



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

DANIEL DE ALMEIDA GERAHRDT

**PÓS REVELADORES NAS IMPRESSÕES PAPILARES LATENTES
E SUAS VARIAÇÕES**

Ananindeua, PA
2023

DANIEL DE ALMEIDA GERAHRDT

Pós reveladores nas impressões papilares latentes e suas variações

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de engenharia de materiais, do campus universitário de Ananindeua, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Bacharelado em engenharia de materiais.

Orientador: Prof Alacid do S. Siqueira Neves.

Ananindeua, PA
2023

DANIEL DE ALMEIDA GERAHRDT

Pós reveladores nas impressões papilares latentes e suas variações

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de engenharia de materiais, do Campus universitário de Ananindeua, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Bacharelado em engenharia de materiais.

Data da Aprovação: ___/___/_____

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof Me. Alacid do Socorro Siqueira Neves
Orientador – Femat/CANAN/UFPA

Prof. Me. Pedro Paulo Guimarães Ribeiro
Examinador Interno – Femat/CANAN/UFPA

Prof. Me. André Wilson da Cruz Reis
Examinador Externo – PRODERNA/ITEC/UFPA

Ananindeua, PA
2023

AGRADECIMENTO

À minha mãe e minha namorada por todo incentivo e ajuda para que esta etapa se tornasse possível.

“Não ensine aos meninos pela força e severidade, mas leve-os por aquilo que os diverte, para que possam descobrir a inclinação de suas mentes”.

(Platão. A República, VII)

RESUMO

Os pós reveladores têm se tornado uma interessante linha de pesquisa acerca de detalhes técnico-científicos em torno da identificação através de perfis genéticos relacionados aos resquícios presentes nas impressões papilares latentes. O presente trabalho tem como objetivo geral de reunir por meio de uma revisão breve da literatura dos principais aspectos dos pós reveladores do período de 2007 à 2022 e apresentando os tipos de pós mais comumente utilizados, com o detalhamento das características apresentadas a partir de fatores que influenciam a adesão do mesmo. Diversos fatores são de suma importância como a pureza e a natureza química dos componentes pó-crista papilar impressa para definir se a revelação tem um resultado satisfatório. Dessa forma, é possível afirmar que a variação energética entre as forças adesivas e coesivas na interface pó-crista papilar impressa está ligada diretamente às interações intermoleculares, e outros componentes dessa interface, como a energia livre de superfície e a molhabilidade. O presente trabalho visa comparar os pós reveladores citados na literatura nos últimos 15 (quinze) anos, objetivando a exposição de suas características, metodologias de uso e classificação dos materiais mais utilizados.

Palavras-chave: Pó revelador. Impressão papilar latente. Adesão.

ABSTRACT

The developing powders have become an interesting line of research on technical-scientific details around the identification through genetic profiles related to the remnants present in latent papillary prints. The present work aims to gather, through a brief literature review and present the most commonly used types of powders, disclose and detail characteristics presented from factors that influence its adherence. Several factors are of paramount importance such as the purity and chemical nature of the powder-printed papillary ridge components to define whether the development has a satisfactory result. Thus, it is possible to state that the energetic variation between the adhesive and cohesive forces at the printed papillary post-crest interface is directly linked to intermolecular interactions, and other components of this interface, such as surface free energy and wettability. The present work aims to compare the revealing powders cited in the literature in the last 10 (ten) years, aiming at exposing their characteristics, methodologies of use and classification of the most used materials.

Keywords: Developer powder. Latent papillary print. Acession.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Os quatro tipos fundamentais de impressões digitais.....	12
Ilustração 2 – Exemplos de minúcias identificadas em um datilograma.....	13
Ilustração 3 – Ilustração da utilização da técnica do pó na revelação de IPL.....	15
Ilustração 4 – Estrutura básica da chalcona.....	25
Ilustração 5 – Diagrama esquemático mostrando a interação eletrostática entre partículas de pó carregadas negativamente e os resquícios de uma impressão da crista papilar positivamente.....	30
Ilustração 6 – Diagrama esquemático mostrando a maior área de contato dos pós flocados, quando comparados aos pós granulares, com a superfície da crista papilar impressa, para o caso dos pós ficarem sobre a crista.....	31
Ilustração 7 – Diagrama esquemático das três forças de van der Waals. As elipses e círculos indicam dipolos permanentes e induzidos, respectivamente. As forças de Keesom atuam entre dipolos permanentes, as forças de London agem entre dipolos induzidos e as forças de Debye, entre dipolos permanentes e induzidos.....	33
Ilustração 8 – Aplicadores de pós reveladores: a) com ímã, utilizado para pulverizar pós magnéticos; b) de fibra de vidro, utilizado para pulverizar pós flocados de metal e c) do tipo esfregão, utilizado para pulverizar pó granulares.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre as glândulas e os compostos excretados no suor humano.	14
Tabela 2 – Pós pretos utilizados na revelação de IPL	15
Tabela 3 – Pós brancos utilizados na revelação de IPL	16

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ID	Índice de Degradação
IP	Impressões Papilares
IPL	Impressões Papilares Latentes
PCR	Reação em Cadeia da Polimerase
STR	Repetições Curtas em Tandem (repetições curtas de sequências de DNA)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Origem do pó revelador	12
1.2 Impressões papilares	12
1.3 Técnicas para revelações de digitais	14
2 JUSTIFICATIVA	18
3 OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo Geral	19
3.2 Objetivo específico	19
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
4.1 Genética forense e DNA	20
4.2 O uso de DNA na análise criminal	20
4.3 Metodologia de revelações de impressões digitais	21
4.4 Desenvolvimento de impressões digitais	24
4.5 Pós reveladores e seu processo de adesão	26
4.5.1 Carga eletrostática sobre as superfícies envolvidas	27
4.5.2 Formato, tamanho, área superficial e energia livre de superfície	28
4.5.3 Química das superfícies envolvidas	29
4.5.4 Forças intermoleculares	30
4.5.5 Molhabilidade (capacidade de umedecimento)	31
4.6 Tipos de pós reveladores	32
4.6.1 Pós comuns	32
4.6.2 Pós magnéticos.....	33
4.6.3 Pós luminescentes	35
4.6.4 Pós de nanotecnologia.....	36
4.7 limitações do padrão de degradação da impressão digital latente	37
5 METODOLOGIA DE PESQUISA	38
6 DISCUSSÃO	40
7 CONCLUSÃO	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 Origem do pó revelador.

O pó revelador é utilizado desde o final do século 19 e segue sendo usado como elemento de um conjunto de procedimentos e técnicas realizadas de acordo com a necessidade. As revelações de impressões papilares são marcas oriundas das palmas das mãos ou das solas dos pés, além dos dedos, em superfícies não porosas e semiporosas (CARVALHO, 2021). Embora a epiderme manifeste estes desenhos, eles têm origem nas papilas dérmicas, que são pequenas saliências de natureza neurovascular situado na área superficial da derme. A coleta deste tipo de vestígio é de extrema importância, já que cada ser humano possui um conglomerado único de impressões digitais (BALSAN, 2019). É possível citar os tipos de desenhos e, desta forma classificar uma impressão digital, como mostrado na FIGURA 1:

Figura 1 – os quatro tipos fundamentais de impressões digitais.



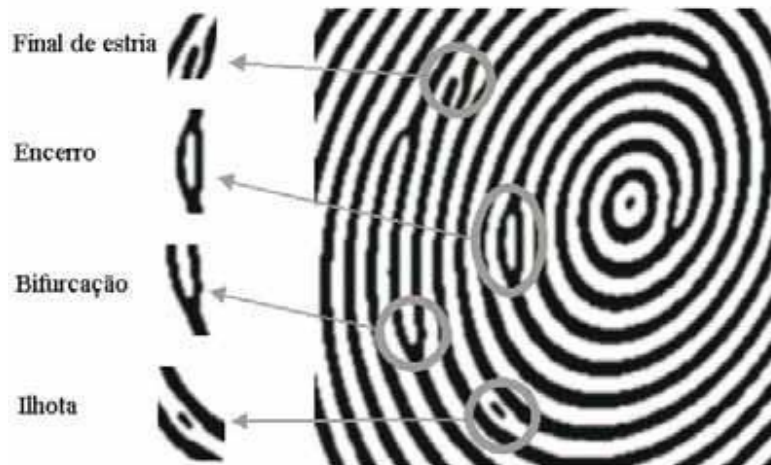
Fonte: CHEMELLO, 2016.

1.2 Impressões papilares.

As impressões papilares são desenhos únicos para cada ser humano, formados por cristas ou linhas de fricção que se alternam com sulcos. Estes vestígios possuem características únicas de quem o produziu, sendo uma ferramenta de identificação de extrema importância no cenário investigativo e pericial. A partir da realização dos exames periciais para posterior revelação das impressões papilares, as técnicas utilizadas devem ter alto nível de confiabilidade (FREITAS *et al.*, 2019). A probabilidade da ocorrência de duas impressões digitais idênticas é de 1 em 64 bilhões. Atualmente, usa-se o sistema de classificação de desenhos digitais elaborado

pelo naturalizado argentino Juan Vucetich (CHEMELLO, 2016). A Figura 2 mostra minúcias observadas em impressões digitais.

Figura 2 – Exemplos de minúcias identificadas em um datilograma.



Fonte: CHEMELLO, 2016.

A papiloscopia é um processo simples que viabiliza, através de sua praticabilidade, a coleta de impressões papilares por ser uma forma eficaz, rápida e com baixo custo que auxilia a identificação humana, além de ser uma ferramenta essencial para o arquivamento de impressões. As marcas destes desenhos podem ser encontradas de forma visível ou latente, as visíveis são denominadas de impressões papilares visíveis; as invisíveis, de impressões papilares latentes (FERGURSON, 2013).

As impressões visíveis retratam particularidades das papilas dos dedos, quando em contato com outras substâncias, como sangue, gordura ou tinta que gera naturalmente um contraste ou são produzidas de forma comum, como quando impressões digitais são pressionadas em superfícies plásticas. No caso das impressões não visíveis a olho nu, geralmente as secreções da pele humana têm a necessidade de tratamento específico para se tornarem visíveis (ALBRECHT, 2013).

1.3 Técnicas para revelação de digitais.

Uma das estratégias extremamente utilizada na investigação criminal referente a análise de impressões papilares é o uso de reveladores de impressões latentes. Identificar se há vestígios de contato em algum objeto não é uma tarefa fácil, já que esse contato, na maioria das

vezes, não deixa “rastros” visíveis a olho nu. Sabendo disso, um reagente revelador é aplicado em uma determinada superfície, causando a reação com a gordura e o suor deixado pelo indivíduo a ser investigado, resultando na observação das linhas e características da impressão latente (STANGEGAARD, 2013).

