

NINIDRINA OU 1,2-INDANEDIONA NA REVELAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS EM SUPORTES POROSOS? UM ESTUDO EM SUPORTES CELULÓSICOS

NINHYDRIN OR 1,2-INDANEDIONE IN THE DEVELOPMENT OF FINGERPRINTS ON POROUS SUPPORTS? A STUDY ON CELLULOSE SUPPORTS

¿NINHIDRINA O 1,2-INDANEDIONA EN LA REVELACIÓN DE HUELLAS DACTILARES SOBRE SOPORTES POROSOS? UN ESTUDIO SOBRE SOPORTES DE CELULOSA?

BERNARDO JOSÉ MUNHOZ LOBO

POLÍCIA FEDERAL

RENATA DOS SANTOS LANNES STILBEN LEOMIL

POLÍCIA FEDERAL

DANIEL DA SILVA CARVALHO

POLÍCIA FEDERAL

RESUMO

O presente trabalho buscou verificar experimentalmente o desempenho da 1,2-indanediona frente ao da ninidrina, ao revelar impressões digitais latentes em suportes celulósicos encontrados rotineiramente nos laboratórios de perícia papiloscópica. Foram utilizadas escalas sugeridas na literatura para atribuir notas às revelações realizadas, buscando uma forma mais objetiva de comparar os desempenhos dos processos de revelação. A 1,2-indanediona apresentou melhor desempenho global em relação à ninidrina, e esta, em relação ao processo que emprega 1,2-indanediona e posteriormente ninidrina. Foi observada atenuação ao revelar com ninidrina após a amostra já ter sido processada com 1,2-indanediona. Contudo a atenuação não foi considerada severa.

PALAVRAS-CHAVE: indanediona; ninidrina; papiloscopia forense; impressões digitais; superfície porosa.

ABSTRACT

This study sought to experimentally verify the performance of 1,2 indanedione compared to ninhydrin, when developing latent fingerprints on cellulose substrates routinely found in crime evidence laboratories. Grading scales suggested in the literature were used to assign scores to the developments performed, seeking a more objective way of comparing the performance of the development processes. The 1,2 indanedione performed better overall than ninhydrin, and ninhydrin performed better than the process using 1,2 indanedione followed by ninhydrin. Attenuation was observed when developing with ninhydrin after the sample had already been processed with 1,2 indanedione, but the attenuation was not considered severe.

KEYWORDS: indanedione; ninhydrin; fingerprint forensics; fingerprints; porous surface.

RESUMEN

En este estudio se pretendió verificar experimentalmente el rendimiento de la 1,2-indanediona frente al de la ninhidrina en el revelado de huellas latentes sobre soportes de celulosa habituales en los laboratorios forenses de dactiloscopia. Se utilizaron escalas sugeridas en la literatura para asignar puntuaciones a las revelaciones realizadas, buscando una forma más objetiva de comparar el rendimiento de los procesos de revelación. La 1,2-indanediona rindió mejor en general que la ninhidrina, y esta mejor que el proceso que utiliza 1,2-indanediona y luego ninhidrina. Se observó atenuación al revelar con ninhidrina después de que la muestra ya había sido procesada con 1,2-indanediona, pero la atenuación no se consideró grave.

PALABRAS CLAVE: indanediona; ninidrina; dactiloscopia forense; huellas dactilares; superficie porosa.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a perícia papiloscópica vem sendo impulsionada por uma crescente onda de inovações tecnológicas e de publicações acadêmicas de qualidade, que vêm permitindo a área a produzir resultados em circunstâncias antes tidas como impossíveis. Entretanto, existem ainda dificuldades a serem superadas, sobretudo no campo da revelação de impressões papilares latentes (IPLs), onde processos químicos e/ou físicos são empregados para rastrear e tornar visíveis fragmentos de impressões digitais, deixados inadvertidamente ao tocar alguns tipos de superfícies ou objetos, que sejam de interesse à alguma investigação policial (BOUZIN *et al*, 2023).

Substâncias como aminoácidos, aminas primárias e aminas secundárias, encontradas naturalmente, nas mãos e dedos, são de grande relevância no processamento pericial de suportes porosos em busca de IPLs, neste grande grupo, em destaque os de composição celulósica. Nestes, os aminoácidos interagem com o suporte através de ligações hidrogênio e, dessa forma, promovem um ambiente estável capaz de possibilitar a eventuais IPLs serem reveladas até mesmo décadas após sua deposição (RAMOTOWSKI, 2013).

O reagente mais significativo para a revelação de IPLs em suportes porosos é a ninidrina (BLEAY; CROXTON; DE PUIT, 2018). De forma breve, ela possui a capacidade de reagir com aminas primárias e secundárias, incluindo aminoácidos, peptídeos e proteínas. Através da interação ninidrina – aminoácido (principal alvo), produz-se um composto de cor púrpura (Púrpura de Ruhemann). Um mecanismo para esta reação é proposto na obra de Bleay e Croxton e De Puit (2018).

Buscando sintetizar compostos similares à ninidrina, Joullié; Thompson; Nemeroff (1991) desenvolveram a 1,2-indanediona, e essa veio a ser empregada na revelação de impressões papilares nos anos seguintes (ALMOG *et al.*, 1999). Esse reagente age de maneira semelhante à ninidrina, ligando-se a aminas primárias e secundárias, aminoácidos e proteínas presentes na impressão papilar, mas produzindo um composto de cor rosa visível a olho nu e intensa fluorescência, sem necessidade de tratamentos químicos adicionais, apenas com o correto uso de fontes de luz e filtros. Na obra de Jelly (2009) é proposto um mecanismo para a reação entre 1,2-indanediona e aminoácidos.

O manual de informações técnicas da fornecedora Sirchie® (SIRCHIE, 2014) sugere que a análise possa ser realizada utilizando-se uma fonte de luz azul (455 nm) ou ciano (505 nm), além de filtros laranja ou vermelho. Na obra de Champod *et al.* (2016) são apresentados graficamente os espectros de excitação e de emissão da 1,2-indanediona, onde é possível notar, além dos picos já informados, que o espectro de excitação vem mínimo e crescente desde 400 nm, intensificando-se mais por volta de 490 nm, até alcançar o pico em 550 nm, após decrescendo até 580 nm. Por outro lado, o espectro de

emissão parte de 540 nm, alcançando o pico em 560 nm, e decaindo em intensidade até 700 nm, ainda, relativamente interessante, até por volta de 620 nm. Dessa forma, é possível observar uma vasta possibilidade de combinações de fontes de luz e filtros, característica que se torna ainda mais relevante quando o suporte periciado apresenta também alguma fluorescência pré-existente.

Ao utilizar a 1,2-indanediona, os materiais periciados submetidos ao revelador através de imersão ou *spray*, devem secar à temperatura ambiente na capela de exaustão e, após, devem ser submetidos a aquecimento com umidade controlada. De acordo com Wiesner *et al.* (2001), os resultados podem ser acelerados ao inserir os materiais em questão na estufa, por 20 minutos, a uma temperatura de 100°C e com uma umidade relativa de 60%. Outros autores, como o caso de Stoilovic *et al.* (2007), discorrem que em ambientes com umidade relativa acima de 70% podem ser obtidos bons resultados. Além disso, sendo possível submeter o vestígio ao aquecimento de 165°C por 10 segundos, em uma chapa de aquecimento, resultados efetivos podem também ser alcançados. Em todos os níveis de aquecimento, cabe a avaliação da tolerância e resistência do suporte ao aquecimento em questão.

Na revista *Fingermark Visualisation Newsletter*, de novembro de 2019 (CAST; DSTL, 2019), discorre-se que, além da 1,2-indanediona reagir com aminoácidos de impressões latentes, gerando um produto fluorescente, ela também reage com aminas, principalmente proteínas, presentes no sangue. Outro ponto importante relatado na revista em questão é que a 1,2-indanediona não é efetiva em superfícies que foram molhadas, mesmo que depois tenham sido secas.

