

ESTUDO DE UMA NOVA PROPOSTA DE REVELAÇÃO DIGITAL EM SUPERFÍCIES ADESIVAS

Data de submissão: 28/04/2023

Data de aceite: 02/06/2023

Loredana Torres Guida

Curso Engenharia Química, Universidade
São Francisco

Franciele Shayene Silva Lima

Curso Engenharia Química, Universidade
São Francisco
<https://lattes.cnpq.br/3850962395224936>

Taina Rafaela da Silva

Curso Engenharia Química, Universidade
São Francisco

Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe

Curso de Engenharia Química,
Universidade São Francisco
Itatiba - São Paulo
<https://lattes.cnpq.br/0347184334616712>

RESUMO: A química forense é muito importante para a resolução de crimes. As impressões digitais latentes, tiveram um grande avanço do século XX para o século XXI, o que possibilitou a análise química destes vestígios auxiliando a atuação dos colaboradores de perícia, seja com técnicas em laboratório ou em campo. O propósito deste estudo foi uma busca e comparação de novos métodos de revelação de impressões digitais latentes para facilitar o

processo de reconhecimento de impressões digitais de uma maneira que reaja apenas com a impressão digital latente de uma maneira mais eficiente, menos poluente e com um custo reduzido devido ao fato que os melhores reveladores são importado e com um alto custo agregado reduzindo também o uso de solventes orgânicos. O método utiliza alguns tipos de corantes benzazóis fluorescentes em fitas adesivas. Estes corantes são comuns pela sua grande estabilidade e versatilidade no comprimento de onda da emissão fluorescente. Essa aplicação foi analisada, visando estabelecer vantagens e desvantagens em comparação aos reagentes mais usados, e os resultados se mostraram eficazes para essa solução solúvel em água e podem ser utilizados em diversos tipos de fita adesiva.

PALAVRAS-CHAVE: impressões digitais, química forense, corantes benzazóis, fluorescentes.

STUDY OF A NEW PROPOSAL FOR DIGITAL DEVELOPMENT ON ADHESIVE SURFACES

ABSTRACT: Forensic chemistry is very important for solving crimes. Latent fingerprints had a great advance from the

20th century to the 21st century, which made possible the chemical analysis of these traces, helping the performance of forensic collaborators, either with laboratory or field techniques. The purpose of this study was a search and comparison of new latent fingerprint development methods to facilitate the fingerprint recognition process in a way that reacts only with the latent fingerprint in a more efficient, less polluting and cost effective way. reduced due to the fact that the best developers are imported and with a high added cost, also reducing the use of organic solvents. The method in question is shown during the research being used through the use of some types of fluorescent benzazole dyes in adhesive tapes. Benzazole dyes are common because of their great stability and versatility in the wavelength of fluorescent emission. This application will be analyzed in order to establish advantages and disadvantages compared to the most used reagents, the results were effective for this water-soluble solution and can be used in different types of adhesive tape.

KEYWORDS: fingerprints, forensic chemistry, benzazole dyes, fluorescent.

1 | INTRODUÇÃO

A química forense é a ciência base para investigação de crimes. Seu objetivo é estudar e avaliar as provas que vão auxiliar na identificação e resolução de crimes. A cada dia, mais métodos de revelação são desenvolvidos, com o objetivo de descobrir com todo o detalhamento possível os rastros deixados pelos criminosos (SEBASTIANY et al, 2011).

Atualmente, uma das áreas mais importantes da identificação humana, é a papiloscópica, que realiza a identificação através das papilas dérmicas. Neste sentido, ao tocar em algum lugar, eventualmente, marcas são deixadas pelas impressões digitais. Visto que essas marcas são únicas de cada indivíduo, fica fácil descobrir quem é o suspeito e a vítima (ROMÃO et al., 2011).

