toque pode ser crucial para a investigação de diferentes situações, permitindo avaliar quais indivíduos entraram em contato com o objeto ou superfície analisada, considerando tanto a transferência direta como a indireta, possibilitando a elaboração de hipóteses que podem favorecer a defesa ou a acusação⁴⁴. Ainda, a partir do entendimento sobre o tipo de material biológico que

pode ser transferido por meio do toque, torna-se possível que os cientistas forneçam explicações críveis acerca das diferenças interindividuais e antecipem a quantidade de DNA que pode ser recuperada, o que permitiria a coleta de maiores quantidades de material genético⁴⁵.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos avanços das técnicas de biologia molecular aplicadas no contexto da Genética Forense, tornou-se possível a obtenção de perfis genéticos de STR autossômicos que permitem a identificação humana através do DNA, ainda que as amostras analisadas apresentem diminutas quantidades e baixa qualidade de material genético. Nesse contexto, a criação do CODIS e da RIBPG permitiram a intercambialidade das informações geradas entre as jurisdições, facilitando o encontro de *matches* e consequente identificação de criminosos e pessoas desaparecidas.

Dentre os diversos tipos de vestígios existentes, os quais podem se tornar evidências relevantes para corroborar ou direcionar as investigações forenses, destaca-se o DNA de toque. Durante o ato criminoso, o perpetrador pode depositar quantidade suficiente de material genético através do contato com a vítima, superfícies ou itens, cuja coleta, processamento e análise podem resultar na obtenção de perfis genéticos de STR autossômicos úteis para a identificação humana. Utilizado por cerca de duas décadas na rotina forense, o *touch DNA* representa um avanço significativo para a identificação humana, sobretudo em situações nas quais as impressões digitais se apresentam pouco íntegras e/ou detalhadas para análise papiloscópica.

A compreensão dos fatores que afetam a deposição

e recuperação do DNA de toque é fundamental para aprimorar as práticas forenses. Dessa forma, ressalta-se a necessidade de melhor compreensão acerca de variáveis pouco investigadas, como a origem do material genético depositado, que pode afetar diretamente a qualidade e a quantidade do DNA recuperado e aplicado para obtenção de perfis genéticos de STR autossômicos. Ademais, a avaliação interseccional dos fatores que podem influenciar na deposição contribuirá para a melhoria dos métodos de coleta e análise, aumentando a validade e a confiabilidade das evidências em contextos forenses.

Devido à transferência secundária e à facilidade de interferência da contaminação nos resultados obtidos, os investigadores têm como maior desafio estabelecer o peso da evidência de DNA de toque. Durante a coleta e o processamento das amostras de *touch DNA*, algumas medidas podem ser tomadas a fim de evitar a contaminação, como o uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI), incluindo máscaras e luvas estéreis. No que se refere à transferência secundária, essa deve ser levada em consideração ao analisar o valor da evidência para o caso, sobretudo quando o suspeito alega conhecer ou conviver com a vítima, e seu DNA pode ter sido transferido em interações cotidianas.

Em suma, o DNA de toque é uma fonte importante de material genético a ser utilizada nas análises forenses, permitindo a identificação de criminosos e podendo ser aplicada na resolução de casos complexos. Embora existam desafios relacionados à contaminação, à transferência secundária e a diversas variáveis associadas à deposição e à recuperação desse material genético, sua aplicação permanece relevante, especialmente em situações nas quais outras evidências são insuficientes ou inexistentes.

Kisberri JB, Fridman C. Touch DNA Analysis in Forensics: advantages and limitations. Saúde, Ética Justiça (Online). 2024;29(2):e-232173.