Todo novo método ou técnica a serem introduzidos na rotina pericial devem carregar consigo a certeza de que irá, de fato, serem melhores ou ao menos equivalentes aos procedimentos já empregados, agregando em eficiência, eficácia, sustentabilidade e/ou outros atributos que justifiquem sua adoção. Na obra *Fingerprint and Other Ridge Skin Impressions* (ALMOG *et al.*, 2014), é proposta uma rotina básica para a avaliação de novas técnicas e/ou métodos antes da inclusão definitiva do método em Procedimentos Operacionais Padrão – POP, passando por fases como estudo piloto, otimização, validação e testes operacionais.

2. OBJETIVO

Considerando a significativa quantidade de estudos publicados versando sobre o uso da 1,2-indanediona, lastreada também por sua maturidade como produto comercial voltado para a área pericial, o presente estudo objetivou verificar, experimentalmente, o desempenho relativo da 1,2-indanediona frente à ninidrina, revelando IPLs em suportes celulósicos rotineiros na perícia papiloscópica brasileira e quantificando a qualidade das revelações com escalas definidas. Foram avaliadas as revelações realizadas apenas com 1,2-indanediona, apenas com ninidrina, e com aplicação de ninidrina após revelação com 1,2-indanediona, para posterior comparação do desempenho de cada processo através de escalas definidas.

Vale mencionar ainda que a presente pesquisa acadêmica não foi submetida ao conselho de ética em pesquisa por conta da previsão da Resolução nº 674 do Conselho Nacional de Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022), que dispensa a análise do comitê de ética quando a pesquisa objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o indivíduo. Além disso, esta pesquisa aconteceu mediante autorização do Instituto Nacional de Identificação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foram selecionados 7 suportes para a pesquisa, conforme Quadro 1. Os suportes (apresentados na Figura 1) foram selecionados buscando envolver materiais próximos aos, cotidianamente, processados na rotina da perícia papiloscópica da Polícia Federal.

QUADRO 1. INFORMAÇÕES SOBRE OS SUPORTES UTILIZADOS.

Suporte	Origem	Superfície utilizada
Folha de revista	Partes em branco recortadas de páginas de revista	Partes em branco
Envelope pardo	Envelope pardo de escritório	Face interna

Suporte	Origem	Superfície utilizada
Folha de papel A4	Papel A4 comum de escritório	Face voltada para a capa da embalagem
Envelope amarelo	Envelope amarelo de escritório	Face interna
Caixa de papelão	Caixa arquivo feita de papelão	Face interna
Caixa amarela dos correios	Caixa padrão dos correios utilizada em 2022	Face externa amarela
Caixa/embalagem de chá	Embalagem cartonada contendo envelopes de sachê de chá	Face interna



Figura 1 – Amostras dos suportes selecionados para o estudo, dimensionadas e prontas para receberem impressões digitais dos doadores.

Foram escolhidos 8 indivíduos, sendo 4 do sexo feminino e 4 do sexo masculino, para doarem as impressões digitais nos suportes relacionados acima.

Seguindo, de forma adaptada, protocolos sugeridos por Almomg *et al.* (2014), com o objetivo de obter amostras de impressões digitais naturais e com reduzida quantidade de contaminantes, cada doador lavou as mãos durante 1 minuto, utilizando detergente neutro e posterior enxágue com água. Nos 30 minutos seguintes, os doadores foram convidados a exercer rotinas habituais, excluindo as que pudessem agregar novamente sobrecarga de contaminantes (comer, utilizar cosméticos etc.). Cada amostra foi obtida após o doador

esfregar as pontas dos próprios dedos da mão, a fim de equilibrar as quantidades de resíduo na ponta dos dedos antes de cada deposição, provendo 4 coletas em cada um dos 7 tipos de suporte, visto que o estudo foi realizado levando em consideração os intervalos de tempo, entre deposição e revelação, de 24h (d1), sete dias (d7), 30 dias (d30) e sessenta dias (d60). Os intervalos de tempo foram escolhidos buscando avaliar a robustez da técnica perante a degradação natural das IPLs ao longo de 2 meses, contudo, é possível a revelação de impressões após transcorridas décadas desde sua deposição, como demonstrado no estudo de Bouzin *et al.* (2020), onde IPLs casualmente depositadas em documentos datados na década de 1940 foram reveladas com 1,2-indanediona, provendo fragmentos com potencial para identificação de sua autoria.

As informações acima podem ser visualizadas no quadro 2 abaixo.

QUADRO 2. INFORMAÇÕES SOBRE O CORPO AMOSTRAL.

Tipos de suporte	Quantidades de suporte por tipo	Impressões por tipo de suporte	Tipos de impressão	Intervalos de tempo	Quantidade de doadores
7	1	1	1	4	8

Após as impressões serem depositadas pelos doadores em todos os suportes, sempre utilizando o mesmo dedo (polegar ou indicador), cada amostra foi cortada ao meio antes da aplicação dos reveladores.

No dia 1 (d1), uma metade de cada amostra, de cada suporte e doador, foi revelada com o revelador 1,2-indanediona seguindo a formulação do *Defence Science and Technology Laboratory* (DSTL) do Reino Unido (CAST; DSTL, 2019), a outra metade correspondente foi reservada. Após a revelação com a 1,2-indanediona, houve fotografia da “meia amostra” em questão, e foi realizada a revelação com ninidrina (formulação comercial *Tritech Forensics*®), tanto na metade reservada, quanto na metade que já havia recebido 1,2-indanediona. Estas foram, posteriormente, armazenadas em ambiente escuro e, após período de 4 dias, ambas as metades foram fotografadas e comparadas. O mesmo ocorreu para d7, d30 e d60. O discorrido acima é ilustrado em esquema na Figura 2.

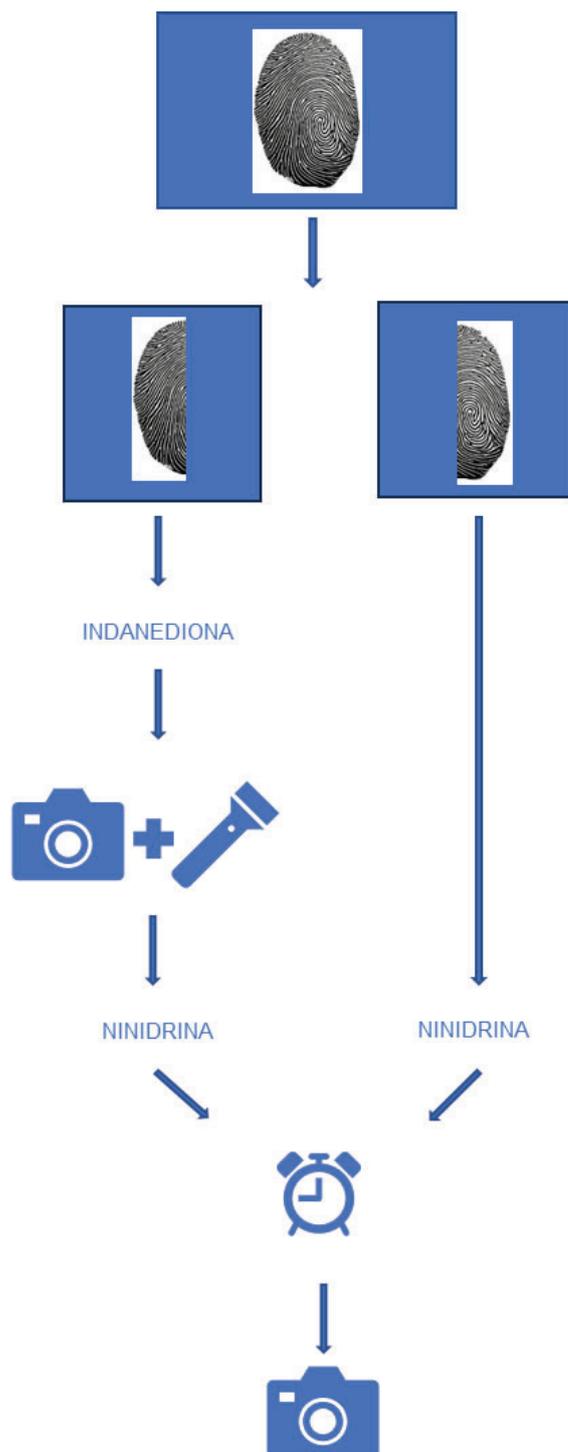


Figura 2 – Sequência dos reveladores utilizados.