As digitais são originadas do contato das cristas de fricção, encontradas nos dedos, palma das mãos e nos pés, nas superfícies. As impressões são compostas por uma mistura de componentes químicos que são secretados pelas glândulas sudoríparas (écrinas e apócrinas) e as glândulas sebáceas. Por essa razão, a busca por impressões latentes em locais de crime tornou-se crucial, por ser uma prova de grande relevância. Nesse âmbito, a ciência forense evolui a cada dia para realizar e aprimorar novas técnicas para revelar as impressões digitais (BERTINO, ANTHONY J., 2009).

Atualmente, os reveladores utilizados pelos policiais científicos brasileiros são, muitas vezes, de origem importada, o que acarreta alto custo, tardando também a hora da entrega. Em contrapartida, os reveladores nacionais têm um custo mais baixo, porém, apresentam um desempenho mais restritivo (SAFERSTEIN, R., 2007).

Para revelação das fitas adesivas, normalmente são utilizados reveladores em forma de solução, onde a fita é mergulhada nesta solução e logo após, revela-se a impressão digital. Um revelador altamente conhecido, de custo baixo, é a violeta genciana que embora seja nacional, apresenta algumas limitações de aplicação, tal como, a baixa seletividade,

podendo reagir completamente com a superfície, impossibilitando a visualização do resíduo.

Os métodos reveladores de impressões digitais estão avançando cada vez mais devido às pesquisas e com a ajuda da tecnologia, proporciona o aumento do número de técnicas de investigação forense disponíveis, o que contribui na hora da escolha do melhor método para revelação da impressão digital em questão. Desta forma há muitas limitações apresentadas pelo cenário de reveladores comerciais para impressões digitais latentes em superfícies adesivas. Os reveladores tradicionais não se mostram tão eficientes quando se refere às impressões reveladas em superfícies adesivas, como o método de revelação de violeta genciana, onde a fita adesiva é processada em uma solução de corante (violeta genciana) contendo fenol que facilita a absorção do corante pelas substâncias sebáceas um dos componentes das impressões digitais as chamadas também de IDs. A presença do fenol, que é um produto considerado altamente cancerígeno e tóxico para os que manuseiam, pode prejudicar diretamente a vida de todos que trabalham com esse corante, juntamente ao fato de seu descarte ser mais complicado devido à alta toxicidade. (BARROS, 2015)

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar os métodos de revelação atuais em fitase a nova técnica de revelação de impressões digitais em superfícies adesivas proposta por Ceratti (2021), com a finalidade de entender quanto novas técnicas podem ajudar em uma revelação mais aperfeiçoada e mais objetiva, evitando efeitos contrários como o fato de não colorir a superfície de fundo da fita adesiva apenas onde se encontram as digitais, diminuir custos com reagentes ou metodologias envolvidas no processo.

1.1 Impressões digitais latentes

O resíduo de uma impressão digital deixado em uma superfície é chamado de impressão digital latente quando não é visível a olho nú, sendo o objeto de identificação e estudo deste trabalho. As impressões digitais latentes só podem ser vistas por meio de técnicas de revelação específicas e os resíduos depositados podem ser provenientes tanto do suor humano ou de glândulas sebáceas.

O suor humano é composto basicamente 99% de água e o resto se subdivide em compostos orgânicos e inorgânicos, sendo estes últimos relacionados a qual glândula foi secretado o suor. Os compostos secretados pelas três glândulas primárias responsáveis pela produção do suor (sudoríparas écrinas, sudoríparas apócrinas e glândulas sebáceas).

As glândulas sudoríparas écrinas, são as mais frequentes e ocorrem em toda superfície da pele. Porém concentram-se nas palmas das mãos e plantas dos pés. A secreção é mais diluída. As glândulas sudoríparas apócrinas são maiores e menos frequentes. Elas são encontradas nas axilas, aréolas mamárias e na região genital e anal (CHEMELLO, E., 2006).

Neste trabalho foram estudadas técnicas de revelação digitais mais utilizadas e a proposta por Ceratti (2021) que pode substituir os reveladores atuais de superfícies adesivas

que possuem toxicidade e baixa qualidade por outros mais eficientes, mais baratos e com um descarte mais facilitado.