ABSTRACT: Advances in Forensic Genetics have enabled the analysis of samples with low DNA quality and quantity, allowing the generation of genetic profiles based on autosomal STR markers. Among such samples is touch DNA, which refers to genetic material deposited through contact with a surface or object. Its analysis is particularly valuable when fingerprints have low integrity or insufficient detail for examination through papilloscopy. Touch DNA transfer can occur through direct contact between the depositor and a surface (primary transfer) or via an intermediate vector (secondary transfer). Secondary transfer often results in mixed DNA profiles from multiple individuals, complicating interpretation. Several factors influence touch DNA deposition, including shedder status, an inter-individual variation affected by age, sex, skin conditions, and personal habits. In addition, variables such as surface type, time elapsed since hand hygiene, and the nature of contact also impact DNA deposition and recovery. The deposited DNA may originate from skin cells on the hands or from genetic material transferred from other body regions, including bodily fluids such as sebum and saliva. Research in this field underscores the need to better understand the variables affecting touch DNA deposition and recovery to enhance forensic practices and improve the interpretation of genetic profiles in criminal investigations.

KEYWORDS: Touch DNA; Forensic Genetics; Microsatellite Repeats; Genetic Profile; Polymorphism, Genetic.

REFERÊNCIAS

1. Morgan RM. Forensic science. The importance of identity in theory and practice. *Forensic Sci Int Synerg*. 2019;1:239-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2019.09.001>
2. Brettell TA, Butler JM, Almirall JR. Forensic science. *Anal Chem*. 2011;83(12):4539-56. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac201075e>
3. Jobling MA, Gill P. Encoded evidence: DNA in forensic analysis. *Nat Rev Genet*. 2004;5(10):739-51. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrg1455>
4. Butler JM. *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology*. 1st ed. San Diego: Elsevier Academic Press; 2011.
5. Hershey AD, Chase M. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. *J Gen Physiol*. 1952;36(1):39-56. DOI: <https://doi.org/10.1085/jgp.36.1.39>
6. Watson JD, Crick FH. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*. 1953;171(4356):737-8. DOI: <https://doi.org/10.1038/171737a0>
7. Jeffreys AJ, Wilson V, Thein, SL. Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. *Nature*. 1985;316(6023):76-9. DOI: <https://doi.org/10.1038/316076a0>
8. Gill P, Jeffreys AJ, Werrett DJ. Forensic application of DNA 'fingerprints'. *Nature*. 1985;318(6046):577-9. DOI: <https://doi.org/10.1038/318577a0>
9. Napper R. A National DNA Database the United Kingdom Experience. *AJFS*. 2000;32(2):65-9. DOI: <https://doi.org/10.1080/00450610009410799>
10. Mcinnes RR. *Thompson & Thompson Genética Médica*. 8^o ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN; 2016.
11. Wickenheiser RA. Trace DNA: a review, discussion of theory, and application of the transfer of trace quantities of DNA through skin contact. *J Forensic Sci*. 2002;47(3):442-50. DOI: <https://doi.org/10.1520/JFS15284J>
12. U.S. Department of Justice. Office of Justice Programs. The future of forensic DNA testing: predictions of the Research and Development Working Group. Washington, DC: National Institute of Justice. 2000 nov.; p. 1-79.
13. Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. XX Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG). Este relatório apresenta os resultados consolidados até 28 de maio de 2024. 2024 mai; p. 2-58.
14. da Silva Junior RC, Wirz LN, Reyes ES, Del Moral Stevenel MA. Development of DNA databases in Latin America. *Forensic Sci Int*. 2020;316:110540. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110540>
15. van Oorschot RA, Jones MK. DNA fingerprints from fingerprints. *Nature*. 1997;387(6635):767. DOI: <https://doi.org/10.1038/42838>
16. Jansson L, Swensson M, Gifvars E, Hedell R, Forsberg C, Ansell R, Hedman J. Individual shedder status and the origin of touch DNA. *Forensic Sci Int Genet*. 2022;56:102626. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102626>
17. Oleiwi AA, Morris MR, Schmerer WM, Sutton R. The relative DNA-shedding propensity of the palm and finger surfaces. *Sci Justice*. 2015;55(5):329-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2015.04.003>
18. Di Nunzio M, Rodriguez-Lozoya AM, De Alcaraz-Fossoul J, Barrot-Feixat C. A customized protocol to generate STR profiles from latent fingerprints. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser*. 2022;8:326-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2022.10.078>
19. Hefetz I, Einot N, Faerman M, Horowitz M, Almog J. Touch DNA: The effect of the deposition pressure on the quality of latent fingermarks and STR profiles. *Forensic Sci Int Genet*. 2019;38:105-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.10.016>
20. Lee H, Yim J, Eom YB. Effects of fingerprint development reagents on subsequent DNA analysis. *Electrophoresis*. 2019;40(14):1824-9. DOI: <https://doi.org/10.1002/elps.201800496>
21. Romano CG, Mangiaracina R, Donato L, D'Angelo R, Scimone C, Sidoti A. Aged fingerprints for DNA profile: First report of successful typing. *Forensic Sci Int*. 2019;302:109905. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.109905>
22. Subhani Z, Daniel B, Frascione N. DNA Profiles from fingerprint lifts- enhancing the evidential value of fingermarks through successful DNA typing. *J Forensic Sci*. 2019;64(1):201-6. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13830>
23. Cornwell SJ, Tay JW, Allan RK, Zoranjic J, O'Rourke NJ, Byard GB, Rye MS. Evaluation of DNA extraction methods for processing fingerprint powder-coated forensic evidence. *J Forensic Sci*. 2020;65(3):960-5. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14233>
24. Fieldhouse S, Parsons R, Bleay S, Walton-Williams L. The effect of DNA recovery on the subsequent quality of latent fingermarks: A pseudo-operational trial. *Forensic Sci Int*. 2020;307:110076. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110076>
25. Harush-Brosh Y, Mayuoni-Kirshenbaum L, Mashiach Y, Hauzer M, Hefetz I, Bengiat R, Levin-Elad M, Faerman M. An efficient and eco-friendly workflow for dual fingermark processing and STR profiling. *Forensic Sci Int Genet*. 2020;47:102310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2020.102310>
26. Bathrick AS, Norsworthy S, Plaza DT, McCormick MN, Slack D, Ramotowski RS. DNA recovery after sequential processing of latent fingerprints on copy paper. *J Forensic Sci*. 2022;67(1):149-60. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14881>