Ao tempo do presente estudo, foram avaliadas 4 formulações de 1,2-indanediona para realização dos testes, conforme quadro 3 abaixo:

QUADRO 3. FORMULAÇÕES DE 1,2-INDANEDIONA ENCONTRADAS NA LITERATURA.

Fonte	Soluções	Composição
Fingerprint and Other Ridge Skin Impressions (CHAMPOD <i>et al.</i> , 2016)	Solução estoque de 1,2-indanediona	2.3 g de 1,2-indanediona
		480 ml de acetato de etila
		20 ml de ácido acético
	Solução estoque de cloreto de zinco	8 g de cloreto de zinco
		200 ml etanol (absoluto)
	Solução de trabalho de 1,2-indanediona e cloreto de zinco	130 ml da solução estoque de 1,2-indanediona
870 ml de solvente HFE-7100		
4 ml da sol. estoque de cloreto de zinco		
Fingerprint Development Techniques (BLEAY; CROXTON; DE PUIT, 2018), (CAST, DSTL, 2019)	Solução estoque de cloreto de zinco	0,1 g de cloreto de zinco
		4 ml de acetato de etila
		1 ml de ácido acético
	Solução de trabalho de 1,2-indanediona	0,25 g de 1,2-indanediona
		45 ml de acetato de etila
		45 ml de metanol
		10 ml de ácido acético
		1 ml de sol. estoque de cloreto de zinco
		1000 ml de solvente HFE7100
Advances in Fingerprint Technology (RAMO-TOWSKI, 2013)	Solução de trabalho de 1,2-indanediona	0,8g de 1,2-indanediona
		90 ml de acetato de etila
		10 ml de ácido acético glacial
		80 ml de solução estoque de cloreto de zinco
		820 ml de éter de petróleo
	Solução estoque de cloreto de zinco	0,4 g de cloreto de zinco
		10 ml de etanol absoluto
		1 ml de acetato de etila
		190 ml de éter de petróleo

Advances in Fingerprint Technology (RAMO-TOWSKI, 2013)	Solução de trabalho de 1,2-indanediona	1g de 1,2-indanediona
		30 ml de diclorometano
		60 ml de etil acetato
		10 ml de ácido acético glacial
		20 ml de sol. estoque cloreto de zinco
		900 ml de solvente HFE7100
	Solução estoque de cloreto de zinco	0,4 g de cloreto de zinco
		10 ml de etanol absoluto
		1 ml de acetato de etila
		190 ml de solvente HFE7100

Optou-se pela formulação do DSTL (CAST) dada possibilidade de utilizar como solvente o fluido patenteado HFE 7100, a base de metoxi-nonafluorobutano. Buscou-se essa tecnologia pelo relato de sucesso ao formular a 1,2-indanediona, pela característica não inflamável, não agressiva à camada de ozônio e baixa toxicidade relativa a outros solventes. Ainda, sua volatilidade e baixa tensão superficial resultam num processamento de suportes porosos que não encharca o vestígio, realizando a entrega do revelador de forma efetiva e rapidamente deixando o suporte “seco” para as etapas posteriores do processamento. Cabe ainda comentar que, apesar de ainda ser possível adquirir HFE7100 atualmente, após a redação do presente estudo foi obtida a informação de que o fabricante pretende descontinuar o referido solvente até 2025 (3M, 2022).

A revelação com 1,2-indanediona ocorreu da seguinte forma: os suportes foram separados e banhados com o revelador, um de cada vez. Após secagem, foram inseridos na estufa por 15 a 20 minutos, à temperatura em torno de 100°C, como observado na Figura 3. Por fim, com a utilização da fonte de luz UV forense LUMATEC SUPERLITE® S04, no comprimento de onda de 490 nm, e filtro de barreira laranja 056, 62 mm NIKON®, as revelações foram observadas e fotografadas (conforme Figura 4).

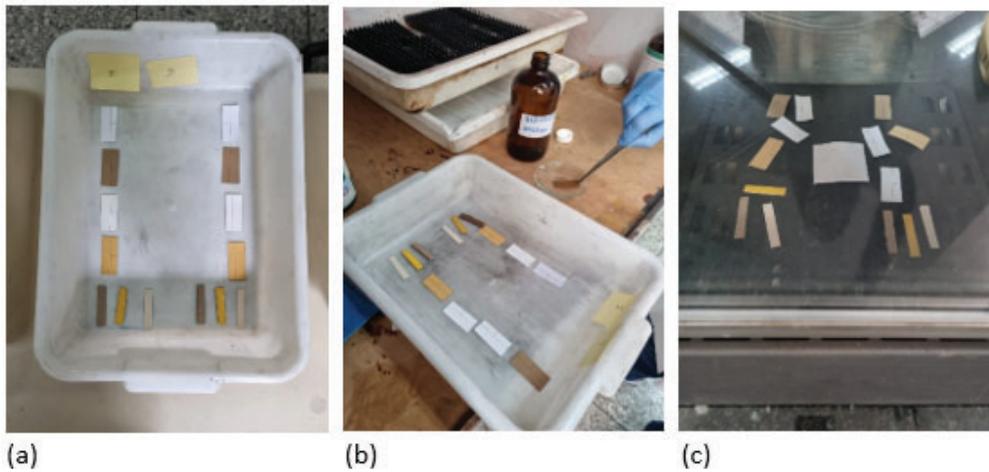


Figura 3 – (a) Separação das amostras já cortadas ao meio sendo: lado direito os suportes a serem submetidos apenas à ninidrina e lado esquerdo os suportes a serem submetidos à 1,2-indanediona e, posteriormente, à ninidrina; (b) Demonstração do banho de 1,2-indanediona nos suportes e (c) Suportes com revelador 1,2-indanediona na estufa, em torno de 100°C, por 15-20 minutos.

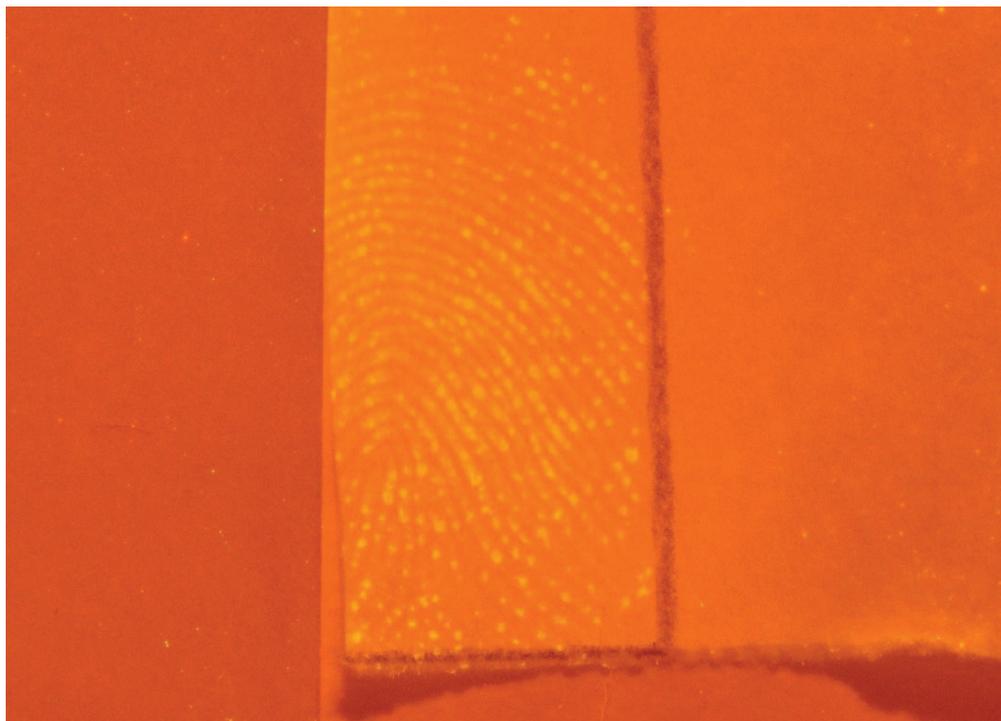


Figura 4 – Fotografia, com luz em 490 nm e filtro laranja passa alta, de impressão digital aposta em papel A4 e processada apenas com 1,2-indanediona.