A escolha da técnica é de extrema importância, pois caso contrário, pode ser ineficiente também pode causar danos às impressões ou destruí-las. As técnicas mais utilizadas no meiocientífico também são de suma importância para que qualquer análise seja feita sem erros. Antes de analisar as técnicas, é importante ter uma ideia da composição química de uma impressão digital (BRUICE, 2014). O QUADRO 1 relaciona as principais substâncias presentes no suor humano e nas glândulas que as excretam.

Quadro 1 – Relação entre as glândulas e os compostos excretados no suor humano.

Glândulas	Compostos Inorgânicos	Compostos Orgânicos
Sudoríparas	Cloretos Íons metálicos Amônia Sulfatos Fosfatos Água	Aminoácidos Uréia Ácido láctico Açúcares Creatinina Colina Ácido úrico
Sebáceas	Ferro	Ácidos graxos Glicerídeos Hidrocarbonetos Álcoois
Apócrinas	Ferro	Proteínas Carboidratos Colesterol

Fonte: Adaptado de Chemello (2016).

O tratamento de “revelação de impressão digital latente” (IPLs) utiliza alguns processos químicos e físicos, que leva a impressão a ter contraste quando em interação com as secreções da pele. Diante disso, os pós são manipulados em cenas de crime e em laboratórios, afim de revelar as impressões papilares. Algumas adversidades podem prejudicar o uso dos pós neste tipo de ocasião, como a aplicação excessiva ou sobre superfícies molhadas, pois a chance de borrar as impressões existe quando a adesão seletiva aos resquícios nas características das impressões papilares é prejudicada (CHEMELLO, 2016).

Os materiais de auxílio mais comumente utilizados para a detecção de impressões

digitais latentes são os pós reveladores. Os pós reveladores são compostos de diversas cores e naturezas que possuem partículas muito finas que aderem aos componentes oleosos e à umidade deixada pelo contato da pele em uma superfície. Como a superfície da pele é irregular, cristas e vales são formados, resultando na deposição de material nas superfícies seguindo o mesmo padrão. Os pós reveladores aderem por eletrostática nas áreas em que material foi depositado pelo contato com as cristas, mas não onde houve contato com os vales. Por fim, além de existirem diversas composições diferentes, a coloração do pó aderido realiza o contraste suficiente para a revelação de uma impressão latente (YOUNG, 2014).

Geralmente, a interação da pele com a superfície acontece de maneira onde as impressões se apresentem borradas e indefinidas, impossibilitando qualquer possibilidade de coleta. A revelação de impressões latentes pode ser utilizada não só para detecção do padrão morfológico da impressão papilar, mas também nos casos onde a impressão produzida não apresenta qualidade suficiente para ser visível. Todavia, uma área de contato de morfologia indefinida pode indicar que um determinado local foi tocado e que há grandes chances de conter células epiteliais e DNA suficiente em quantidade para a genotipagem (CAPUTO, 2013).

Em um cenário onde a impressão digital é recente, a água é o principal composto no qual as partículas de pó aderem, conforme o tempo passa, os compostos oleosos, gordurosos ou sebáceos são os mais importantes. Esta interação entre os compostos da impressão e o pó é de caráter elétrico, tipicamente forças de van der Waals e ligações de hidrogênio (CHEMELLO, 2016). A Figura 3 ilustra a utilização da técnica abordada, enquanto a tabela 2 e 3 relaciona alguns poucos tipos de pós usados na revelação de IPL.

Figura 3 – Ilustração da utilização da técnica do pó na revelação de IPL.



Fonte: Chemello, 2016.

Tabela 2 – Pós pretos utilizados na revelação de IPL.

Pós pretos		
Nome	Material	Composição
Pó de oxido de ferro	Óxido de ferro	50%
	Resina	25%
	Negro-de-fumo	25%
Pó dióxido de manganês	Dióxido de manganês	45%
	Óxido de ferro	25%
	Negro-de-fumo	25%
	Resina	5%
Pó negro de fumo	Negro-de-fumo	60%
	Resina	25%
	Terra de Fuller	15%

Fonte: Adaptado de Chemello, 2016.

Tabela 3 – Pós brancos utilizados na revelação de IPL.

Pós brancos		
Nome	Material	Composição
Pó óxido de titânio	Óxido de titânio	60%
	Talco	20%
	Caulin	20%
Pó carbonato de chumbo	Carbonato de chumbo	80%
	Goma arábica	15%
	Alumínio em pó	3%
	Negro-de-fumo	2%

Fonte: Adaptado de Chemello, 2016.

A composição química dos pós reveladores inibe a reação da cadeia da polimerase (PCR), que por sua vez é usada para fazer cópias de uma região do DNA. Além disso, prejudica a obtenção de perfis genéticos a partir das amostras. A propriedade em questão compromete o uso da revelação de impressão latente em conjunto com a pesquisa de DNA. Para isto ser possível, é necessário o aprimoramento das técnicas utilizadas para que o material genético coletado seja isolado e extraído de quaisquer substâncias que possam atrapalhar a identificação do mesmo (CAPUTO, 2013).

2 JUSTIFICATIVA

A utilização de pós reveladores nas impressões papilares latentes e suas variações é uma alternativa muito usada a partir de diversos materiais que combinam bom desempenho com sustentabilidade ambiental. A utilização desse tipo de material apresenta como vantagem, sobre as técnicas de pesquisa de DNA, a praticidade, rapidez, o baixo custo e alta eficácia.

Dessa forma, há necessidade de trabalhos que venham produzir e aglutinar informações sobre pós reveladores a partir de fontes naturais, contribuindo assim para a literatura forense, agregando conhecimento sobre o assunto pouco explorado acerca da coleta de impressões digitais.

Além disso, esse trabalho justifica-se, pois, os pós reveladores estão sendo utilizados diariamente no setor criminal e de perícia de DNA, o estudo sobre suas propriedades corrobora para a geração de dados necessários para seu uso como agente revelador.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é analisar e compilar informações acerca dos tipos de pós reveladores e sua aplicação.

3.2 Objetivos específicos

- Comparar a natureza dos pós reveladores;
- Correlacionar as características dos diversos tipos de pós reveladores;
- Avaliar a utilização dos pós reveladores sendo utilizados na perícia criminal e atuando como agente identificador de suspeitos em crimes.
- Reunir informações de referências bibliográficas que tratem a respeito dos pós reveladores, suas particularidades e aplicações.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Genética forense

Na genética forense, estuda-se a utilização de técnicas aliadas conhecimentos sobre biologia molecular objetivando o auxílio a justiça. Quando se fala em impressões digitais, é importante também uma breve introdução sobre as impressões papilares, que são vestígios produzidos pela interação das pontas dos dedos, das palmas das mãos e plantas dos pés com as superfícies. A análise destes tipos de vestígios, bem como de outros tópicos correlatos são estudados por uma ciência robusta e complexa: a Papiloscopia, cujo objetivo concerne à identificação humana (ALEM, 2019).

A Papiloscopia pode ser classificada em grandes subáreas de acordo com o tipo de impressão papilar analisado: Datiloscopia (estuda os desenhos e as impressões papilares deixadas a partir a interação das pontas dos dedos – impressões digitais), Quiroscopia (concentra-se no estudo dos desenhos e impressões deixados pelas palmas das mãos – impressões palmares) e Podoscopia (estudo dos desenhos e impressões produzidos pelas plantas dos pés – impressões plantares) (TOCCHETTO *et al.*, 2012).

A interação entre a Genética Forense e a Papiloscopia está no fato de que ao tocar as superfícies há a produção de impressões papilares assim como há a transferência de células epiteliais. Uma alternativa de estudo se torna viável para uma possibilidade de recuperação de perfil genético a partir de impressões digitais, já que na prática, o perito criminal é compelido a escolher qual análise será utilizada (genética ou datiloscópica) (FIELDHOUSE *et al.*, 2016).

4.2 O uso da papiloscopia e do DNA na análise criminal

As impressões digitais latentes são definidas como depósitos de cristas de fricção na pele e são o resultado da deposição de substâncias secretadas naturalmente pelas glândulas cutâneas. Normalmente, as impressões digitais latentes permanecem no local até que sejam obliteradas por algum tipo de efeito físico ou químico. A durabilidade ou expectativa de vida de uma impressão digital latente é o período de tempo durante o qual ela pode ser processada ou analisada até o ponto em que ainda pode ser associada, de maneira confiável, ao seu doador (YAMASHITA, 2011).

Embora evidências físicas, como marcas de dedos latentes, indubitavelmente

determinem a presença de um indivíduo em qualquer cena de crime, é muito mais difícil datar o instante da deposição de impressão digital latente além de sinais observacionais indiretos, principalmente com base na experiência individual do investigador (LAMOND, 2011).

Por exemplo, especialistas forenses na área geralmente usam indicadores visuais indiretos, como adesão de pó, continuidade de cristas e difusão de graxa, entre outros, para avaliar o “frescor” aproximado de uma impressão digital latente. No entanto, sem diretrizes ou protocolos formais, as conclusões podem ser imprecisas e / ou imprecisas com pouco valor probatório em tribunal. Os investigadores da cena do crime também devem considerar qualquer contaminação potencial da cena devido a depoimentos intencionais ou não intencionais de impressões digitais deixados por pessoas não relacionadas (LAMOND, 2011).

Está em implantação no Brasil a Rede Integrada de Banco de Dados de Perfis, que consiste em um banco de dados nacional de perfis genéticos, utilizando o software CODIS (Combined DNA Index System). Esta rede permitirá a troca de informações sobre perfis genéticos durante os levantamentos, facilitando o compartilhamento de dados e em nível local e nacional. Quanto maior o número de perfis de DNA extraídos de traços de eventos criminosos inseridos na base, maior a probabilidade de encontrar um perfil que corresponda a um criminoso (HORSMAN-HALL, 2014).

4.3 Metodologias de revelações de impressões digitais

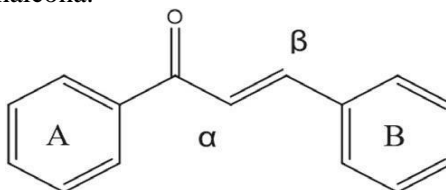
Na realização de exames forenses com o objetivo de revelar impressões papilares, seja na cena do crime ou no laboratório, a aplicação de qualquer tecnologia deve ser baseada na confiabilidade de potenciais impressões digitais como evidências em processos judiciais (GIRELLI et al., 2015).