27. Menchhoff SI, Solomon AD, Cox JO, Hytinen ME, Miller MT, Cruz TD. Effects of storage time on DNA profiling success from archived latent fingerprint samples using an optimised workflow. *Forensic Sci Res.* 2020;7(1):61-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/20961790.2020.1792079>
28. Ruprecht R, Suter R, Manganelli M, Wehrli A, Ender M, Jung B. Collection of evidence from the reverse side of self-adhesive stamps: A combined approach to obtain dactyloscopic and DNA evidence. *Forensic Sci Int.* 2022;330:111123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.111123>
29. Butler JM. Recent advances in forensic biology and forensic DNA typing: INTERPOL review 2019-2022. *Forensic Sci Int Synerg.* 2022;6:100311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2022.100311>
30. Verdon TJ, Mitchell RJ, van Oorschot RA. The influence of substrate on DNA transfer and extraction efficiency. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(1):167-75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.09.004>
31. Hughes DA, Szkuta B, van Oorschot RAH, Yang W, Conlan XA. Impact of surface roughness on the deposition of saliva and fingerprint residue on non-porous substrates. *Forensic Chem.* 2021;23:100318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forc.2021.100318>
32. Hughes DA, Szkuta B, Oorschot RAHV, Conlan XA. How changes to the substrate's physical characteristics can influence the deposition of touch and salivary deposits. *Forensic Sci Int.* 2023;343:111546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111546>
33. Fonnelløp AE, Egeland T, Gill P. Secondary and subsequent DNA transfer during criminal investigation. *Forensic Sci Int Genet.* 2015;17:155-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.05.009>
34. Gosch A, Courts C. On DNA transfer: The lack and difficulty of systematic research and how to do it better. *Forensic Sci Int Genet.* 2019;40:24-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.01.012>
35. Atkinson K, Arsenaault H, Taylor C, Volgin L, Millman J. Transfer and persistence of DNA on items routinely encountered in forensic casework following habitual and short-duration one-time use. *Forensic Sci Int Genet.* 2022;60:102737. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102737>
36. McCrane SM, Mulligan CJ. An innovative transfer DNA experimental design and qPCR assay: Protocol and pilot study. *J Forensic Sci.* 2023;68(3):990-1000. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15243>
37. Sessa F, Pomara C, Esposito M, Grassi P, Cocimano G, Salerno M. Indirect DNA Transfer and Forensic Implications: A Literature Review. *Genes (Basel).* 2023;14(12):2153. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes14122153>
38. Prinz M, Schiffner L, Sebestyen JA, Bajda E, Tamariz J, Schaler RC, Baum H, Caragine T. Maximization of STR DNA typing success for touched objects. *Int Congr Ser.* 2006;1288:651-3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ics.2005.10.051>
39. Staiti N, Romano C, Trapani C, Ginestra E, Leo B, Schiavone S. Analysis of LCN DNA from synthetic ropes: A practical approach used in real homicide investigation. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2008;1(1):446-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2007.10.181>
40. Tokutomi T, Takada Y, Kanetake J, Mukaida M. Identification using DNA from skin contact: case reports. *Leg Med (Tokyo).* 2009;11(Suppl 1):S576-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2009.02.004>
41. Fonnelløp AE, Ramse M, Egeland T, Gill P. The implications of shedder status and background DNA on direct and secondary transfer in an attack scenario. *Forensic Sci Int Genet.* 2017;29:48-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.03.019>
42. Goray M, Eken E, Mitchell RJ, van Oorschot RA. Secondary DNA transfer of biological substances under varying test conditions. *Forensic Sci Int Genet.* 2010;4(2):62-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2009.05.001>
43. Warshauer DH, Marshall P, Kelley S, King J, Budowle B. An evaluation of the transfer of saliva-derived DNA. *Int J Legal Med.* 2012;126(6):851-61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-012-0743-1>
44. Manoli P, Antoniou A, Bashiardes E, Xenophontos S, Photiades M, Stribley V, Mylona M, Demetriou C, Cariolou MA. Sex-specific age association with primary DNA transfer. *Int J Legal Med.* 2016;130(1):103-12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-015-1291-2>
45. Burrill J, Daniel BE, Frascione N. A review of trace "Touch DNA" deposits: variability factors and an exploration of cellular composition. *Forensic Sci Int Genet.* 2018;39:8-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.11.019>
46. Ladd C, Adamowicz MS, Bourke MT, Scherczinger CA, Lee HC. A systematic analysis of secondary DNA transfer. *J Forensic Sci.* 1999;44(6):1270-2.
47. Goray M, Mitchell RJ, van Oorschot RA. Investigation of secondary DNA transfer of skin cells under controlled test conditions. *Leg Med (Tokyo).* 2010;12(3):117-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2010.01.003>
48. Farmen RK, Jaghø R, Cortez P, Frøyland ES. Assessment of individual shedder status and implication for secondary DNA transfer. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2008;1(1): 415-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2007.08.015>
49. Kanokwongnuwut P, Martin B, Kirkbride KP, Linacre A. Shedding light on shedders. *Forensic Sci Int Genet.* 2018;36:20-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.06.004>
50. van Oorschot RA, Ballantyne KN, Mitchell RJ. Forensic trace DNA: a review. *Investig Genet.* 2010;1(1):14. DOI: <https://doi.org/10.1186/2041-2223-1-14>