2 | METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu na comparação, através de estudos bibliográficos, dos métodos de reveladores de impressões digitais latentes mais utilizados nos dias de hoje em comparação com o método de revelação do artigo TCC de Leonardo Numair Ceratti “Síntese dos Corantes Fluorescentes Solúveis e seu Emprego na Revelação de Impressões Digitais Latentes usando a aplicação dos corantes benzazólicos nas fitas adesivas de cor escura e transparente” publicada em 2021.

Os dados utilizados foram obtidos de artigos, livros, trabalhos acadêmicos aprofundados, monografias nas bases de dados da Scielo e Periódicos Capes. O levantamento dos artigos ocorreu através da associação dos termos “identificação de impressões digitais” e “reveladores”. Os artigos encontrados foram submetidos a uma triagem para a identificação de artigos duplicados. Uma análise preliminar foi realizada sobre os arquivos resultantes desta etapa, através da leitura do título e do resumo, avaliando sua pertinência ao tema de estudo desta revisão.

Com os arquivos em potencial selecionados, iniciou-se a análise integral do texto para confirmar sua elegibilidade para o estudo. Entre os artigos selecionados houve uma busca manual nas referências bibliográficas em busca de potenciais artigos que pudessem ter sido ignorados pelos critérios de busca das bases de dados. O levantamento de dados ocorreu após o fim das etapas de seleção dos artigos, o que propõe avaliar se os corantes benzazólicos é o revelador mais eficaz e vantajoso diante de outros reveladores existentes.

Analisando todos os reveladores existentes usados em diferentes superfícies, foi avaliada e comparada a nitidez da revelação entre eles, o tempo de revelação obtido de cada digital comparando as imagens do artigo referência, a concentração, o manuseio, a toxicidade, o custo e o descarte.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A identificação de indícios de impressões digitais (IDs) latentes é o passo chave na solução de um crime. As IDs resultam do contato das cristas papilares encontradas nos dedos, mãos e pés, com determinadas superfícies (porosas, não porosas ou adesivas).

Assim que as cristas papilares entram em contato com uma determinada superfície, uma quantidade de suor é depositada. Esse suor, segundo estudos recentes, mostrou que existem centenas de compostos presentes nos resíduos das impressões digitais. Em particular, se investiga como esta composição química altera com o tempo, essa questão é um importante problema para um examinador de IDs. Estudos comprovam que acontecem

alterações significativas na composição dos resíduos depois de sua deposição.

Essas impressões digitais possuem uma combinação de diferentes componentes químicos secretados pelas glândulas sudoríparas (écrina e apócrina) e as glândulas sebáceas. Mas também, outros componentes podem ser encontrados, o que é provável ser resultado de uma contaminação com o próprio ambiente onde essas impressões se encontram. O conhecimento da composição dos resíduos de IDs, compreensão da natureza e das características das superfícies onde elas se encontram são fatores determinantes para o processo de revelação dessas impressões digitais latentes (BARROS, 2015; CHEMELLO, E., 2006; BERTINO, ANTHONY J., 2009).

O grande desafio de um examinador ou perito começa na identificação e revelação das IDs. Para que isso ocorra da forma mais eficaz possível, é importante reconhecer potenciais áreas que possam conter impressões digitais latentes (aquelas que não são visíveis) e fazer corretamente o uso de técnicas adequadas para seu reconhecimento e revelação, tornando-as visíveis. O processo de examinação de impressões digitais latentes é o mesmo de qualquer outro tipo de exame forense. Ele envolve reconhecimento, identificação, individualização e reconstrução. (VALE, P. ROBERTO, 2021).

3.1 Método de revelação em superfície adesiva

As superfícies adesivas, tais como fitas adesivas, possuem características relevantes para revelação de impressões digitais latentes. Uma delas é a natureza receptiva que permite que os resíduos de IDs sejam retidos quando estas superfícies são tocadas pelas cristas papilares. Além de que, é difícil manipular fitas adesivas quando se usa luvas, levando com que o manuseio das mesmas, por exemplo durante um crime, seja geralmente efetuado com as mãos expostas, fazendo com que o criminoso acabe deixando suas impressões digitais. Esta característica das superfícies adesivas faz com que as fitas adesivas se tornem evidências importantes para elucidação de um crime. (CABALLERO, SAMUEL, 2012).