No entanto, devido ao custo relativamente alto dos pós comerciais (devido aos produtos importados), toxicidade e dificuldade de visibilidade dos detalhes das impressões digitais e pontos únicos, alguns estudos usaram substâncias naturais para desenvolver novos pós para impressões digitais que são mais facilmente disponíveis em termos de custo e baixa toxicidade (BALSAN, 2019).

Portanto, a chalcona, que é um produto natural e pertence à família dos flavonóides, também pode ser sintetizada usando esquemas orgânicos sintéticos convencionais e é propícia à limpeza do processo de síntese química e ao atendimento dos requisitos de qualidade do desenvolvimento da impressão digital. A chalcona substituída possui uma ampla gama de atividades biológicas, e sua estrutura básica é mostrada na Figura 4. Em que, as chalconas ou

1,3-difenil-2propen1-ona são definidas como cetonas α - β -insaturadas, onde tem uma ligação tanto na carbonila quanto na porção olefínica de grupamentos aromáticos comumente designados como anel A, proveniente da acetofenona e o anel B do aldeído (BALSAN, 2019).

Figura 4 – Estrutura básica da chalcona.



Fonte: Balsan *et al.*, 2019.

Existem várias técnicas para sua síntese, sempre visando variações estruturais e melhores rendimentos das reações. Dentre as atividades apresentadas pelas chalconas, podemos destacar: anti-inflamatória, antifúngica, antibacteriana, antimalárica, antileishmania, antitubercular e antioxidante (BALSAN *et al.*, 2019).

Determinar se um objeto foi tocado por alguém não é uma tarefa fácil, pois na maioria dos casos, o contato não deixará rastros visíveis. Em investigações criminais, o programa de análise de impressão de mamilo amplamente utilizado usa revelador de impressão latente. Para tanto, um agente dominante é aplicado em uma superfície para reagir com a gordura e o suor deixados em contato com a pele, proporcionando a observação da impressão subjacente (STANGEGAARD *et al.*, 2013).

Os reagentes mais utilizados para detectar impressões digitais latentes são os pós reveladores. Entre vários ingredientes diferentes, o pó revelador é um composto colorido de partículas muito finas que pode aderir aos ingredientes oleosos e à umidade deixada na superfície de contato com a pele. Como a superfície da pele é irregular, formada por cristas e vales, a deposição do material na superfície segue o mesmo padrão. O pó revelador adere eletrostaticamente às áreas onde o material é depositado ao entrar em contato com as cristas, ao invés das áreas onde os vales estão em contato. Desta forma, a cor do pó aderido proporciona contraste suficiente para o desenvolvimento da impressão latente (YOUNG *et al.*, 2014).

O contato com a mesma pele humana que produz impressões digitais também pode depositar células na superfície de contato. Mesmo que a deposição celular esteja relacionada ao padrão morfológico deixado pela impressão, o fato de poder ser encontrado o local exato do contato do indivíduo com o suporte pode auxiliar na escolha do local escolhido para o perfil de coleta de material visando a obtenção de genes genéticos (STRYCHALSKI *et al.*, 2013).

A revelação de impressão latente pode ser usada não apenas para detectar o padrão morfológico das impressões papilares, mas também para produzir impressões de qualidade insuficiente para comparação. Em muitos casos, o contato da pele com a superfície ocorre de tal forma que a impressão deixada é difusa e pouco nítida, evitando qualquer possibilidade de análise. No entanto, áreas de contato com morfologia indefinida podem informar com segurança que um local específico foi contatado e podem conter células epiteliais e DNA suficientes para a genotipagem (PANG, 2011).

No entanto, a composição química do pó revelador de cor obviamente inibe a reação de PCR, ou pelo menos prejudica o mapa genético obtido da amostra. Essa característica prejudica o uso do desenvolvimento potencial de impressão em conjunto com a pesquisa de DNA. Por isso, é necessário aprimorar a tecnologia laboratorial de inspeção de DNA para extrair e isolar o material genético coletado nessas amostras de qualquer material que possa prejudicar sua identificação (CAPUTO, 2014).

Nas revelações das impressões papilares existem passos importantes a serem seguidos após a extração e concentração do DNA. De acordo com o método utilizado para a extração do DNA, há um intervalo de coleta que deve ser respeitado, após esta etapa, a análise quantitativa é utilizada para a quantificação absoluta de DNA obtida a partir de cada impressão papilar que foi mensurada através da reação de amplificação do DNA em tempo real. Em seguida, há o processo de análise genética, onde é feito o registro e classificação de perfis genéticos com o auxílio de um software (ALÉM, 2019).

A utilização da análise estatística se faz necessária para a organização dos dados de quantificação e genotipagem de DNA gerados. O teste de normalidade D'Agostino & Pearson foi realizado para os dados de quantificação por PCR em tempo real, objetivando-se identificar o quanto esses dados se distanciam de uma distribuição gaussiana (“distribuição normal”) ou se foram obtidos de uma população que segue essa distribuição (hipótese nula). (ALÉM, 2019).

Em seguida, a esses mesmos dados foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis o qual realiza comparações entre três ou mais grupos não pareados com o objetivo de avaliar se há alguma diferença entre as distribuições apresentadas. Se $p > 0,05$ para este teste, conclui-se que não há diferença entre os grupos analisados. Se $p < 0,05$ então, rejeita-se a hipótese de que a diferença encontrada seja aleatória e conclui-se que há uma real diferença entre os grupos. Além disso, também foi aplicado o teste post hoc de Dunn com o intuito de se identificar entre quais grupos estaria a diferença, se esta existisse. Ambos os testes – Kruskal-Wallis e teste de Dunn – foram aplicados também aos dados de genotipagem. Além de todo este procedimento é feita a análise morfológica tendo como objetivo principal a identificação, com

maior precisão, da existência de material genético do ponto de vista celular (ALÉM, 2019).

4.4 Desenvolvimento de impressões digitais

Laboratórios forenses estabeleceram acordos para desenvolver impressões digitais latentes, que podem incluir evaporação de cianoacrilato (supercola) e / ou remoção de poeira com pó para impressão digital. Assim que a impressão digital for encontrada e visualmente revelada, ela será fotografada no local e poderá ser removida para processamento posterior. Um dos desafios da química do toque é combinar as práticas atuais usadas por examinadores de impressão digital em potencial com sistemas analíticos usados para obter informações químicas (FERGUSON, 2011).

Antes que os laboratórios forenses possam adotar a química de contato, mais trabalho precisa ser feito para avaliar a confiabilidade do processo e a eficiência do instrumento. Por muitos anos, os pesquisadores têm explorado novos métodos de visualização de impressão digital e melhorias subsequentes. Em geral, a escolha do método de visualização depende da natureza da superfície que está sendo inspecionada (ou seja, porosa, semiporosa, não porosa, úmida ou seca), componentes potenciais de impressão digital disponíveis e a ordem em que o método é aplicado. Em vista dos casos forenses reais, as impressões digitais latentes (por exemplo, aminoácidos e ácidos graxos) podem ser visualizadas usando métodos físicos e / ou químicos. É importante deixar registrado também a importância da ordem da aplicação do método, assim como os fatores físicos que podem influenciar na visualização das impressões digitais em casos práticos (KASPER, 2016).

A técnica mais recentemente citada é a espectrometria de massa / tempo de escape com dessorção a laser assistida por matriz (MALDI / TOF MS). Esta técnica surgiu como uma plataforma para medir a composição química de possíveis resíduos de impressões digitais. Esforços para aplicar essa tecnologia para fins forenses e de inteligência estão começando a aparecer na literatura (FERGUSON, 2011).

A imagem MALDI / TOF MS é usada principalmente para amostras de tecido biológico, mas sua aplicação foi estendida a moléculas pequenas. Essas imagens são usadas para criar um mapa químico da localização do analito com base nas informações do espectro de massa. Um benefício da imagem é que centenas de analitos podem ser mapeados em um experimento enquanto rastreiam componentes individuais ao mesmo tempo. A informação de identificação química específica é baseada em íons moleculares e / ou fragmentos comumente encontrados em

análises MALDI / TOF MS. Ao determinar se um composto é exógeno ou endógeno, observando o padrão de analito na imagem, a imagem química de resíduos de impressão digital em potencial também pode fornecer uma resposta mais clara do que a espectrometria de massa sozinha. Por exemplo, resíduos de impressões digitais deixados após o manuseio de substâncias ilegais ou explosivos podem mostrar que o analito está distribuído de forma desigual na impressão. Por outro lado, se um composto é excretado do corpo, ele será distribuído uniformemente na impressão (FERGUSON, 2011).

Poucos estudos relataram o uso de MALDI e procedimentos tradicionais de desenvolvimento de impressão digital para medir compostos exógenos. No entanto, desenvolvedores alternativos provaram ser compatíveis com a análise MALDI / TOF MS. Estes incluem pulverização de pó com uma matriz MALDI específica (ácido α -ciano-4-hidroxicinâmico [CHCA]) e, em seguida, pulverização com solventes ou pulverização de pó com nanopartículas funcionalizadas de pó de impressão digital (WOLSETNHOLME, 2011).

Sobre os métodos de visualização físicas, técnicas de suspensão em pó SPR (suspensão de pó úmido) foram introduzidas para visualizar impressões digitais latentes em objetos não porosos que foram acidentalmente ou deliberadamente umedecidos. Os pesquisadores também levantaram a hipótese de que a SPR está ligada aos componentes solúveis em gordura das impressões digitais (DALUZ, 2015). Goldstone (2015) e outros também apóiam essa hipótese. Quando eles relataram que o SPR preto e branco teve um desempenho ruim ao observar possíveis impressões digitais da exposição a aerossóis de spray marinho, isso pode ser devido à perda de componentes do sebo durante essa exposição.

Tradicionalmente, SPR é uma suspensão de partículas finas de dissulfeto de molibdênio (MoS₂) em uma mistura de água e surfactantes. Além do preto, SPR tem duas outras variantes de cor, cores brancas e fluorescentes (KASPER, 2016).

Historicamente, o desenvolvimento da suspensão de pó preto tradicional (mais tarde vendida como Sticky-side Powder TM) foi proposto pela primeira vez por Burns (1994) para exibir impressões digitais no lado adesivo da fita. Vantajosamente, a tecnologia de suspensão de pó funciona melhor no lado pegajoso da fita, enquanto os métodos de pó comuns são inúteis aqui. Como o nome sugere, essa tecnologia é baseada em partículas de poeira (à base de carbono, dióxido de titânio ou ferro) suspensas em uma mistura de água e detergentes diluídos (como Kodak Photo-Flo TM ou Liquinox TM). É basicamente semelhante ao SPR exceto por sua consistência mais espessa (semelhante à pintura) (BLEAY et al. 2018).