51. Dong H, Wang J, Zhang T, Ge JY, Dong YQ, Sun QF, Liu C, Li CX. Comparison of preprocessing methods and storage times for touch DNA samples. *Croat Med J.* 2017;58(1):4-13. DOI: <https://doi.org/10.3325/cmj.2017.58.4>
52. Tonkrongjun P, Thanakiatkrai P, Phetpeng S, Asawutmongkul W, Sotthibandhu S, Kitpipit T. Touch DNA localization and direct PCR: an improved workflow for STR typing from improvise explosive devices. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2017;6:e610-e612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2017.09.228>
53. Francisco DO, Lopez LF, Gonçalves FT, Fridman C. Casework direct kit as an alternative extraction method to enhance touch DNA samples analysis. *Forensic Sci Int Genet.* 2020;47:102307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2020.102307>
54. Panjaruang P, Romgaew T, Aobaom S. Detection of touch DNA evidence on swab by SYBR®Green I Nucleic Acid Gel Stain. *Forensic Sci Int.* 2022;341:111477. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111477>
55. Alketbi SK. Collection techniques of touch DNA deposited on human skin following a strangulation scenario. *Int J Legal Med.* 2023;137(5):1347-52. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-023-03036-8>
56. Recipon M, Agniel R, Leroy-Dudal J, Fritz T, Carreiras F, Hermitte F, Hubac S, Gallet O, Kellouche S. Targeting cell-derived markers to improve the detection of invisible biological traces for the purpose of genetic-based criminal identification. *Sci Rep.* 2023;13(1):18105. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45366-y>
57. Madden I, Taylor D, Mitchell N, Goray M, Henry J. Predicting probative levels of touch DNA on tapelifts using Diamond™ Nucleic Acid Dye. *Forensic Sci Int Genet.* 2024;70:103024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2024.103024>
58. Stefanović A, Šorgić D, Cvetković N, Antović A, Ilić G. Precision touch DNA sampling on plastic bag knots for improved profiling of packer and holder contributions. *Forensic Sci Int Genet.* 2024;71:103033. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2024>
59. Kamphausen T, Schadendorf D, von Wurmb-Schwark N, Bajanowski T, Poetsch M. Good shedder or bad shedder--the influence of skin diseases on forensic DNA analysis from epithelial abrasions. *Int J Legal Med.* 2012;126(1):179-83. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0579-0>
60. Zoppis S, Muciaccia B, D'Alessio A, Ziparo E, Vecchiotti C, Filippini A. DNA fingerprinting secondary transfer from different skin areas: Morphological and genetic studies. *Forensic Sci Int Genet.* 2014;11:137-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2014.03.005>
61. Quinones I, Daniel B. Cell free DNA as a component of forensic evidence recovered from touched surfaces. *Forensic Sci Int Genet.* 2012;6(1):26-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2011.01.004>
62. Alketbi SK, Goodwin W. The effect of time and environmental conditions on touch DNA. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2019;7(1):701-3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2019.10.144>
63. Alketbi SK, Goodwin W. The impact of deposition area and time on touch DNA collected from fabric. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2022;8:45-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2022.09.017>
64. Bini C, Giorgetti A, Fazio G, Amurri S, Pelletti G, Pelotti S. Impact on touch DNA of an alcohol-based hand sanitizer used in COVID-19 prevention. *Int J Legal Med.* 2023;137(3):645-53. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-023-02979-2>
65. Kaesler T, Kirkbride KP, Linacre A. Persistence of touch DNA on commonly encountered substrates in different storage conditions. *Forensic Sci Int.* 2023;348:111728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111728>
66. Onofri M, Tommolini F, Severini S, Gambelunghe C, Lancia M, Carlini L, Carnevali E. Trace DNA transfer in co-working spaces: the importance of background DNA analysis. *Int J Mol Sci.* 2024;25(4):2207. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25042207>
67. Shahzad M, De Maeyer H, Salih GA, Nilsson M, Haratourian A, Shafique M, Shahid AA, Allen M. Evaluation of storage conditions and the effect on DNA from forensic evidence objects retrieved from lake water. *Genes (Basel).* 2024;15(3):279. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes15030279>
68. Lowe A, Murray C, Whitaker J, Tully G, Gill P. The propensity of individuals to deposit DNA and secondary transfer of low level DNA from individuals to inert surfaces. *Forensic Sci Int.* 2002;129(1):25-34. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(02\)00207-4](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(02)00207-4)
69. Allen RW, Pogemiller J, Joslin J, Gulick M, Pritchard J. Identification through typing of DNA recovered from touch transfer evidence: parameters affecting yield of recovered human DNA. *J Forensic Identif.* 2008;58(1):33-41.
70. Goray M, Fowler S, Szkuta B, van Oorschot RAH. Shedder status: an analysis of self and non-self DNA in multiple handprints deposited by the same individuals over time. *Forensic Sci Int Genet.* 2016;23:190-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.05.005>
71. Schwender M, Bamberg M, Dierig L, Kunz SN, Wiegand P. The diversity of shedder tests and a novel factor that affects DNA transfer. *Int J Legal Med.* 2021;135(4):1267-80. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02533-y>
72. Lee LYC, Tan J, Lee YS, Syn CK. Shedder status: an analysis over time and assessment of various contributing factors. *J Forensic Sci.* 2023;68(4):1292-1301. DOI: <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15266>
73. Lacerenza D, Aneli S, Omedei M, Gino S, Pasino S, Berchiolla P, Robino C. A molecular exploration of human DNA/RNA co-extracted from the palmar surface of the