A análise da qualidade das revelações foi realizada por dois Papiloscopistas Policiais Federais, utilizando escalas que pudessem prover valores objetivos à mensuração, adaptadas do trabalho de Almong *et al.* (2014), ilustradas no formato original nas Figuras 5 e 6.

Grade	Detail Visualised
0	No evidence of a fingerprint
1	Some evidence of a fingerprint
2	Less than 1/3 clear ridge detail
3	Between 1/3 and 2/3 clear ridge detail
4	Over 2/3 clear ridge detail

Figura 5 – Exemplo de escala absoluta proposta para avaliação da qualidade de impressões papilares reveladas Almong *et al.* (2014).

SCORE	DEFINITION
+2	Half-impresion developed by method A exhibits far greater ridge detail and/or contrast than the corresponding half-impresion developed by method B
+1	Half-impresion developed by method A exhibits slightly greater ridge detail and/or contrast than the corresponding half-impresion developed by method B
0	No significant difference between the corresponding half-impresions
-1	Half-impresion developed by method B exhibits slightly greater ridge detail and/or contrast than the corresponding half-impresion developed by method A
-2	Half-impresion developed by method B exhibits far greater ridge detail and/or contrast than the corresponding half-impresion developed by method A

Figura 6 – Exemplo de escala comparativa proposta para avaliação da qualidade de impressões papilares reveladas Almong *et al.* (2014).

A escala comparativa do quadro 4 fora utilizada para a avaliar de forma comparada o desempenho das revelações realizadas na metade na qual foi aplicada 1,2-indanediona e, posteriormente, ninidrina (método A), frente à metade na qual foi aplicada somente a ninidrina (método B).

QUADRO 4. QUADRO DE AVALIAÇÃO DAS MEIAS IMPRESSÕES DIGITAIS – NOTA COMPARATIVA.

PONTUAÇÃO	DEFINIÇÕES
+2	Meia impressão revelada pelo método A exibe detalhes de cristas com significativa maior riqueza de detalhes e/ou contraste do que a meia impressão correspondente revelada pelo método B
+1	Meia impressão revelada pelo método A exibe detalhes de cristas com sutil maior riqueza de detalhes e/ou contraste do que a meia impressão correspondente revelada pelo método B
0	Não há diferença significativa entre as duas meias impressões correspondentes
-1	Meia impressão revelada pelo método B exibe detalhes de cristas com sutil maior riqueza de detalhes e/ou contraste do que a meia impressão correspondente revelada pelo método A
-2	Meia impressão revelada pelo método B exibe detalhes de cristas com significativa maior riqueza de detalhes e/ou contraste do que a meia impressão correspondente revelada pelo método A

Já a escala isolada do quadro 5 foi utilizada para avaliar as meias impressões de 1,2-indanediona seguida da aplicação de ninidrina e a de tratada apenas com ninidrina.

QUADRO 5. QUADRO DE AVALIAÇÃO DAS MEIAS IMPRESSÕES DIGITAIS – NOTA ISOLADA.

NOTA	ASPECTO
0	Sem revelação
1	Poucas linhas (1/3 a 2/3), não identificável
2	Muitas linhas (mais de 2/3), não identificável
3	Baixa qualidade, identificável
4	Boa qualidade, identificável

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo da parte experimental, um dos doadores do sexo masculino informou ser portador da condição de hiperidrose nas mãos, exibindo uma sudorese excessiva que supera a necessidade habitual do corpo ao manter sua temperatura. O estudo seguiu todas as etapas com a participação do doador com hiperidrose nas mãos.

Contudo, seus resultados precisaram ser desconsiderados na fase de avaliação objetiva com escalas. É relevante deixar registrado que a condição resultou em revelações em todos os suportes, em todos os períodos, com forte coloração resultante, de forma significativamente discrepante dos outros doadores. Houve ainda tipo de suporte em que apenas as impressões do doador com hiperidrose apresentaram revelação (face externa da caixa dos correios). Dessa forma, para todos os cálculos do estudo foram desconsideradas as notas atribuídas ao doador em questão.

Quanto às revelações, em geral, apesar da expectativa advinda do levantamento bibliográfico, a coloração visível a olho nu esperada ao submeter as amostras à 1,2-indanediona não foi observada em qualquer das amostras, mesmo naquelas em que a revelação pôde ser observada com sucesso através de fluorescência.

Apesar de fora do escopo experimental do presente estudo, é relevante destacar que as revelações obtidas através de fluorescência, a partir do emprego da 1,2-indanediona, tendem a atenuar ao longo do tempo, variando sua velocidade de degradação conforme a superfície é armazenada, após o processo de revelação. É importante que os registros fotográficos sejam realizados nas primeiras 48 horas após a aplicação do revelador e tratamento térmico, e que nesse período os substratos sejam mantidos em armazenamento abrigado contra claridade (SIEMGORRÉ; BAILER-SØRENSEN; JANSSEN-BOUWMEESTER, 2023).

5. AVALIAÇÕES COM ESCALA POR NOTAS ISOLADAS E COM ESCALA COMPARATIVA

A figura 7 apresenta a quantidade de notas atribuídas por ambos os avaliadores em cada valor da escala de notas isoladas, para todos os suportes, em todos os períodos.

QUANTIDADE ABSOLUTA DE NOTAS POR TÉCNICA NO ESTUDO

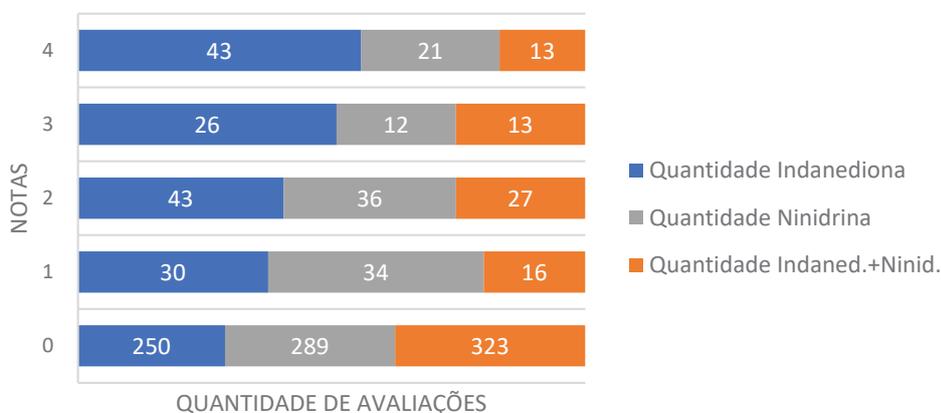


Figura 7 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído no estudo, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, todos os períodos e todos os suportes.

É importante ressaltar que a figura 7 não mostra a quantidade de impressões que receberam cada um dos valores de nota, mas a quantidade de vezes em que cada valor de nota foi atribuído a impressões reveladas por determinado processo. Uma mesma impressão pode ter recebido notas distintas de cada avaliador.

Ainda na figura 7, observa-se que somando a participação de ambos os avaliadores, a quantidade de notas “4” e “3”, atribuídas a impressões passíveis de utilização numa identificação, foi superior para a 1,2-indanediona. Outra observação marcante que se pode extrair é a de que, apesar de resultados interessantes nos valores “4” e “3”, a maioria das amostras do estudo resultou com avaliação “0”-sem revelação. Apesar do fato de que as notas da figura 7 englobam o suporte “caixa dos correios”, é marcante a taxa de insucesso nas revelações para todos os suportes, assim como chama atenção o fato de que, em termos de sensibilidade, menos valores “0” foram atribuídos às amostras reveladas com 1,2-indanediona.