De acordo com relatos, esta técnica é adequada para melhorar as impressões digitais em superfícies molhadas não porosas e semiporosas por pulverização, pintura e imersão (DALUZ,

2015).

Especula-se que a visualização bem-sucedida de impressões digitais usando esta técnica está relacionada à sua interação com componentes solúveis em água encapsulados em componentes não solúveis em água, ao invés de quaisquer outros métodos baseados em pó. Bleay *et al.*, 2018 relataram que a tecnologia de suspensão em pó tem o melhor efeito nas possíveis impressões digitais de envelhecimento. Downham *et al.* (2017) relataram que a concentração de surfactantes em reagentes à base de ferro desempenha um papel importante na determinação da clareza da qualidade da impressão digital visual, possivelmente porque os surfactantes ajudam a controlar a deposição preferencial de partículas de poeira suspensas nos componentes da impressão digital, formando micelas estáveis (BLEAY *et al.*, 2018).

Para superfícies multicoloridas, foram introduzidas suspensões de fósforo (como Rodamina 6G e Amarelo Básico 40). Embora seja útil na visualização de impressões digitais latentes úmidas, o mecanismo por trás da visualização bem-sucedida ainda é controverso (DALUZ, 2015).

Uma vez que a escolha do método químico depende muito dos componentes disponíveis da impressão digital e da ordem de aplicação, este tipo de método químico deve ser escolhido com cuidado, pois este tem influência direta na impressão e características das marcas superficiais (KASPER, 2016).

4.5 Pós reveladores e seu processo de adesão

Todos os pós usados para divulgação de IPL usam um mecanismo de adesão que ocorre entre as moléculas de um substrato (o material que compõe o pó) e as moléculas de outro substrato (o material que está presente nas linhas que formam a IPL) (BLEAY *et al.*, 2018). Quando a atração envolve moléculas do mesmo tipo (pertencentes ao mesmo substrato), essa força é chamada de coesão; quando envolve moléculas diferentes, essa força é chamada de adesão (DARVELL, 2018).

Em linhas gerais, a adesão é apenas um processo de fixação superficial, que geralmente é definido pela especificação do tipo de atração intermolecular que pode existir entre as superfícies envolvidas (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

Para que o processo de adesão seja eficaz, a afinidade do pó com os traços presentes na linha de impressão a ser revelada deve ser maior do que a afinidade com a superfície (ranhura) que o contém, de forma que o pó seja preferencialmente depositado na impressão. As linhas de

fricção são impressas em forma de tingimento e criam um contraste entre essas linhas e as ranhuras. Em outras palavras, a adesão é a força que faz com que duas superfícies diferentes se colem quando estão em contato próximo (KEHRWALD, 2009).

As moléculas de uma aderem (são atraídas) às moléculas da outra. A conformidade efetiva depende de vários fatores. Por exemplo, quando a distância entre as moléculas da superfície de uma substância atrativa é maior que 0,7 nanômetros (0,0007 micrômetros), nenhuma atração é esperada (ANUSAVICE et al., 2013). Além do contato íntimo entre as superfícies, seguem discriminados abaixo outros fatores relevantes ao processo de adesão do pó às IPLs:

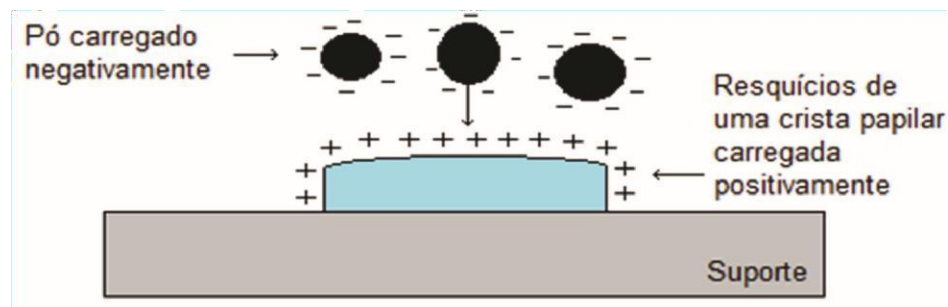
1. carga eletrostática sobre as superfícies envolvidas;
2. formato, tamanho, área superficial e energia livre de superfície;
3. química das superfícies envolvidas;
4. forças intermoleculares;
5. molhabilidade (capacidade de umedecimento);

Cada um desses aspectos influenciadores do mecanismo de adesão entre o pó tradicional e as IPLs serão, na ordem em que foram apresentados acima, devidamente detalhados nas próximas seções.

4.5.1 Carga Eletrostática sobre as Superfícies Envolvidas

Se as partículas de pó estiverem carregadas, a força de atração de Coulomb para a superfície do IPL pode exceder outras contribuições para a adesão. O IPL pode ter alguma carga residual logo após a deposição; portanto, se um pó com partículas carregadas com o sinal oposto for usado, ele é facilmente atraído pelos detritos impressos. Essa interação carga-carga é governada pela lei de Coulomb, e a força atrativa varia com o inverso do quadrado da distância entre as cargas (BLEAY *et al.*, 2018). A Figura 5 ilustra essa situação.

Figura 5 - Diagrama esquemático mostrando a interação eletrostática entre partículas de pó carregadas negativamente e os resquícios de uma impressão da crista papilar carregada positivamente.



Fonte: adaptado de Carvalho, 2021.

Embora tenham sido encontradas citações de trabalhos que utilizam esse efeito elétrico para melhorar o desenvolvimento do IPL, este não é o principal mecanismo utilizado em nenhum dos pós atualmente em cenas de crime. Nestes estudos, observou-se que o contato da escova ou pincel com a superfície durante o processo de "empoamento" tende a remover a carga estática residual na linha do IPL, resultando em revelações de baixa qualidade (BLEAY *et al.*, 2018).

4.5.2 Formato, Tamanho, Área Superficial

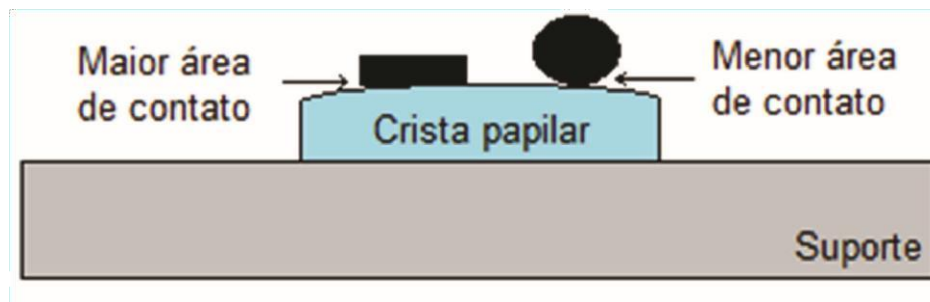
Análise de áreas específicas, como análise de imagens e microscopia, tradicionalmente usam fatores de forma para descrever a forma de uma imagem digitalmente, independentemente do seu tamanho. O fator de forma é uma quantidade adimensional calculada com base no tamanho da partícula e seu valor muda de zero para um quando normalizado. Um fator de forma igual a 1 geralmente representa a situação mais simétrica, como um círculo, esfera, quadrado ou cubo (MARTÍNEZ *et al.*, 2011).

Um fator de forma interessante para estudar o pó revelador é a proporção da imagem (também conhecida como proporção da tela). Essa magnitude é simplesmente a razão entre o maior diâmetro do objeto em questão e o menor diâmetro ortogonal a ele ($A_p = d_{max} / d_{min}$) (MARTÍNEZ *et al.*, 2011). Embora os pós granulares tendam a ser esféricos ou tenham uma baixa qualidade de proporção de imagem, os pós de floculação são planos e têm uma alta

proporção de imagem.

Como mencionado anteriormente, a forma da partícula afeta a maneira como ela adere a diferentes superfícies. Pós granulares com baixas proporções de imagem são fáceis de rolar na superfície, enquanto os pós flocados são mais fáceis de deslizar. No caso em que o pó permanecerá na superfície das cristas papilares impressas, o pó flocado tende a ter uma área de superfície de contato maior em comparação com o pó granular. Inevitavelmente, diferentes áreas de superfície de contato significam diferentes interações (BLEAY *et al.*, 2018). A Figura 6 ilustra a presente situação.

Figura 6 - Diagrama esquemático mostrando a maior área de contato dos pós flocados, quando comparados aos pós granulares, com a superfície da crista papilar impressa, para o caso de os pós ficarem sobre a crista.



Fonte: adaptado de Carvalho, 2021.

4.5.3 Química das Superfícies Envolvidas

Mudar a química de superfície envolvida no desenvolvimento da IPL usando a tecnologia de pulverização mudará a interação entre as partículas de pó e o meio ao qual tendem a aderir, porque cada tipo de molécula tem sua própria característica. As reações químicas, as forças intermoleculares e as interações lipofílicas podem ser causadas por pequenas mudanças na composição química da superfície da interação pó-crista papilar impressa. A pericia papiloscópica usa catalisadores que operam de acordo com os compostos presentes em cada componente da impressão papilar (LOBO, 2019).

Embora a composição da IPL varie de acordo com o estilo de vida de quem o produziu, sempre existem alguns ingredientes básicos comuns endógenos. Uma série de compostos como água, sais inorgânicos, ureia, aminoácidos, proteínas, ácido úrico, ácido láctico e açúcares são excretados das glândulas exócrinas por todo o corpo. Já os esqualenos, triglicerídeos, ácidos graxos e fosfolipídios são oriundos de glândulas sebáceas, as quais não estão presentes nas

palmas das mãos e solas dos pés, mas em outras regiões comumente tocadas pelas pontas dos dedos, como a face e o cabelo (GIROD *et al.*, 2012).