- hands and fingers. *Forensic Sci Int Genet.* 2016;22:44-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.01.012>
74. Tan J, Lee JY, Lee LYC, Aw ZQ, Chew MH, Ishak NIB, Lee YS, Mugni MA, Syn CKC. Shedder status: Does it really exist? *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2019;7(1):360-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2019.10.012>
 75. Poetsch M, Bajanowski T, Kamphausen T. Influence of an individual's age on the amount and interpretability of DNA left on touched items. *Int J Legal Med.* 2013;127(6):1093-6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-013-0916-6>
 76. Templeton JE, Linacre A. DNA profiles from fingermarks. *Biotechniques.* 2014;57(5):259-66. DOI: <https://doi.org/10.2144/000114227>
 77. Lim S, Subhani Z, Daniel B, Frascione N. Touch DNA: the prospect of DNA profiles from cables. *Sci Justice.* 2016;56(3):210-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2016.02.002>
 78. Webb LG, Egan SE, Turbett GR. Recovery of DNA for forensic analysis from lip cosmetics. *J Forensic Sci.* 2001;46(6):1474-9.
 79. Pizzamiglio M, Mameli A, My D, Garofano L. Forensic identification of a murderer by LCN DNA collected from the inside of the victim's car. *Int Congr Ser.* 2004;1261:437-9. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0531-5131\(03\)01855-7](https://doi.org/10.1016/S0531-5131(03)01855-7)
 80. Bright JA, Petricevic SF. Recovery of trace DNA and its application to DNA profiling of shoe insoles. *Forensic Sci Int.* 2004;145(1):7-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.03.016>. Erratum in: *Forensic Sci Int.* 2018;285:204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.12.037>
 81. Hillier E, Dixon P, Stewart P, Yamashita A, Dikshita L. Recovery of DNA from shoes. *Journal (Can Soc Forensic Sci).* 2005;38(3):143-50. DOI: <https://doi.org/10.1080/0085030.2005.10757588>
 82. Polley D, Mickiewicz P, Vaughn M, Miller T, Warburton R, Komonski D, Kantautas C, Reid B, Frappier R, Newman J. An investigation of DNA recovery from firearms and cartridge cases. *Journal (Can Soc Forensic Sci).* 2006;39(4):217-28. DOI: <https://doi.org/10.1080/0085030.2006.10757145>
 83. Horsman-Hall KM, Orihuela Y, Karczynski SL, Davis AL, Ban JD, Greenspoon SA. Development of STR profiles from firearms and fired cartridge cases. *Forensic Sci Int Genet.* 2009;3(4):242-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2009.02.007>
 84. Kisberi, JB. Avaliação de DNA de toque depositado em tela de aparelho celular para finalidade forense [Monografia]. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); 2024.
 85. Meakin G, Jamieson A. DNA transfer: review and implications for casework. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(4):434-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.03.013>
 86. Alessandrini F, Cecati M, Pesaresi M, Turchi C, Carle F, Tagliabracci A. Fingerprints as evidence for a genetic profile: morphological study on fingerprints and analysis of exogenous and individual factors affecting DNA typing. *J Forensic Sci.* 2003;48(3):586-92.
 87. Phipps M, Petricevic S. The tendency of individuals to transfer DNA to handled items. *Forensic Sci Int.* 2007;168(2-3):162-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.07.010>