A figura 8 apresenta somatório das quantidades de notas 3 e 4, atribuídas por ambos os avaliadores com base na escala do quadro 5, agrupadas por período para todos os suportes.

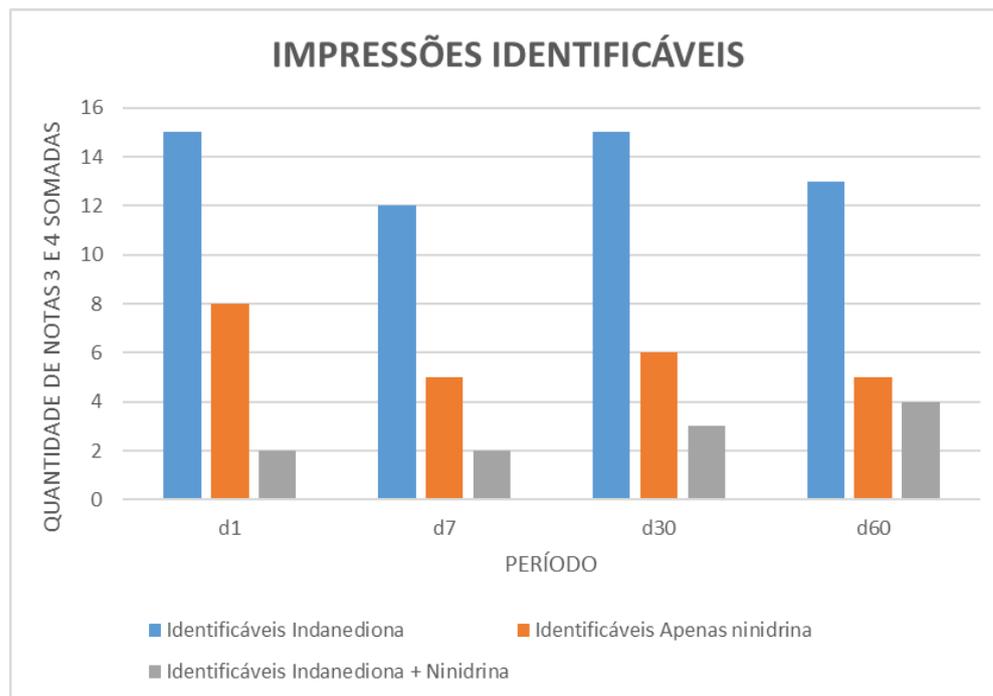


Figura 8 – Gráfico apresentando somatório das quantidades de notas 3 e 4, agrupadas por período para todos os suportes.

Ao analisar os gráficos das figuras 7 e 8, as revelações realizadas apenas com 1,2-indanediona apresentaram resultados superiores ao uso isolado apenas de ninidrina, e este último ainda apresentou resultados superiores ao uso sequencial de 1,2-indanediona e posterior ninidrina. Esses resultados globais coincidem com os achados do *Defence Science and Technology Laboratory* (Dstl) (CAST, 2019) do Reino Unido, os quais recomendam que caso a necessidade operacional permita o emprego de apenas uma técnica de revelação, a mais promissora seria a 1,2-indanediona. Os gráficos acima também apontam no sentido da expectativa teórica de que o uso sequencial de 1,2-indanediona, e posterior ninidrina, viria a atenuar em alguma medida o resultado de um posterior processamento com ninidrina, sendo que ambos objetivam os mesmos constituintes da impressão papilar. Esta hipótese é corroborada pelas médias comparativas compiladas (ver figura 9), onde a maioria das médias manteve-se na área do gráfico apresentando melhor desempenho relativo do uso apenas de ninidrina. Contudo, conforme destacado em vermelho no quadro 5 abaixo, observa-se que a distância dos valores ainda é próxima, especialmente com o passar do tempo. O fenômeno de atenuação em si, é ilustrado na figura 10.

QUADRO 6 – MÉDIAS GLOBAIS POR MÉTODO EM CADA PERÍODO POR NOTA ISOLADA.

MÉTODO	PERÍODO			
	d1	d7	d30	d60
Média 1,2-indanediona	1,1429	1,0510	0,8673	0,6735
Média apenas ninidrina	0,7857	0,5408	0,5714	0,4082
Média 1,2-indanediona + ninidrina	0,4184	0,4184	0,5102	0,2959
Média 1,2-indanediona + ninidrina X apenas ninidrina	-0,3673	-0,1837	-0,0918	-0,1531

Figura 9 – Desempenho em escala comparativa das impressões em cada suporte, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

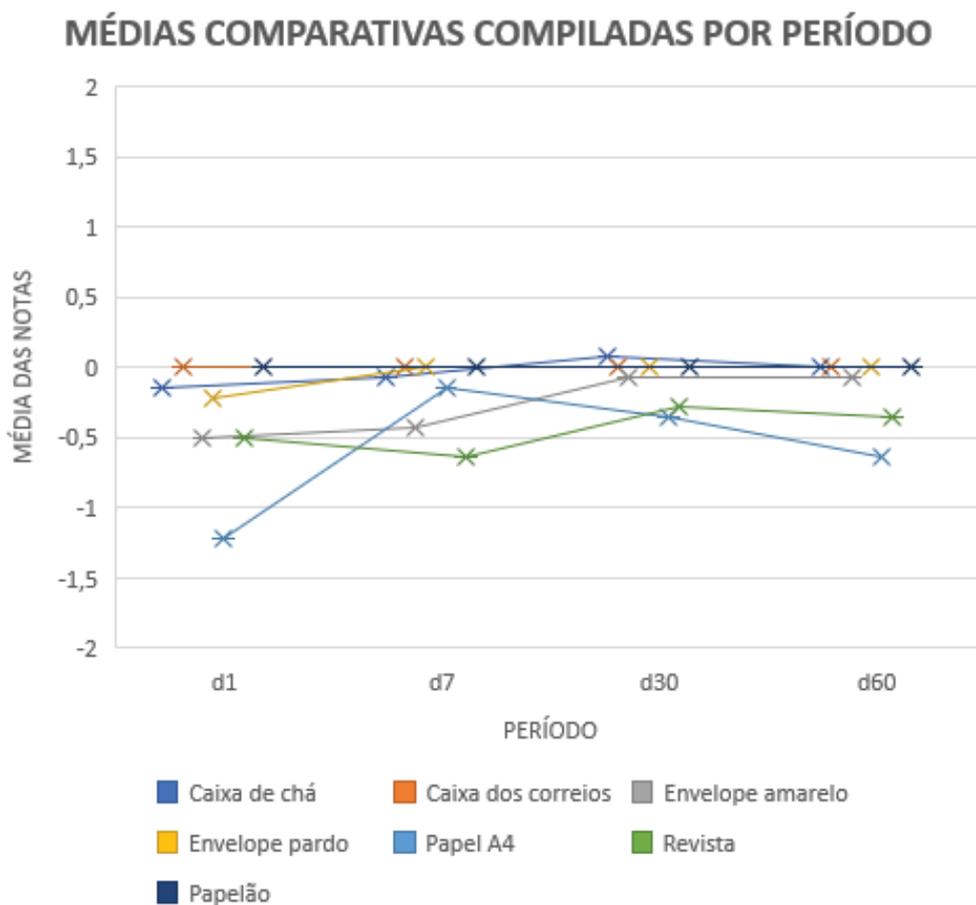


Figura 10 – Desempenho em escala comparativa das impressões em cada suporte, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