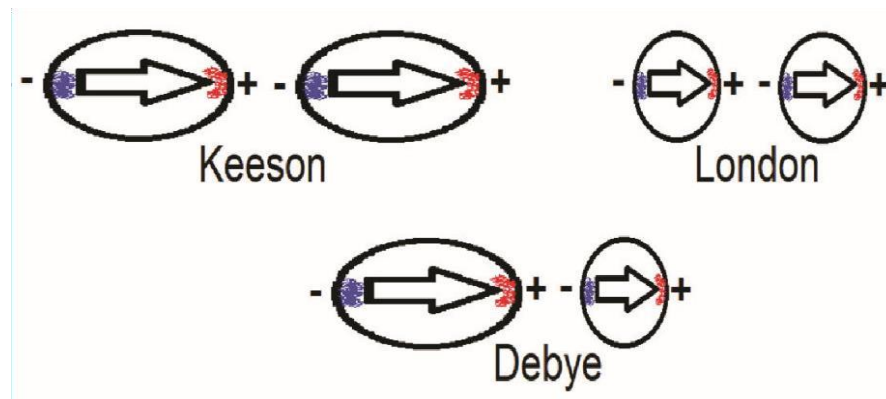
4.5.4 Forças Intermoleculares

As forças intermoleculares são principalmente de natureza eletrostática, incluindo forças de van der Waals e ligações de hidrogênio. Por exemplo, em líquidos, as moléculas se ligam a outras moléculas por meio de interações intermoleculares. Essas interações são mais fracas do que as interações intramoleculares (retendo átomos em uma molécula), mas desempenham um papel importante em uma variedade de fenômenos, tais como: adesão; tensão superficial; adsorção física; umectação; a flocculação de partículas no líquido; entre outros (CARVALHO, 2021).

A transição de fase é afetada por forças intermoleculares. Por exemplo, a mudança do estado gasoso para o estado líquido, quando algum gás se condensa, é acompanhada por uma contração de volume, o que indica que há forças de coesão entre as moléculas que participam da mudança de estado. Essas forças são as forças intermoleculares mencionadas anteriormente (CARVALHO, 2021).

A força de atração entre as partículas de pó e os fragmentos papilares também pode estar relacionada à interação dipolo intermolecular (polaridade induzida ou permanente) produzida pelo campo elétrico de átomos ou moléculas adjacentes. Essas forças incluem interações de dipolo permanente com dipolo permanente (Keesom, componente eletrostático), interações de dipolo permanente com dipolo induzido (Debye, componente de polarização), e interações de dipolo induzido com dipolo induzido (London, componente eletrodinâmico) (HOLWILL, 2019), conforme sintetizado pela Figura 7.

Figura 7 - Diagrama esquemático das três forças de van der Waals.



Fonte: adaptado de Carvalho (2021).

As elipses e círculos indicam dipolos permanentes e induzidos, respectivamente. As forças de Keesom atuam entre dipolos permanentes, as forças de London agem entre dipolos induzidos e as forças de Debye, entre dipolos permanentes e induzidos.

Todas essas três interações, comumente chamadas de interações ou forças de van der Waals, quanto maiores os átomos (ou moléculas) envolvidos, mais fácil é percebê-los. Átomos maiores são mais propensos a serem polarizados do que os menores, porque seus elétrons externos não estão tão fortemente ligados ao núcleo, então eles são mais suscetíveis à interferência do campo elétrico de moléculas adjacentes (HOLWILL, 2019).

4.5.5 Molhabilidade (capacidade de umedecimento)

A molhabilidade se refere ao desempenho macroscópico da interação entre as moléculas líquidas e sólidas. Cada líquido flui pela superfície de uma maneira única. Por exemplo, imagine um experimento no qual uma gota de algum tipo de líquido é colocada na superfície horizontal de qualquer vidro. Se a gota não se espalhar, significa que não houve umedecimento; no entanto, isso não se aplica necessariamente a gotas de diferentes líquidos. Uma vez que o mesmo experimento é repetido para outros líquidos, o espalhamento de gotículas pode ser observado em alguns casos. Diz-se que esses líquidos têm melhor molhabilidade (maior molhabilidade ou capacidade de umedecimento) (CARVALHO, 2021).

Então, a adesão das partículas de pó revelador ao fluido umectante da crista papilar impresso depende do equilíbrio de energia entre a força adesiva na interface do pó-crista papilar impressa e a força coesiva do líquido na crista papilar impressa. Quanto maiores as

forças adesivas (e menores as coesivas), mais interessante para a fixação preferencial do pó revelador sobre os resquícios papilares (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

Portanto, o pó revelador precisa ser fabricado com cuidado para facilitar a adesão às cristas do mamilo impressas e, se possível, para reduzir a coesão do líquido (tensão superficial) das cristas do mamilo impressas. Uma vez que a força de adesão é mais forte do que a força de coesão, as microfissuras presentes no pó revelador serão umedecidas adequadamente e, portanto, a adesão mecânica às cristas do mamilo impressas ocorrerá melhor devido à maior capacidade de umedecer o substrato sólido (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

4.6 TIPOS DE PÓS REVELADORES

4.6.1 Pós Comuns

Os pioneiros na fabricação de pós reveladores usaram vários ingredientes para fazer seus próprios pós, incluindo carvão, pó de chumbo, mercúrio, pó de charuto, pó de ferro, fuligem e talco. Muitos desses ingredientes são substâncias tóxicas ou contêm metais pesados inorgânicos ou compostos orgânicos aromáticos. (RAMOTOWSKI, 2012).

A maioria dos pós comerciais consiste em um material de ligação (também chamado de transportador) para maximizar a adesão e tingir para criar contraste (RAMOTOWSKI, 2012).

Os fabricantes geralmente rotulam os pós por cores, como preto, branco, prata, cinza, etc., em vez de rotulá-los com base nos ingredientes usados na produção. As partículas que compõem um bom pó para impressão digital incluem negro de fumo, talco, caulim (minério composto de silicato de alumínio hidratado), alumínio, flocos de metal e dolomita (minério composto de carbonato de cálcio e magnésio). Bons aglutinantes incluem pó de ferro, licopódio (vegetal), amido de milho, resina e goma arábica (espécie de resina vegetal) (HOLDER *et al.*, 2011).

Um dos pós reveladores mais comuns, conhecido por sua versatilidade e eficácia, é feito de negro de fumo. Também conhecido como pó granular, seu tamanho está na faixa de 5-10 μm e sua forma é irregular e lisa (BLEAY *et al.*, 2018). Quando misturado com um portador / aglutinante, este pó é adequado para uma variedade de superfícies e causa pouca pintura do substrato (pouca adesão aos sulcos) (HOLDER *et al.*, 2011).

A mistura de negro de fumo produz uma imagem cinza-escuro, escuro, que pode ser vista em superfícies de cores diferentes. Este tipo de pó também fica evidente em uma superfície preta brilhante e é cinza claro. Curiosamente, os pós pretos comuns também podem ser marcados

com corantes fluorescentes, passando a ter uma dupla finalidade: adesão e contraste de fluorescência. (HOLDER *et al.*, 2011).

Pincéis com pelo de esquilo e cerdas do tipo esfregão são as ferramentas mais utilizadas para a aplicação dos pós granulares. Os pelos de animais não atraem demasiadamente o pó, de forma que é preciso recarregar regularmente o pincel durante a pulverização (BLEAY *et al.*, 2018), o que é particularmente interessante para um desenvolvimento cauteloso dos depósitos de fragmentos papilares, pois evita a formação de borrões.

Outros pós reveladores eficazes e amplamente usados são os pós floculantes metálicos feitos de alumínio, zinco, cobre, latão, aço inoxidável, ferro, cobalto e níquel. Alguns dados indicam que o pó de flocagem é mais sensível do que o pó granular (HOLDER *et al.*, 2011). Eles foram introduzidos para reduzir a absorção de umidade (um problema comum com giz ou pó de talco) e para melhorar a durabilidade e o contraste do registro fotográfico após a revelação. (RAMOTOWSKI, 2012). No entanto, em comparação com os pós granulares, os pós floculantes metálicos às vezes tendem a "pintar" o substrato (HOLDER *et al.*, 2011). Eles são feitos de partículas esféricas de metal por meio da moagem de esferas em flocos. O aumento da área superficial dos flocos em relação ao peso das partículas auxilia na adesão dopó (HOLDER *et al.*, 2011). O diâmetro do pó de flocagem disponível comercialmente está na faixa de 1-12 μm , a espessura média é de 0,5 μm , a superfície é lisa e as bordas são irregulares (BLEAY *et al.*, 2018).

Durante o processo de moagem, os flocos são revestidos com ácido esteárico (uma gordura saturada de cadeia longa) para evitar a aglomeração (o pó adere ao pó) e é benéfico para o revestimento de ácido esteárico e os ácidos graxos comumente encontrados nas marcações papilares latentes, pois existe uma interação lipofílica entre eles. (BLEAY *et al.*, 2018). O pó de veludo de alumínio forma boas marcas de contraste na maioria das superfícies (especialmente eficaz em vidro), mas em superfícies revestidas de prata, o pó de veludo de latão é mais recomendado porque forma um melhor contraste com a superfície (BLEAY *et al.*, 2018).

O método de aplicação mais eficaz com pó de floco metálico é o pincel de fibra de vidro, pois esse tipo de aplicador retém o pó e o libera gradativamente, tornando-o adequado para o acúmulo gradativo de partículas metálicas (HOLDER *et al.*, 2011). Deve-se notar que este tipo de pincel também é amplamente utilizado para aplicações de pó granular.

4.6.2 Pós magnéticos

Existem muitos pós magnéticos disponíveis. Existem pós magnéticos granulares e flocados com diferentes cores, formando o melhor contraste com a superfície. Eles são mais

recomendados para superfícies lisas e texturizadas (revestidas com selante, verniz ou tinta) e PVC, mas também são adequados para algumas superfícies porosas onde IPL foi usado recentemente (FREITAS *et al.*, 2019).

O pó magnético granular preto é o mais comumente usado, consistindo em grandes partículas portadoras magnéticas (ou ligantes) (20-200 μm) e partículas menores de óxido de ferro não magnético (Fe_3O_4) (pigmento), com um tamanho de partícula de 3 a 12 μm (BLEAY *et al.*, 2018). Embora o pó magnético branco não seja tão eficaz quanto os pós de partículas magnéticas cinza e prata, ele ainda pode ser usado para revelação em superfícies escuras e texturizadas quando o contraste é um problema (BLEAY *et al.*, 2018).

O pó magnético flocado apareceu no início da década de 1990. É feito por moagem de ferro carbonil esférico com 3% a 5% de ácido esteárico em um solvente adequado para fazer flocos suaves com um tamanho na faixa de 10 a 60 μm (BLEAY *et al.*, 2018). Este pó tem uma composição única e pode ser usado como um transportador e pigmento de revelação (CARVALHO, 2021).

A sensibilidade do pó magnético de flocagem em superfícies texturizadas é ligeiramente menor do que a do pó magnético granular preto, mas pode fornecer maior contraste em superfícies texturizadas escuras (BLEAY *et al.*, 2018). Comparado com o pó de flocagem de alumínio não magnético, o pó de flocagem magnética tem um desempenho melhor em superfícies mais ásperas, enquanto o pó de flocagem, em geral, tem um desempenho ligeiramente melhor em superfícies mais lisas (RAMOTOWSKI, 2012).