 88. Goray M, van Oorschot RAH. Shedder status: Exploring means of determination. *Sci Justice.* 2021;61(4):391-400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2021.03.004>
 89. Kaesler T, Kirkbride KP, Linacre A. DNA deposited in whole thumbprints: A reproducibility study. *Forensic Sci Int Genet.* 2022;58:102683. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102683>
 90. van Oorschot RAH, McColl DL, Alderton JE, Harvey ML, Mitchell RJ, Szuta B. Activities between activities of focus: relevant when assessing DNA transfer probabilities. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2015;5:e75-e77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2015.09.031>
 91. Wiegand P, Kleiber M. DNA typing of epithelial cells after strangulation. *Int J Legal Med.* 1997;110(4):181-3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004140050063>
 92. Djuric M, Varljen T, Stanojevic A, Stojkovic O. DNA typing from handled items. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* 2008;1(1):411-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2007.10.161>
 93. Helmus J, Bajanowski T, Poetsch M. DNA transfer: a never ending story. A study on scenarios involving a second person as carrier. *Int J Legal Med.* 2016;130(1):121-5. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-015-1284-1>
 94. Zhang S, Jiao Z, Yan L, Kong F, Liu L, Li X, Tang H, Liu X. Experimental study on primary transfer and secondary transfer of DNA. *Chin J of Forensic Med.* 2017;(6):610-3.
 95. Kanokwongnuwut P, Kirkbride KP, Linacre A. Detection of latent DNA. *Forensic Sci Int Genet.* 2018;37:95-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.08.004>
 96. Burton DG. Cellular senescence, ageing and disease. *Age (Dordr).* 2009;31(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11357-008-9075-y>
 97. Eckhart L, Lippens S, Tschachler E, Declercq W. Cell death by cornification. *Biochim Biophys Acta.* 2013;1833(12):3471-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2013.06.010>
 98. Stamatias GN, Nikolovski J, Luedtke MA, Kollias N, Wiegand BC. Infant skin microstructure assessed in vivo differs from adult skin in organization and at the cellular level. *Pediatr Dermatol.* 2010;27(2):125-31. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1525-1470.2009.00973.x>
 99. Brasil. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Comitê

Kisberi JB, Fridman C. Análise do DNA de toque no contexto forense: vantagens e limitações.

Gestor da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Manual de Procedimentos Operacionais da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Brasília, DF; 2024. [Acesso em 2024 dez. 08]. Disponível em: [https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-](https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/manual/manual-de-procedimentos-operacionais-da-ribpg-versao-6/view)

[publica/ribpg/manual/manual-de-procedimentos-operacionais-da-ribpg-versao-6/view](https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/manual/manual-de-procedimentos-operacionais-da-ribpg-versao-6/view)

100. Williamson AL. Touch DNA: forensic collection and application to investigations. *J Assoc Crime Scene Reconstr.* 2012;18(1):1-5.

Recebido em: 18/11/2024

Aprovado em: 16/12/2024