Atualmente um número elevado de métodos tem sido propostos para revelação de IDs em superfícies adesivas, sendo que a mais eficiente até agora é a violeta de cristal, também conhecida por violeta genciana, contudo ela possui alguns problemas, tais como baixa seletividade e não é comumente aplicada em superfícies escuras devido à sua cor escura. (BARROS, 2015)

Uma das grandes dificuldades de revelação de IDs em superfícies adesivas acontece pelo fato de que tais superfícies, muitas vezes, se encontram aderidas a outras superfícies ou a si mesmas e precisam ser separadas, o que acaba muitas vezes por destruir as IDs latentes.

A fim de que se tenha uma técnica de revelação eficiente é fundamental que ocorra um método de adesão que entre as moléculas de um substrato (material que compõe o pó) e as moléculas do outro substrato (material presente nas linhas que formam as impressões

digitais) (BLEAY et al., 2018). Quando a força de atração envolve moléculas do mesmo tipo, do mesmo substrato, essa força passa a ser denominada de coesão; quando envolve moléculas diferentes, a força passa a ser denominada de adesão (DARVELL, 2018). Em um sentido generalizado, a ligação adesiva é basicamente um procedimento de fixação de superfície que geralmente é qualificado pela especificação da condição de atração intermolecular que pode ou não existir entre as superfícies envolvidas (ANUSAVICE et al., 2013).

O contraste de IDs latentes na superfície do material a ser analisado pode ser melhorado usando corantes fluorescentes e uma fonte de excitação que pode ser uma lâmpada de luz ultravioleta. No entanto, para revelar IDs latentes com sucesso é preciso que o corante fluorescente reaja com algum componente ou combinações de componentes constituintes das mesmas, mas nunca com a superfície onde as impressões se encontram.

Vale ressaltar que fatores como idade, exposição ao meio ambiente e a superfície na qual as IDs se encontram têm grandes efeitos no momento da escolha da técnica mais adequada. Os compostos água e álcool são os primeiros componentes constituintes das impressões a serem perdidos com o passar do tempo. Consequentemente, marcadores que reagem ou aderem a esses componentes apresentaram um menor êxito ao decorrer do tempo. Por outro lado, marcadores que reagem com os componentes oleosos podem apresentar mais êxito. A superfície também influencia na identificação, pois pode comprometer o resultado, diluindo ou absorvendo componentes oleosos, retirando os sinais discerníveis das cristas papilares. Contudo, pode fazer-se necessário que o examinador tenha que usar um número de reveladores sequenciais o que causa alguns danos, visto que muitos reveladores são destrutivos o que é capaz de ocasionar uma alteração na composição química das IDs com a qual eles reagem.

3.2 Proposta de revelação de impressão digital por luminescência

Considerando todas as dificuldades dos métodos de revelação de impressão digital atuais, foram realizados estudos e o desenvolvimento de tipos de reveladores de baixo custo que se demonstram essenciais em uma melhoria nas qualidades de revelações e um barateamento de produtos. Uma das opções é a luminescência proposta por Ceratti (2021).

A luminescência é um fenômeno de emissão de luz ultravioleta, visível ou infravermelho de uma espécie eletronicamente excitada. Os compostos luminescentes podem ser orgânicos (hidrocarbonetos aromáticos, aminoácidos, etc.), inorgânicos (ion uranila, ion lantanídeos, etc.) e também organometálicos (complexos de coordenação, etc.). A fotoluminescência pode ser dividida em duas categorias: fluorescência e fosforescência dependendo da natureza de seu estado excitado. Se a emissão da luz é originada de um estado excitado singleto, em que prevalece a orientação do spin de elétron excitado, na forma desemparelhada, o fenômeno é designado por fluorescência.