Usa-se um aplicador com um pequeno ímã na ponta para aplicar o pó magnético. A vantagem do aplicador magnético é evitar o contato direto com a superfície, minimizando a possibilidade de danificar o IPL (RAMOTOWSKI, 2012). Embora esses pós sejam relativamente fáceis de aplicar em superfícies horizontais, este não é o caso para superfícies verticais. Nessas aplicações, a aplicação não é tão direta e poeira pode cair. Ao selecionar o pó a ser usado, deve-se considerar a facilidade de aplicação em uma superfície específica, na Figura 8 pode-se observar os aplicadores dos pós reveladores. (FREITAS *et al.*, 2019).

Figura 8 - Aplicadores de pós reveladores: a) com ímã, utilizado para pulverizar pós magnéticos; b) de fibra de vidro, utilizado para pulverizar pós flocados de metal e c) do tipo esfregão, utilizado para pulverizar pós granulares.



Fonte: Adaptado de Carvalho (2021).

4.6.2 Pós Luminescentes

Muitos pós contêm derivados orgânicos naturais ou sintéticos que apresentam fluorescência ou fosforescência quando expostos à luz ultravioleta ou laser. A maioria dos pós luminescentes atualmente disponíveis usa grandes partículas orgânicas, como amido de milho, como um transportador / aglutinante para partículas finas de pigmento fluorescente. (BLEAY *et al.* 2018).

Apesar de existirem algumas diferenças entre fluorescência e fosforescência, o mais importante é esclarecer que fluorescência é um tipo de emissão de luz que desaparece no final da excitação, enquanto na fosforescência, a luz ainda existe após o final da excitação (a vida útil da fosforescência pode chegar até a escala de horas) (CARVALHO, 2021).

Os pós fluorescentes são mais comuns que os fosforescentes. No entanto, os pós fosforescentes são muito úteis para desenvolver IPL em portadores que mostram alguma fluorescência, porque quando a fonte de excitação desaparece da amostra, o tempo de vida de

fluorescência do portador de fundo decai rapidamente; no entanto, a IPL eventualmente desenvolvida com pós fosforescentes continuará a emitir luminescência. Embora essa diferença de tempo seja pequena, ela pode eliminar quase completamente a interferência de fluorescência da portadora (RAMOTOWSKI, 2012).

Os pós fluorescentes podem ser comuns ou magnéticos, com diferentes cores à escolha, incluindo vermelho, laranja, verde e amarelo, e produzem excelentes efeitos em várias superfícies, especialmente aquelas que são de difícil obtenção de contraste quando periciadas com pós comuns (FREITAS *et al.*, 2019).

Esses pós também são usados para melhorar a IPL originalmente encontrado na aplicação com cianoacrilato. Além disso, são adequados para detectar possíveis impressões digitais em superfícies difíceis como madeira, fita adesiva e polietileno (CARVALHO, 2021). Existem pós recentemente desenvolvidos que apresentam fluorescência na região do infravermelho (o equipamento fotográfico deve ser sensível a essa radiação para visualizar a IPL exibido) e pós com propriedades anti-Stokes (BLEAY *et al.*, 2018).

Os pós com estas propriedades são compostos de materiais especiais (chamados conversores ascendentes) que podem absorver vários fótons quando excitados por radiação eletromagnética com um comprimento de onda maior (energia mais baixa) (como infravermelho baixo). A emissão de um único fóton ocorre em um comprimento de onda mais curto (energia mais alta) na região da luz visível. A diminuição do comprimento de onda é chamada de deslocamento anti-Stokes. (RAMOTOWSKI, 2012).

Os pós reveladores que utilizam materiais que apresentam fluorescência anti-Stokes são úteis quando o suporte manifesta fluorescência Stokes para a mesma faixa de comprimentos de onda utilizada para excitar reveladores fluorescentes convencionais do tipo Stokes (por exemplo, Ardrex ou amarelo básico 40), viabilizando a obtenção de contraste entre as cristas papilares impressas e o suporte (FREITAS *et al.*, 2019).

4.6.4 Pós de Nanotecnologia

Nanociência ou nanotecnologia é o campo da ciência que se concentra em como os nanomateriais são projetados, fabricados e aplicados para fins específicos. Um exemplo de nanomaterial é uma nanopartícula, que se caracteriza por um diâmetro inferior a 100 nm (RAMOTOWSKI, 2012).

Essas nanopartículas têm sido usadas para fazer pós para o desenvolvimento de IPL. Uma dessas tecnologias envolve o uso de nanocristais semicondutores, também conhecidos

como pontos quânticos. Essas partículas apresentam propriedades ópticas e elétricas especiais, que dependem do tamanho dos nanocristais (DILAG *et al.*, 2009). Segundo Ramotowski (2012), a fluorescência emitida pelos pontos quânticos é 20 vezes maior do que os pigmentos fluorescentes tradicionais. No entanto, existem sérias preocupações de saúde e segurança sobre o pó dessas nanopartículas.

Muitas pesquisas estão sendo feitas neste campo, principalmente devido à possibilidade de funcionalização de pontos quânticos. Tal aspecto adicionou a possibilidade de interações químicas, e não físicas, entre resíduos das IPLs e pós de pontos quânticos. Uma visão geral e completa da tecnologia de nanopartículas para a revelação de IPLs, pode ser encontrada no livro Lee and Gaensslen's *ADVANCES IN FINGERPRINT TECHNOLOGY*, editado por Robert S. Ramotowski (RAMOTOWSKI, 2012).

4.7 LIMITAÇÕES DO PADRÃO DE DEGRADAÇÃO DA IMPRESSÃO DIGITAL LATENTE

Apesar de todos os avanços tecnológicos na ciência da impressão digital, nenhum estudo relevante foi conduzido para estimar padrões observacionais gerais ou particulares do índice de degradação (IR) de marcas digitais latentes com base em análises visuais de deposições desenvolvidas em pó. Isso se deve em grande parte ao número de variáveis envolvidas e à combinação de circunstâncias que influenciam a progressão da deterioração da impressão digital latente (LANGENBURG, 2011). A fim de determinar a adequação das técnicas de exame de impressão digital latente, quatro fatores gerais devem ser considerados:

- 1 Doador (depositante);
- 2 Substrato (superfície receptora);
- 3 Interações físicas e químicas doador / substrato;
- 4 Condições ambientais.

As condições do doador incluem taxa de suor, quantidade e composição das secreções, idade, estado de saúde, estresse mental, raça e gênero, entre outros. O substrato deve ser avaliado quanto à sua temperatura e propriedades físicas e químicas. As características da superfície incluem secura, propriedade adesiva, tamanho, forma, suavidade, tipo de material, limpeza e porosidade. Em relação à interação entre doador e substrato, devem ser considerados: pressão produzida no momento da deposição, ângulo e comprimento de contato, reações físicas

e químicas com a superfície específica e tipo de contaminantes estranhos presentes como poeira, graxa e sangue. As condições ambientais incluem, entre outras, temperatura, insolação, ou seja, intensidade e duração das exposições diretas e indiretas à luz natural, correntes de ar e umidade relativa (WEYMERMANN *et al.*,2011).

5 METODOLOGIA E ETAPAS DE PESQUISA

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura (RNL), que possui caráter amplo e se propõe a descrever o desenvolvimento de determinado assunto, sob o ponto de vista teórico ou contextual, mediante análise e interpretação da produção científica existente. Essa síntese de conhecimentos a partir da descrição de temas abrangentes favorece a identificação de lacunas de conhecimento para subsidiar a realização de novas pesquisas. Ademais, sua operacionalização pode se dar de forma sistematizada com rigor metodológico (BRUM et al., 2015).

Como bases de dados a pesquisa se deu na biblioteca **SciELO** – Scientific Electronic Library Online, o portal Google Acadêmico e o periódico CAPES. utilizando-se os termos delimitadores de pesquisa: “pó revelador”, “impressão papilar” e “impressão papilar latente” para o levantamento de dados nos últimos 15 anos. Este processo envolveu atividades de busca, identificação, fichamento de estudos, mapeamento e análise dos resultados.

Os dados coletados para a seleção dos artigos analisados neste estudo atenderam aos seguintes critérios de inclusão: coletas de material genético em diferentes superfícies, utilização do pó revelador de acordo com a amostra e tipos de pós reveladores diferentes para a mesma superfície. Já os critérios de exclusão foram: revisões narrativas, trabalhos sem comparação dos pós reveladores ou que não tratasse as áreas específicas relacionadas a reunião de informações e resultados.

Das 39 produções selecionadas com os descritores “pó revelador” e “impressão papilar latente”, 31 atenderam ao critério de inclusão ao serem classificadas como artigos de interesse. Quando se aplicou o filtro relativo ao recorte temporal dos últimos quinze anos, foram selecionados 21 artigos. Após a leitura dos títulos e dos resumos dessas produções, 11 foram excluídos por não responderem diretamente ao objetivo desse estudo, uma vez que se tratava de aspectos como: falta da metodologia detalhada, pouca informação acerca dos pós e suas particularidades. Restaram dez artigos que passaram a compor o *corpus* de análise para este estudo de revisão narrativa.

O presente trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica que, segundo Gil (2008), é desenvolvida a partir de um material já elaborado constituído de livros e artigos científicos. Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas:

1ª etapa – Fontes de pesquisa

Artigos científicos sobre a temática: pós reveladores utilizados nas impressões papilares foram acessados nas bases de dados ScIELO, Google Acadêmico e Periódicos CAPES, priorizaram-se artigos nacionais e/ou internacionais dos periódicos da CAPES nos últimos 15 anos (2007- 2022), selecionando um total de 39 trabalhos.

2ª etapa – Seleção dos artigos

Para selecionar os artigos, foi feita uma avaliação no resumo das publicações como intuito de verificar se a obra consultada era de interesse para o trabalho. Os artigos que não contemplassem o objetivo da pesquisa, eram automaticamente descartados da análise.

3ª etapa – Análise e interpretação dos resultados

Nesta etapa foi realizada uma leitura analítica com a finalidade de ordenar as informações contidas nas fontes. Os artigos selecionados foram aqueles que demonstraram resultados satisfatórios (pós reveladores com sucesso na obtenção de perfis genéticos) para a posterior análise em impressões papilares.

4ª etapa – Exposição dos resultados

Foram elaborados quadros com dados de cada pesquisa. O objetivo foi mostrar os resultados de cada trabalho e destacar quais deles obtiveram sucesso em obter o perfil genético para associação a indivíduos relacionados.