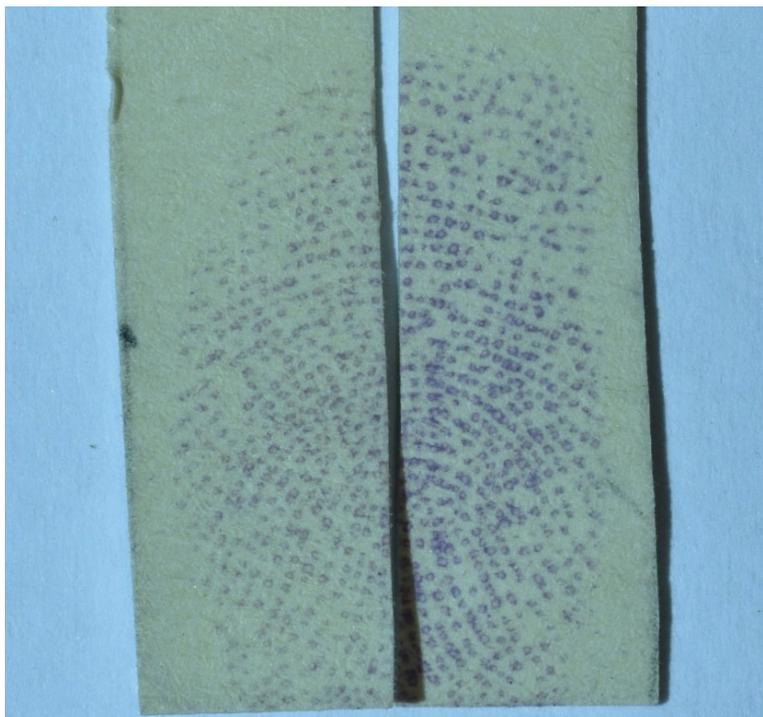


Figura 11 – Fotografia em luz no espectro visível de impressão digital aposta na face interna da caixa de chá, cortada ao meio, e processada apenas com ninidrina (metade esquerda) e com 1,2-indanediona e posterior ninidrina (metade da direita).

A seguir são apresentados, graficamente nas figuras 11 a 23, os desempenhos comparativos das meias impressões, mensurados em cada suporte, exibidos por período e agregando a média de todos os doadores. Juntamente, são apresentados os gráficos correspondentes em que cada valor de nota foi atribuído a impressões reveladas por determinado processo para todos os períodos e 7 doadores. Como citado anteriormente, as revelações na superfície amarela externa da caixa dos correios não produziram qualquer resultado, exceto no caso de hiperidrose, não fornecendo representação gráfica correspondente.

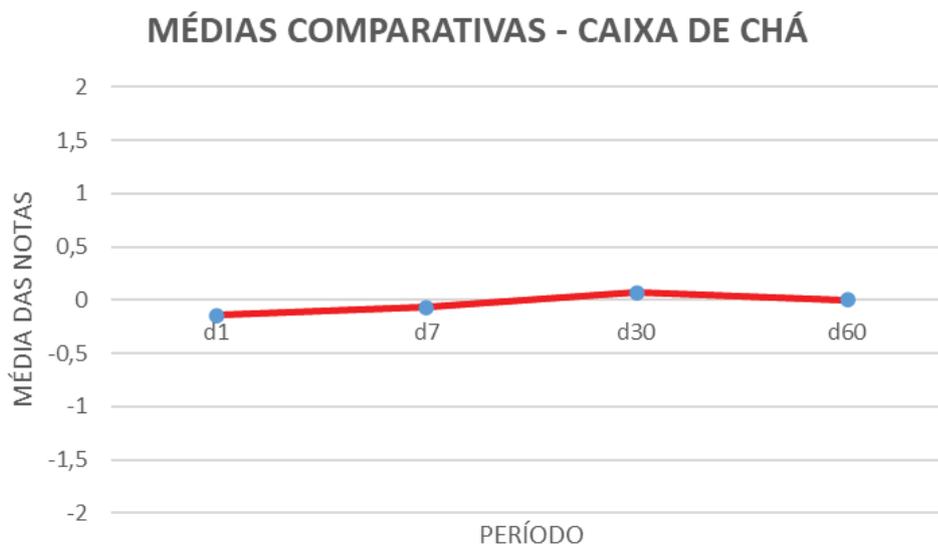


Figura 12 – Desempenho em escala comparativa das impressões em caixa de chá, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

QUANTIDADE ABSOLUTA DE NOTAS POR TÉCNICA - CAIXA DE CHÁ

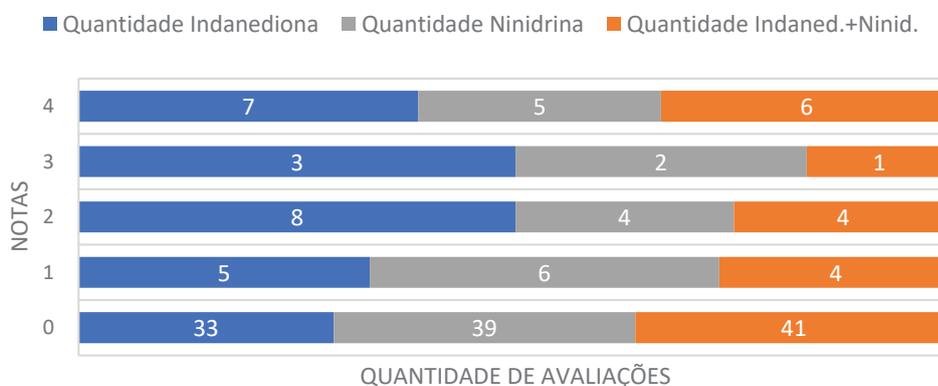


Figura 13 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, em todos os períodos, nos 7 doadores, em relação ao suporte caixa de chá.

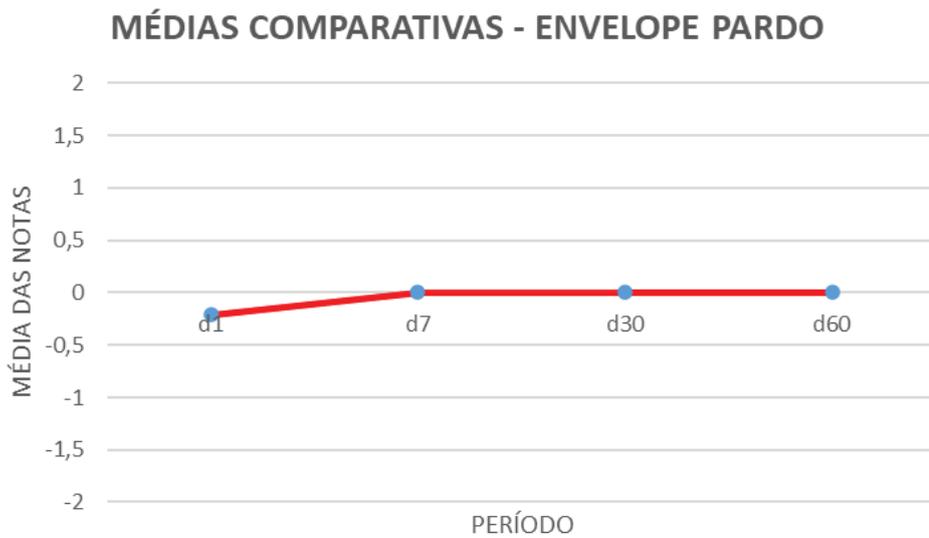


Figura 14 – Desempenho em escala comparativa das impressões em envelope pardo, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

QUANTIDADE ABSOLUTA DE NOTAS POR TÉCNICA - ENVELOPE PARDO

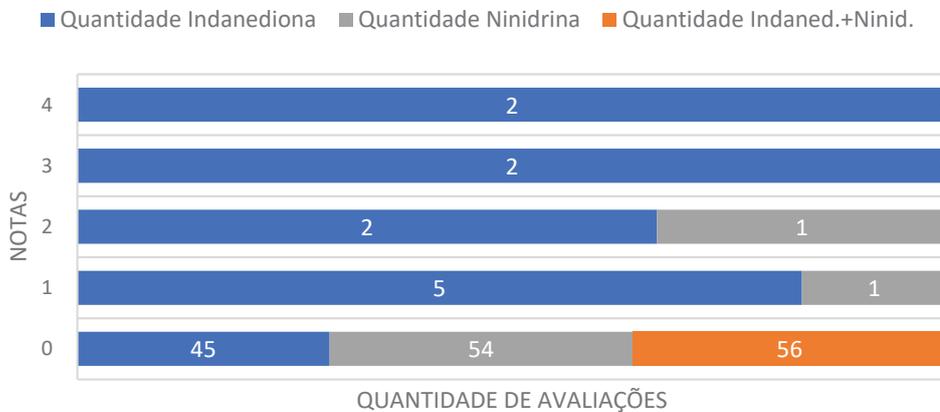


Figura 15 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, em todos os períodos, nos 7 doadores, em relação ao suporte envelope pardo.