A fosforescência é, no entanto, a emissão de luz que começa de um estado excitado

triplete, com mudança na orientação do spin do elétron excitado, emparelhado com o elétron do estado fundamental (VALEUR, B. 2001).

A intensidade de uma fluorescência é condicionada por vários processos. A redução da intensidade de fluorescência é designada de supressão, e é descrita pelo sistema de Stern-Volmer. A supressão resulta do encontro difusivo entre o fluoróforo e o supressor durante o tempo de vida do estado excitado do fluoróforo. Geralmente, esse processo é desencadeado por uma variedade de interações intermoleculares, tais como reações de estado excitado, transferência de energia, rearranjos intramoleculares, formação de complexos no estado excitado, supressão estática e supressão colisional ou dinâmica (SANTOS, 2007).

Dependendo do tipo da amostra em investigação é frequentemente necessário remover o oxigênio dissolvido de modo a obter resultados confiáveis nas medidas de fluorescência.

3.3 Tipos de técnicas fluorescentes

Um fluoróforo é um componente de uma molécula que faz com que ela seja fluorescente. A sua função é absorver uma determinada energia de comprimento de onda específica e posteriormente emitir em outro comprimento de onda.

Os compostos heterocíclicos fluorescentes da família dos benzazol propiciam mecanismos de transferência protônica intramolecular no estado excitado (ESIPT). A transferência protônica é um processo importante em áreas como química e biologia. Uma das formas pelas quais essa transferência acontece é chamada de transferência protônica intramolecular no estado excitado (do inglês, “Excited State Intramolecular Proton Transfer”, conhecida como ESIPT). O processo de ESIPT apresenta aplicações em diversas áreas, uma classe de moléculas comum em estudos são os derivados da 2-(2'-hidroxifenil)benzazola, que além de realizarem transferência protônica também são corantes orgânicos. A principal evidência do ESIPT é o grande deslocamento de Stokes observado nos espectros de absorção e emissão. (BARROS, 2015)

Vários métodos são descritos na literatura para síntese de benzazóis, tais como ciclização oxidativa catalisada por Pd, síntese mediada por líquido-iônico, ácido polifosfórico, pentóxido de fosfórico, cloreto de tionila, ésteres de imino, ciclização oxidativa por Bases de Schiff, catalisadores mediados por polietileno glicol, diferentes catalisadores heteropoliácido. Estes métodos incluem condensação de ácidos carboxílicos, aldeídos, nitrilas, amidas, com anilinas orto-substituídas. (KUMAR, 2004)

Os compostos que favorecem o mecanismo de transferência protônica intramolecular no estado excitado (ESIPT) têm se tornado um campo muito atrativo para pesquisa devido à ampla aplicação desses compostos. Dentre as várias aplicações disponíveis destaca-se a possibilidade de serem utilizados como marcadores para segurança militar, na química forense, corantes para laser, proteínas, marcação de DNA, etc. Todas essas variadas e

importantes aplicações deve-se sobretudo, ao fato de que esses compostos apresentam uma elevada sensibilidade, estabilidade térmica e fotofísica, e por apresentarem uma intensa emissão de fluorescência.

3.4 Propriedade dos Espectros de Fluorescência

Os espectros de fluorescência são habitualmente apresentados como espectro de emissão. Uma condição fundamental para ocorrer a fluorescência é a existência de uma estrutura rígida capaz de minimizar a perda de energia absorvida sob a forma de processos não radioativos, aumentando a probabilidade de transições radiativas, isto é, a fluorescência. A presença de uma ponte de hidrogênio propicia uma rigidez considerável para as moléculas.

Diversos são os fatores que afetam a emissão de fluorescência, o primeiro é o efeito da natureza do Solvente. O mecanismo ESIPT é superdependente da natureza do solvente. Inúmeros estudos têm sido realizados com o propósito de melhor compreender a influência da natureza do solvente na estabilização das espécies em solução. O aumento da viscosidade da solução onde se encontra o fluoróforo, por sua vez, leva a diminuição da taxa de colisões moleculares levando a uma diminuição da difusão dos fótons de fluorescência.