6 DISCUSSÃO

De acordo com Alem (2019), os dados quantitativos por PCR em tempo real e o valor do desvio padrão calculado indicam uma diferença significativa na quantidade de DNA obtida de cada impressão papilar. Também foi mencionado que, independente da superfície, as amostras desenvolvidas com pó magnético apresentaram maior desvio padrão, indicando que a quantidade de DNA recuperada nessas condições apresentou alterações mais acentuadas.

Porém, no que se refere à análise quantitativa por PCR em tempo real, partindo do pressuposto de que diferentes grupos de superfície + revelador são comparados, o teste estatístico não encontrou diferença significativa.

Além disso, considerando cada doador individualmente, essa alteração pode ser demonstrada pelo fato de que cada pessoa tem sua tendência a transferir células na interação com a superfície, e quantidade transferida também varia entre os indivíduos, também pode variar com relação ao mesmo indivíduo ao longo de um mesmo dia, e os indivíduos podem ser divididos em bons e maus doadores de DNA. Goray *et al.* (2016) em seu relatório afirma que para observar bons doadores ou padrões de doadores ruins, mais amostras podem ser necessárias para análise.

Nas múltiplas comparações realizadas no teste, apenas diferenças estatísticas foram encontradas na superfície do papel referente a IPL com partículas magnéticas e outros grupos estudados. Do ponto de vista genético, esta é fortemente comprovada como a situação mais desfavorável para o uso do traço de impressão digital.

Observando o mapa genético obtido, o cianoacrilato é o revelador de impressão digital mais adequado. Este último também sugere que a camada de cianoacrilato depositada na superfície durante o processo de revelação das impressões papilares pode proteger os traços de DNA. Este desenvolvidor tem um efeito positivo no DNA - possivelmente protegendo-o da degradação induzida pelo ambiente.

No entanto, alguns fatores ainda devem ser enfatizados, como o método de aplicação (BILLE *et al.*, 2009) e o tempo de fumigação podem afetar a forma como o cianoacrilato interfere no DNA. Os cianoacrilatos podem ser aplicados de diversas formas (através de um bastão, no formato de gel, através de processo automatizado com parâmetros de temperatura e umidade controlados ou em cabine, através de método in house – informal, sem controle exato de parâmetros) (THE FINGERPRINT SOURCE BOOK, 2012). Segundo Pitilertpanya *et al.* (2007), a exposição prolongada ao cianoacrilato reduz a recuperação do perfil genético, e um tempo médio benéfico para isso é de 20 a 30 minutos. O tempo médio utilizado neste estudo foi

de aproximadamente 20 minutos, o que também confirmou o sucesso observado na genotipagem das impressões papilares em todas as condições testadas.

Em relação aos demais produtos químicos testados no trabalho de Alem (2019), os resultados obtidos mostram que impressões digitais impregnadas com pó vulcano (carbonato de chumbo) podem ser processadas (60% e 100% do perfil genético obtido em suportes de vidro e metal, respectivamente) e pó magnético (óxido de ferro) (60% de perfis completos obtidos na superfície de vidro). Resultados semelhantes foram obtidos por Thamnurak *et al.* (2011), Norlin *et al.* (2013) e Kumar *et al.* (2015). Farber *et al.* (2010) que relataram uma diferença pouco expressiva (0,4%) com relação à eficiência na recuperação de perfis genéticos ao comparar impressões papilares reveladas com pó vulcano e com pó magnético. Do mesmo modo, considerando o suporte de vidro no qual ambos os pós vulcano e magnético foram aplicados – o que permite a comparação direta – também não foi possível detectar diferença significativa.

Avaliando-se apenas o pó vulcano preto, este apresentou maior taxa de sucesso do que o pó magnético. Três das amostras reveladas com pó vulcano preto reportaram a presença de contaminação nos marcadores. Isto pode ser associada ao uso dos pincéis necessários para a aplicação de alguns reveladores datiloscópicos em pó (exceto o pó magnético que não utiliza um pincel propriamente dito, não existindo a presença de cerdas).

Além disso, o uso da tecnologia do pó para desenvolver impressões digitais é um dos métodos mais utilizados nas rotinas forenses, com alta eficiência, resultados imediatos e excelente custo-benefício (SEWELL *et al.*, 2012), o que torna os resultados muito promissores para rotinas de especialistas. O teste post hoc de Dunn aplicado aos resultados da genotipagem – considerando o número de alelos obtidos para cada grupo – indicou não existir diferença significativa entre os grupos vidro + pó vulcano, vidro + pó magnético, vidro + cianoacrilato, metal + pó vulcano e metal + cianoacrilato, tornando possível inferir que na prática, quaisquer dos três reveladores testados podem ser aplicados sem prejuízo na análise genética, assim como reportaram Templeton *et al.* (2017).

Tratando-se da avaliação genética por STR (TAXA DE OBTENÇÃO DE PERFIL GENÉTICO), considerando o tipo de superfície utilizada (vidro, metal e papel), não foi observada diferença significativa entre vidro e metal e esses apresentaram resultados acentuadamente superiores aos da superfície de papel. Tozzo *et al.* (2014) associaram a maior taxa de obtenção de perfis genéticos a partir dos suportes de vidro e metal dado o aspecto liso e regular das superfícies, o que implicaria em uma menor retenção dos pós reveladores, impactando positivamente as análises genéticas. Ainda, a taxa de sucesso reportada por Tozzo *et al.* (2014) considerando o uso do pó magnético em superfície não porosa – vidro e metal – foi

de aproximadamente 60%, a mesma taxa apresentada por Alem (2019).

A baixa taxa de sucesso na obtenção de perfil genético a partir de amostras de IPL coletadas em papel pode ter relação com a composição desta superfície. Shalhoub *et al.* (2008) associaram uma maior recuperação de DNA a partir de superfícies não porosas visto que estas não possuem propriedades absorptivas capazes de reter células epiteliais, assim como o papel (superfície porosa). Ainda, a celulose presente na composição do papel pode exercer efeito inibitório sobre os ácidos nucléicos ao ligar-se a esses, e sobre a atividade da enzima DNA polimerase.

Kumar *et al.* (2015) demonstram com base em extensa revisão de literatura, que o sucesso na recuperação de DNA e subsequente obtenção de perfil genético, depende diretamente do intervalo entre a revelação da IPL e o processamento inicial (coleta e extração de DNA). Ainda, Thamnurak *et al.* (2011) argumentam que a variação observada na amplificação dos marcadores STR pode ser associada ao processo de revelação das IPL, de modo que a interação das cerdas do pincel com a superfície ocasionaria a retirada de algumas das células transferidas durante a deposição da IPL.

Os índices de degradação (ID) calculados de acordo com Alem (2019), indicam existir algum nível de degradação em todas as amostras avaliadas, sendo que, quanto maior o ID, mais degradada é considerada a amostra. Pineda *et al.* (2014) estabelecem uma correlação entre o ID obtido e o número de alelos amplificados para cada amostra, sendo que ID maiores seriam indicativos de uma quantidade reduzida de alelos detectados.

Logo, a partir da avaliação dos valores de ID, é possível prever qual seria a metodologia adequada de genotipagem mais indicado para o processamento das amostras. Assim sendo, mesmo com um ID elevado, é possível obter um bom resultado na genotipagem de regiões STR (sequências curtas de repetições de DNA).

7 CONCLUSÃO

Os pós reveladores de impressões latentes são ferramentas que podem ser empregadas para a eleição das regiões nas superfícies onde será feita a coleta de material biológico para os exames de DNA. Sendo possível então, extrair DNA depositado por contato em objetos relacionados a ocorrências criminais em quantidade suficiente para obtenção de perfis genéticos de qualidade.

A capacidade da emulsão presente na crista papilar impressa de molhar a superfície sólida dos pós reveladores é influenciada por vários fatores. A ausência de contaminantes na superfície do pó e a distância entre as interfaces pó-crista papilar impressa são de particular importância.

As impurezas na superfície do pó geralmente produzem uma superfície menos reativa que a superfície limpa e atrapalham no umedecimento e no contato íntimo pó-crista papilar impressa, ambos determinantes para uma efetiva adesão do pó e, conseqüentemente, para a revelação da marca papilar latente. Quanto mais reativas as interfaces, maior a energia livre de superfície, melhor o molhamento da superfície sólida pela líquida e maior a força de adesão entre elas.

O formato, o tamanho, a área superficial e a composição química das partículas do pó também são influenciadores do processo de adesão do pó revelador às cristas papilares impressas. Todos esses fatores interferem na reatividade das superfícies na interface pó-crista papilar impressa na medida em que influenciam a energia livre de superfície. Quanto maior a energia livre de superfície, mais interessante para o processo de adesão, pois assim, viabiliza-se a realização de trabalho sobre as forças coesivas (tensão superficial: líquido-líquido) presentes na solução líquida que compõe os resquícios papiloscópicos.

De uma maneira geral a quantidade de pó revelador aderido a uma impressão é proporcional à quantidade de material biológico depositado.

Apesar de auxiliar na coleta de material, de uma maneira geral os pós reveladores apresentam um efeito de inibição da reação de PCR e diminuem a quantidade de DNA recuperado nas reações. O emprego de uma reação de purificação de DNA pode auxiliar a melhorar a qualidade da amostra, embora os efeitos inibitórios não tenham sido totalmente compensados.

O conhecimento e a aplicação correta dos princípios técnico-científicos relacionados aos procedimentos periciais de revelação de impressões papilares latentes desempenham papel de

destaque na promoção de direitos e na manutenção da dignidade da pessoa humana, não apenas por, potencialmente, apresentarem suspeitos relacionados ao cometimento de determinado ato delituoso, mas, também, por evitarem que a inocentes sejam imputados crimes que não cometeram.

As informações e resultados apresentados acerca dos diversas referências bibliográficas analisadas têm a finalidade de correlacionar os estudos dos pós reveladores e promover, através do presente trabalho, o interesse no desenvolvimento dos pós reveladores, além do conhecimento em novas metodologias que podem contribuir para o cenário investigativo e criminal.

REFERÊNCIAS

Alem, L. **Padronização de metodologia para a identificação de perfil genético de impressões papilares impregnadas com reveladores químicos empregados na Perícia Criminal Militar** / Ludmila Alem. – 2019.

Alberts M, Bruce R. **Molecular Biology of the Cell**. Garland Science; 5 edition; 2011.

Albrecht, J.; **Biometrics, University of Pretoria: Pretória**, 2013.