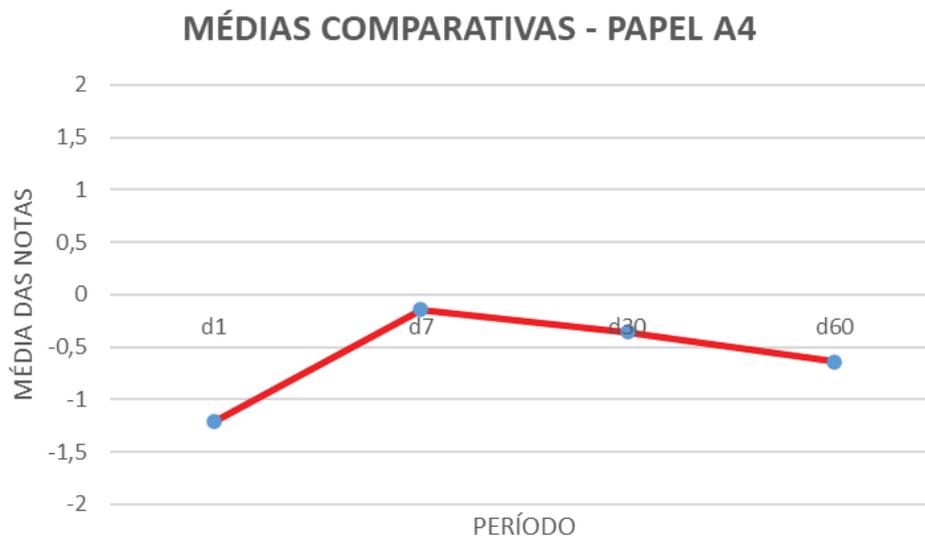


Figura 16 – Desempenho em escala comparativa das impressões em papel A4, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

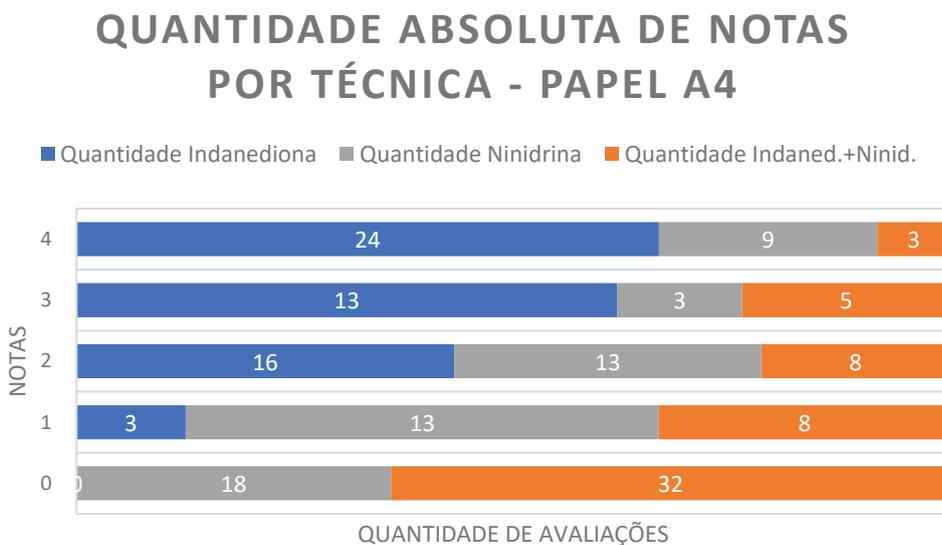


Figura 17 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, em todos os períodos, nos 7 doadores, em relação ao suporte papel A4.

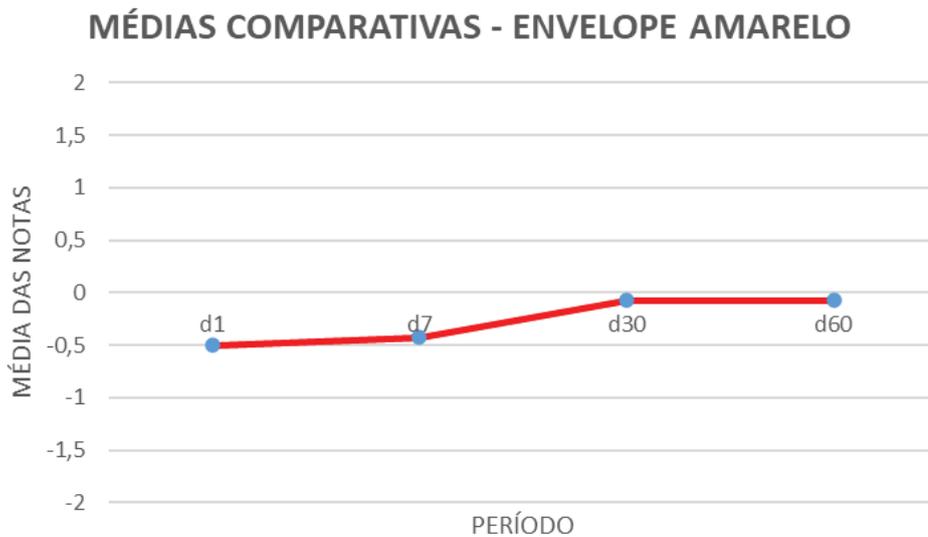


Figura 18 – Desempenho em escala comparativa das impressões em envelope amarelo, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

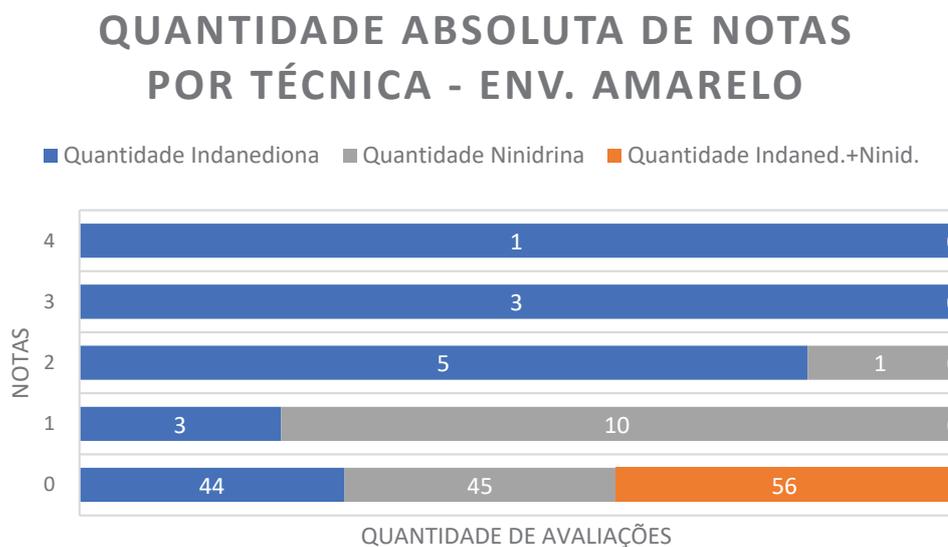


Figura 19 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, em todos os períodos, nos 7 doadores, em relação ao suporte envelope amarelo.