O aumento da temperatura tem como consequência um aumento na eficiência de desativação do estado excitado pelos processos de conversão interna. No entanto, por ser um fenômeno de tempo de vida relativamente curto, esse fator é menos crítico no caso da fluorescência, o que permite fácil observação do fenômeno na temperatura ambiente.

No caso do pH do meio, a fluorescência de compostos com funcionalidades ácidas ou básicas apresentam forte dependência com o mesmo, desta forma, é importante manter o pH do meio sempre constante. Dependendo do meio onde se encontra o composto benzazólico pode ocorrer a desprotonação da forma cis-enol levando-a a forma aniônica como é o caso do corante 2- (2'-hidroxifenil) benzotiazol (HBT). (POTTER, 1988).

3.5 Metodologia Sequencial e o Processamento da Técnica de Revelação de Impressões Digitais Latentes

A nova proposta de método sequencial e o processamento da técnica de revelação de impressões digitais latentes feita por Ceratti (2021) são:

- a) As impressões digitais são colocadas na fita adesiva pressionando levemente os dedos sobre a fita adesiva.
- b) Para a revelação de impressões digitais latentes em fita adesiva, coloca-se a solução do corante (solução de trabalho) num bécquer ou recipiente adequado para conter a fita adesiva a ser analisada. A quantidade de solução deve ser suficiente para imergir a fita adesiva.
- c) A fita adesiva permanece imersa na solução entre 0,5 - 2 minutos.

d) Após o término do tempo de imersão, pode ser necessário lavar a fita adesiva com água corrente para remover todo excesso do corante do fundo da superfície da fita adesiva.

e) Com o auxílio de um secador, a fita adesiva é secada à temperatura ambiente.

f) Expõe a fita adesiva a uma fonte de luz ultravioleta com comprimento de onda de 365nm (ex: uma lâmpada de luz negra comercialmente disponível) com o intuito de observar as impressões digitais latentes reveladas. Quando a revelação se mostrar insuficiente repete-se o tratamento com a solução do corante, seguindo os mesmos passos anteriores.

g) As impressões digitais reveladas são fotografadas para comparação, documentação, e propósito de arquivamento, utilizando uma câmera digital.

3.6 Vantagens do novo método de revelação digital.

Os corantes propostos permitem corar superfícies adesivas de qualquer cor, desde as usuais transparentes até as fitas isolantes de cor preta (usadas na fabricação de dispositivos eletrônicos explosivos), passando pelas de cor acinzentada (usualmente usadas para imobilizar vítimas em caso de sequestros, estupros, roubos, etc.). Não há a necessidade de cuidar da saturação da superfície adesiva contendo as impressões digitais, pois os corantes não aderem às outras superfícies, ficando restritos às IDs. A visualização é muito fácil, bastando iluminar as fitas adesivas com uma luz UV de onda longa (luz negra) e fotografar as impressões digitais reveladas.

A alta estabilidade fotoquímica e fotofísica dos corantes é mais uma característica importante desses corantes, permitindo armazenar a evidência por longos períodos sem qualquer tipo de degradação (cadeia de custódia). Esse é um dado importante, pois no campo da ciência forense é importante conservar as evidências para eventuais necessidades de serem analisadas novamente, como por exemplo, na abertura de um processo judicial.

A cor dos fluoróforos (corantes usados na revelação) sob luz visível é outra vantagem destes corantes e da técnica descrita. Eles não possuem cor, o que facilita ler, visualizar ou fotografar o resto da evidência sem o comprometimento de uma coloração adicional resultante do uso do corante.