Anusavice, K. J. et al. **Phillips' science of dental materials**. [S.l.]: Elsevier, 2013.

Balsan, J. D. et al. **Desenvolvimento de metodologia de revelação de impressão digital latente com chalconas**, 2019.

Behjati S, Tarpey PS. **What is next generation sequencing?** Arch Dis Child Educ PractEd. 2013 Dec;98(6):236–8.

Bleay SM, Croxton RS, De Puit M (2018) **Deposição seletiva de fase líquida técnicas. In: Técnicas de desenvolvimento de impressão digital: teoria e aplicação**. Wiley, West Sussex, pp 321-356.

Bruice, P. Y. **Organic Chemistry. 4th Edition – Cleveland: Prentice Hall**, 2014.

Butler JM. **Forensic DNA Typing, Second Edition: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers**. Academic Press; 2 edition; 2011.

Caputo M, Irisarri M, Alechine E, Corach D. **A DNA extraction method of small quantities of bone for high-quality genotyping**. Forensic Sci Int Genet. 2013 Sep.; 7(5):488–93.

Carvalho, DS. **O pó revelador e seu processo de adesão aos resquícios presentes nas impressões papilares latentes**. Revista brasileira de ciências policiais, Brasília, v. 12, n.4 , p.323-358 , jan/abr 2021.

Daluz HM (2015) **Fundamentos de análise de impressão digital**. CRC Press, Boca Raton.

Daly DJ, Murphy C, McDermott SD. **The transfer of touch DNA from hands to glass, fabric and wood**. *Forensic Sci Int Genet*. 2012 Jan;6(1):41–6.

Darvell, B. W. **Materials science for dentistry**. Birmingham: Elsevier, 2018. Downham RP, Ciuksza TM, Desai HJ, Sears VG (2017) **Black Iron (II / III) óxidosuspensão em pó (formulação CAST de 2009) para visualização da marca do dedo, parte 1: componentes da formulação e estudos de prazo de validade**. *J Forensic Ident*67 (1): 118–143.

Dieltjes P, Mieremet R, Zuniga S, Kraaijenbrink T, Pijpe J, de Knijff P. **A sensitive method to extract DNA from biological traces present on ammunition for the purpose of genetic profiling**. *Int J Legal Med*. 2011 Jul;125(4):597–602.

Ferguson, S.; Nicholson, L.; Farrugia, R.; Bremer, D.; Guteh, D.; **Sci. Justice** 2013, 53,67.

Ferguson L, Bradshaw R, Wolstenholme R, Clench M, Francese S. **Twostep matrix application for the enhancement and imaging of latent fingerprints**. *Anal Chem* 2011; 83: 5585–91.

Fieldhouse, S. et al. **The effect of DNA recovery on the subsequent quality of latent fingerprints**. *Forensic Science International*, v. 267, p. 78–88, 2016.

Freitas, A. F. et al. **Papiloscopia Forense**. Caderno didático ANP. Brasília: Academia Nacional de Polícia, 2019.

Gireli, M. A.; Lobo, B. J. M.; Cunha, A. G.; Freitas, J. C. C.; Emmerich, F. G.; **Sci. Int.** 2015, 250, 26.

Girod, A. et al. **Composition of fingerprint residue: A qualitative and quantitative**

review. Forensic Science International, v. 223, p. 10- 24, jun 2012.

Goldstone SL, Francis SC, Gardner SJ (2015) **Uma investigação sobre o realce de impressões digitais expostas por borrifos do mar no vidro.** Forensic Sci Int 252: 33– 38. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.04.012>.

Goray M, Mitchell RJ, van Oorschot RAH. **Investigation of secondary DNA transfer of skin cells under controlled test conditions.** Leg Med (Tokyo). 2010 May; 12(3):117–20.

Horsman-Hall KM, Orihuela Y, Karczynski SL, Davis AL, Ban JD, Greenspoon S a. **Development of STR profiles from firearms and fired cartridge cases.** Forensic Sci Int Genet. 2014 Sep; 3(4):242–50.

Holder, E. H. et al. **The fingerprint Sourcebook.** Washington, DC: U.S. Department of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice, 2011.

Holwill, M. **Nanomechanics in van der Waals Heterostructures.** Manchester, UK: Espringer Theses (Doctoral Thesis) - University of Manchester, 2019.

Jobling M, Gill P. **Encoded evidence: DNA in forensic analysis.** Nat Rev Genet. 2014 Oct ;5(10):739–51.

Junqueira LC, Carneiro J. **Histologia Básica. 11ª Edição.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2012.

Horsman-Hall KM, Orihuela Y, Karczynski SL, Davis AL, Ban JD, Greenspoon S a. **Development of STR profiles from firearms and fired cartridge cases.** Forensic Sci Int Genet. 2014 Sep; 3(4):242–50.

[Http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez_forense1.pdf](http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2006dez_forense1.pdf), acessada em setembro de 2021.

Kasper SP. (2016) **Guia de processamento de impressão latente.** Academic, Oxford.

Kehrwald, A. M. **Estudo da influência da energia livre superficial na molhabilidade e adesão de revestimentos à base de fluorsilanos.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

Langenburg G. (2011) **Scientific Research Supporting the Foundations of Friction Ridge Examinations.** In: Instituto Nacional de Justiça, Departamento de Justiça dos EUA (ed) *The Fingerprint Sourcebook*: Washington DC, EUA.

Lamond G. Uma introdução à datiloscopia. Direito Penal (Educação Jurídica Continuada). [Http://www.criminalcle.net.au/attachments/Fingerprints.An_Introduction_to_Dactyloscopy.pdf](http://www.criminalcle.net.au/attachments/Fingerprints.An_Introduction_to_Dactyloscopy.pdf). 2011. Acessado em 15 de setembro de 2021.

Lobo, B. J. M. **Revelação de impressões digitais em suportes celulósicos e cédulas de dinheiro: uma revisão.** Especialização (Identificação Humana) - Academia Nacional de Polícia, Brasília, 2019.

Martínez, L. et al. **Aspect-ratio and lateral-resolution enhancement in force microscopy by attaching nanoclusters generated by an ion cluster source at the end of a silicon tip.** *The Review of scientific instruments*, v. 82, DOI: 10.1063/1.3556788, 2011.

Pang BCM, Cheung BKK. **Double swab technique for collecting touched evidence.** *Leg Med (Tokyo)*. 2011 Jul;9(4):181–4.

Preuner S, Danzer M, Pröll J, Pötschger U, Lawitschka A, Gabriel C, et al. **High-quality DNA from fingernails for genetic analysis.** *J Mol Diagn*. 2014 Jul;16(4):459–66.

Ramotowski, R. S. **Advances in Fingerprint Technology.** [S.l.]: CRC Press, 2012.

Roewer L. **DNA fingerprinting in forensics: past, present, future.** *Investigative Genetics*; 2013 Jan ;4(1):22.

Sambrook J, Russell DW. **Purification of nucleic acids by extraction with**

phenol:chloroform. CSH Protoc. 2013 Jan 1.

Schulz MM, Reichert W. **Archived or directly swabbed latent fingerprints as a DNA source for STR typing.** Forensic Sci Int. 2014 Jun 25;127(1-2):128–30.

Scheible M, Loreille O, Just R, Irwin J. **Short tandem repeat typing on the 454 platform: strategies and considerations for targeted sequencing of common forensic markers.** Forensic Sci Int Genet. 2014 Sep;12:107–19.

Seo SB, King JL, Warshauer DH, Davis CP, Ge J, Budowle B. **Single nucleotide polymorphism typing with massively parallel sequencing for human identification.** Int J Legal Med. 2013 Nov;127(6):1079–86.

Sewell J, Quinones I, Ames C, Multaney B, Curtis S, Seeboruth H, et al. **Recovery of DNA and fingerprints from touched documents.** Forensic Sci Int Genet. 2012 Sep.; 2(4):281–5.

Sobrino B, Brión M, Carracedo A. **SNPs in forensic genetics: a review on SNP typing methodologies.** Forensic Sci Int. 2015 Nov 25;154(2-3):181–94.

Sodhi GS, Kaur J. **Powder method for detecting latent fingerprints: a review.** Forensic Sci Int. 2010 Sep; 120(3):172–6.

Stangegaard M, Hjort BB, Hansen TN, Hoflund A, Mogensen HS, Hansen AJ, et al. **Automated extraction of DNA from biological stains on fabric from crime cases. A 73 comparison of a manual and three automated methods.** Forensic Sci Int Genet. 2013 May;7(3):384–8.

Strychalski EA, Konek C, Butts ELR, Vallone PM, Henry AC, Ross D. **DNA purification from crude samples for human identification using gradient elution isotachopheresis. Electrophoresis.** 2013 Sep;34(17):2522–30.

Svidzinski A. **Estudo de perfis genéticos obtidos a partir de amostras de DNA produzidas por contato.** Universidade de Brasília, 2014.

Tocchetto, D.; Figini, A.R.L. et al. **Datilosopia e Revelação de Impressões Digitais**. São Paulo: Editora Millennium. 2012.

Tokutomi T, Takada Y, Kanetake J, Mukaida M. **Identification using DNA from skin contact: case reports**. *Leg Med (Tokyo)*. Elsevier Ireland Ltd; 2011 Apr; 11 Suppl 1:S576–7.

Thomasma SM, Foran DR. **The influence of swabbing solutions on DNA recovery from touch samples**(.). *J Forensic Sci*. 2013 Mar; 58(2):465–9.

Van Oorschot RA, Ballantyne KN, Mitchell RJ. **Forensic trace DNA: a review**. *Investig Genet*. BioMed Central Ltd; 2011 Jan; 1(1):14.

Weyermann C, Roux C, Champod C (2011) **Resultados iniciais sobre a composição de impressões digitais e sua evolução em função do tempo por análise de GC / MS**. *J Forensic Sci* 56 (1): 102–108

Wolsethholme R, Bradshaw R, Clench MR, Francese S. **Estudo de impressões digitais por imagem de espectrometria de massa de desorção / ionização a laser assistida por matriz de lipídios endógenos**. *Rapid Commun Mass Spectrom* 2011; 23: 3031–9.

Yamashita B., French M. (2011) **Desenvolvimento de impressão latente**. In: Instituto Nacional de Justiça, Departamento de Justiça dos EUA (ed) *The Fingerprint Sourcebook*. Washington DC, EUA, pp 7.1-7.67.

Young JM, Rawlence NJ, Weyrich LS, Cooper A. **Limitations and recommendations for successful DNA extraction from forensic soil samples: a review**. *Sci Justice*. 2014May ;54(3):238–44.

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 Jul; 11:137–43.