Esses corantes são de fácil utilização, atendem às necessidades de superfícies adesivas escuras permitindo uma fácil e perfeita visualização das impressões digitais latentes e seu uso pode ser ampliado para o emprego em diversas outras superfícies de interesse forense, tais como plásticos, vidros, metais, cerâmica, madeira, entre outras. Possuem como vantagem adicional o uso da água como solvente e a concentração extremamente baixa ($10^{-4}M$), podendo ser reutilizada a solução de corante, tornando-os ecologicamente muito mais corretos (química verde).

Outras vantagens desses corantes em relação aos corantes atualmente

comercializados são a alta eficiência na revelação de IDs latentes num curto intervalo de tempo e a alta estabilidade química e fotofísica devido ao mecanismo de transferência protônica intramolecular no estado excitado (ESIPT). (MILESKI, 2016).

Esses corantes apresentam uma excelente relação custo-benefício, pois são obtidos a partir de materiais de baixo custo e aplicando métodos de síntese usualmente empregados em laboratórios de síntese orgânica.

De acordo com estudos experimentais realizados, com as concentrações dos corantes testadas na revelação das impressões digitais, foi possível constatar que mesmo em concentrações baixas do corante, 0.1 (m/v), as IDs foram perfeitamente reveladas. No entanto, as soluções com concentrações abaixo deste valor não tiveram o mesmo êxito.

O tempo de processamento da técnica de revelação de IDs mostrou pouca influência na eficiência de revelação das mesmas, tendo conseguido excelentes resultados com tempos variando entre 0.5 segundos e 5 minutos.

Todos os objetos revelados com esses derivados benzazólicos fluorescentes foram guardados durante 1 ano e analisados novamente sob lâmpada de UV - 365 nm, apresentando os mesmos resultados, o que demonstra a importância dessa técnica na conservação das evidências (cadeia de custódia). (CERATTI, 2021)

A existência de grupamentos sulfônicos atribui a esses derivados benzazólicos uma boa solubilidade em água, eliminando o uso de qualquer solvente orgânico. Além disso, pensa-se que os grupos sulfônicos são responsáveis pela marcação das impressões digitais pela ligação aos aminoácidos e/ou proteínas constituintes das impressões digitais. Testes de revelação de impressões digitais em fitas adesivas usando compostos similares, sem a presença de grupo sulfônico, não tiveram sucesso. Tsopelas e Sutton propuseram uma reação química do grupo sulfônico dos corantes com o grupo amina livre das proteínas, tais como grupos aminas de lisinas ou argininas, ou até mesmo com grupos hidroxilas dos aminoácidos. A reação consiste na perda da água quando o grupo sulfônico do corante reage com a amina livre das proteínas para formação da sulfonamida, ou éster no caso da reação com grupo hidroxila (Proposta 1). Essa proposta de reação foi contestada por Wilbur que propôs que os componentes da reação são descritos como íons em condições fisiológicas, e que a reação não se dá por ligação covalente, mas sim por interação iônica (Proposta 2). Bossers e seus colaboradores ilustraram essa interação iônica entre o grupo sulfônico ionizado de um corante com uma proteína (Proposta 3).

A vantagem da ESIPT é o deslocamento de Stokes, que pode chegar a 200 nm. Essa medida é a diferença entre o máximo de absorção e o máximo de emissão da molécula. Além disso, esses compostos possuem elevada sensibilidade, estabilidade térmica e fotofísica.

A busca de derivados solúveis em água para garantir a melhor intensidade de fluorescência dos corantes pelo aumento da superfície de contato gerada, evitando o uso de solventes orgânicos, normalmente utilizados, que apresentam risco à saúde de quem

manuseia ou para facilitar o descarte das soluções já utilizadas. (BARROS, 2015).

Isto, juntamente ao fato de que o solvente em questão para os corantes é a água, possibilita que estes produtos sejam relacionados à fatores ecológicos da química verde, na qual se preza pela reutilização, reaproveitamento e diminuição dos impactos da indústria química no meio ambiente, proporcionando uma visão de sustentabilidade para com a sociedade e a natureza.

A possibilidade de combinar esse corante com outras técnicas sem perder as amostras amplia a possibilidades de investigação das provas de um crime. Amostras reveladas a mais de 1 ano ainda possuem fluorescência e mantiveram o formato das manchas intactas, o que garante uma contraprova. Estes corantes apresentam colorações variadas. Alguns possuem fluorescência quando expostos à luz ultravioleta e outros apenas cor visível quando expostos à luz branca.

4 | CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi estudar uma proposta de revelação digital em superfícies adesivas. Os reveladores atuais de impressões digitais latentes comercializados não são satisfatórios, e possuem algumas limitações, como a ineficiência dos corantes em corar apenas as impressões digitais, visto que, muitas vezes, acaba por corar todo fundo da superfície do objeto a ser analisado, impossibilitando a identificação das IDs. Outra limitação é o uso de solventes orgânicos na maioria dos corantes fluorescentes comercializados, o que inviabiliza sua aplicação em fitas adesivas pois o solvente orgânico dissolve a parte adesiva e/ou ataca por completo a fita adesiva fazendo perder as impressões digitais, além de constituir um risco à saúde de quem os manuseia.

O método proposto por Ceratti (2021) mostrou-se muito eficiente mesmo quando se utilizou solução de corante numa concentração muito diluída. Uma outra vantagem é o fato de esses reagentes serem solúveis em água, o que evita a utilização de solventes orgânicos, muitas vezes tóxicos, e que coloca em risco a saúde de quem os manuseia. A elevada estabilidade química e fotofísica, bem como o baixo custo associado a obtenção desses reveladores levam o método a ser muito versátil do ponto de vista de aplicação.

O procedimento de revelação apresentado não exige alto grau de sofisticação, sendo de fácil visualização a partir do uso de uma lâmpada ou lanterna de luz ultravioleta. A síntese pode ser realizada de forma simples, visto que se utilizam equipamentos comuns e vidrarias de fácil acesso em um laboratório de síntese orgânica o que gera um impacto positivo em custos baixos que poderiam competir com os produtos importados atualmente utilizados pelas polícias científicas no país para revelação de impressões digitais latentes em fitas adesivas.

Sendo assim este trabalho sugere como melhor revelador os corantes benzazólicos, pois diminuem as limitações em revelar em superfícies adesivas, ele é o mais eficaz nesse

quesito, sendo também solúvel em água, de fácil descarte e de ótimo custo-benefício.

REFERÊNCIAS

BERTINO, A. J., **Forensic Science: Fundamentals and investigations**, New York: South- Western, 2009.

BARROS, B. L. H. **Desenvolvimento e aplicação de corantes e novos materiais microestruturados fluorescentes na revelação de impressões digitais latentes e no diagnóstico clínico**, Tese de Doutorado em Ciências dos Materiais, UFRS, Porto Alegre, 2019.

CERATTI, N. L. **Síntese de Corantes Fluorescentes Solúveis em Água e seu Emprego na Revelação de Impressões Digitais Latentes**. Trabalho de graduação em Química Industrial, UFRS, 2021.

MILESKI, T. **Aplicação de corantes benzazólicos fluorescentes por Esipt para a revelação de manchas de sangue em cenas de crime e a síntese do luminol**. Mestrado em Química, UFRS, Porto Alegre, 2016.

ROMÃO, W. *et al.* **Química Forense: Perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso**. *Quim. Nova*, v. 34, n. 10, p.1717-1728, 2011.

SEBASTIANY, P. A. *et al.* **A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos**. *Educ. quím [online]*, Vol.24, n.1, pp.49-56, ISSN 0187-893X, 2013.

DE FÁTIMA GIMENEZ, I.; ALVES, O. **DESENVOLVIMENTO DE ECOMATERIAIS: MATERIAIS POROSOS PARA APLICAÇÃO EM GREEN CHEMISTRY (QUÍMICA VERDE)**. [s.l:s.n.].Disponívelem: <https://qes.iqm.unicamp.br/images/publicacoes_teses_livros_resumo_nanoecomateriais.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2022.<https://www.pefoce.ce.gov.br/>