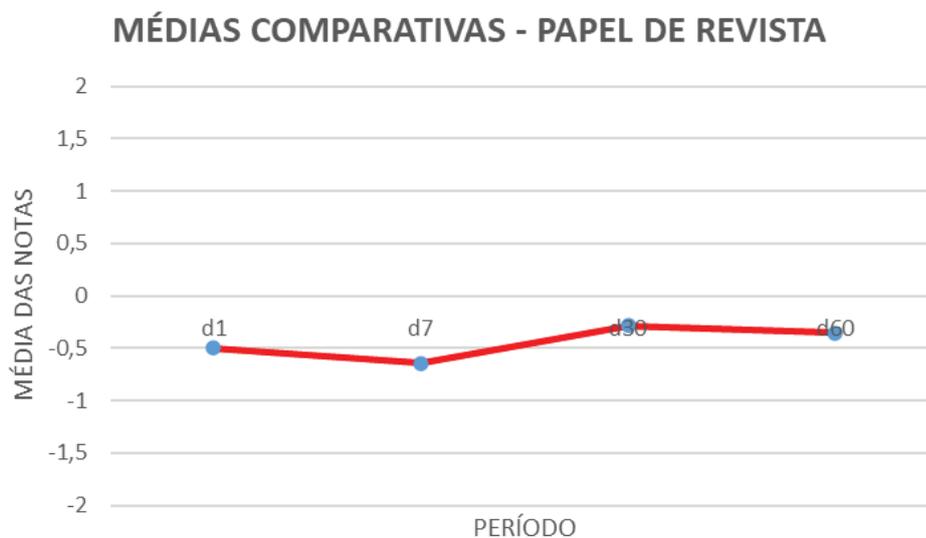


Figura 20 – Desempenho em escala comparativa das impressões em papel de revista, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

QUANTIDADE ABSOLUTA DE NOTAS POR TÉCNICA - PAPEL DE REVISTA

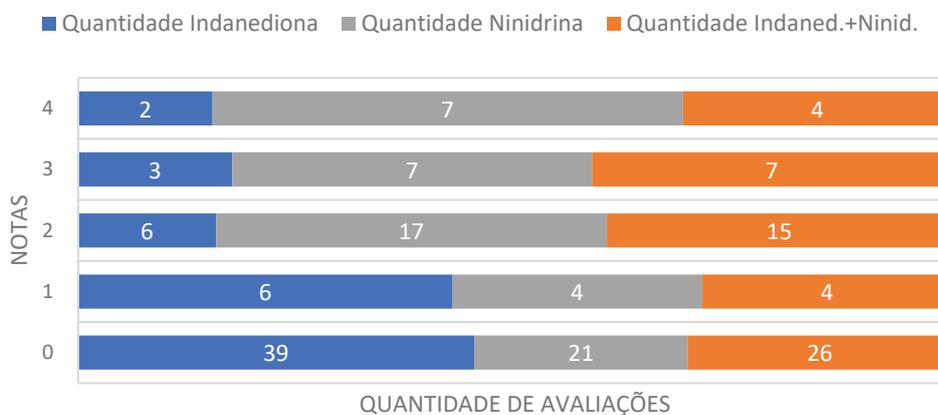


Figura 21 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, em todos os períodos, nos 7 doadores, em relação ao suporte papel de revista.

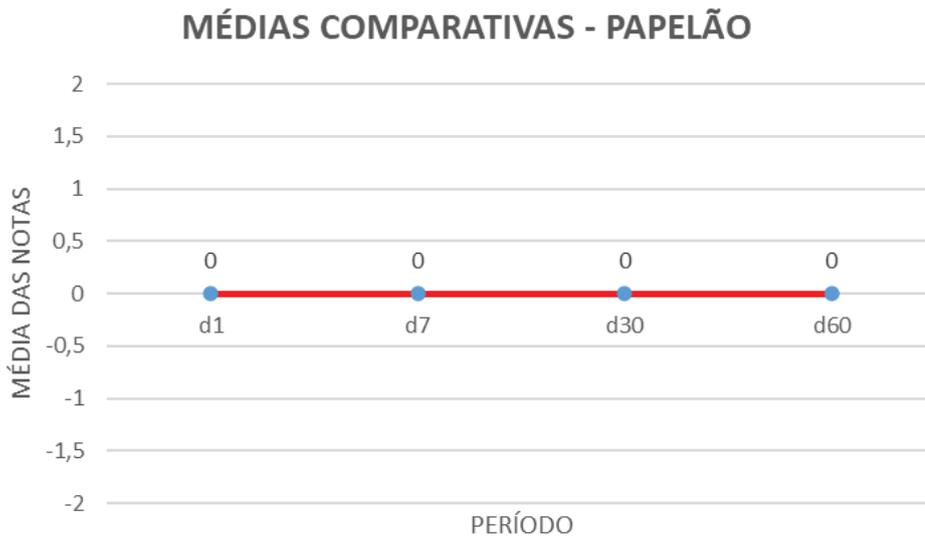


Figura 22 – Desempenho em escala comparativa das impressões em papelão, apresentando a média dos 7 doadores, por período. Valores positivos apresentam quando as impressões reveladas com ninidrina após 1,2-indanediona foram melhores do que as reveladas apenas com ninidrina.

QUANTIDADE ABSOLUTA DE NOTAS POR TÉCNICA - PAPELÃO

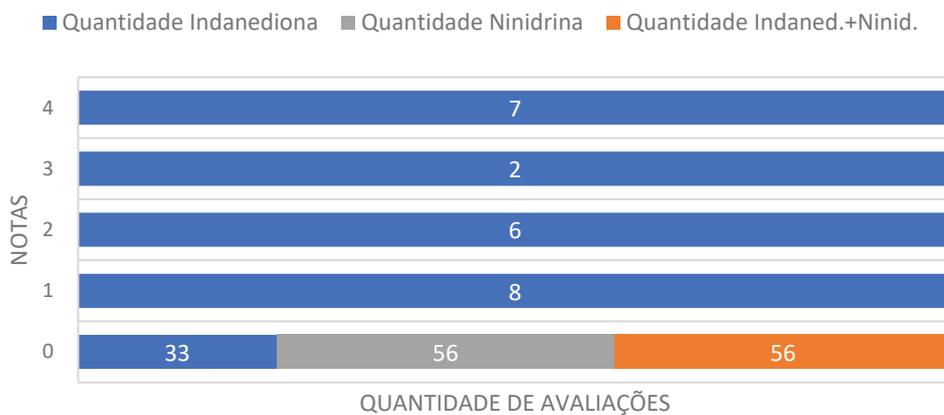


Figura 23 – Gráfico apresentando quantas vezes cada valor foi atribuído, com base na escala de avaliação por notas isoladas, levando-se em conta ambos os avaliadores, em todos os períodos, nos 7 doadores, em relação ao suporte papelão.

Partindo-se para uma análise mais detalhada do comportamento observado em cada tipo de suporte, chama atenção o comportamento peculiar das revelações em papel de revista. O comportamento observado tanto no processo apenas com ninidrina quanto naquele com ninidrina posterior à 1,2-indanediona foi consistente com os outros suportes. Contudo, os resultados do processo apenas com 1,2-indanediona alcançou as notas mais inferiores do suporte, na contramão até mesmo da média global. Fato também evidenciado pelo gráfico de quantidade absoluta de notas por técnica (conforme figura 12, relativa à caixa de chá). Não foi possível, até o presente momento, estudar experimentalmente o fenômeno observado, mas uma suspeita envolve os constituintes desse tipo de suporte, os quais poderiam prover um substrato que atenua as condições ideais para a formação do fluoróforo. Trata-se de um tipo de suporte a ser analisado com cautela, dado o comportamento peculiar observado de forma consistente em todos os períodos.

Nos outros suportes, destaca-se a consistência de resultados onde a 1,2-indanediona apresentou de maneira perceptível um desempenho superior aos outros processos, quando analisados de forma isolada em cada suporte. Chama ainda mais atenção em dois aspectos: (1) o fato de que nos suportes papelão e envelope pardo a 1,2-indanediona foi praticamente a única a apresentar resultados; e (2) o fato de que a maior média de todo o estudo foi alcançada pela 1,2-indanediona em papel A4, sendo que neste último a análise por quantidade de notas não apresentou nota “0 - sem revelação”, demonstrando a sensibilidade do processo.

É interessante observar que o já citado fenômeno esperado de notas inferiores para a ninidrina posterior à 1,2-indanediona, em relação a apenas à ninidrina, seguiu graficamente o mesmo padrão nas notas isoladas e nas notas comparativas correspondentes em cada suporte, tanto quando houve resultados perceptíveis (envelope pardo, envelope amarelo, papel A4 e papel de revista), quanto para quando ambos os processos foram igualmente ineficazes (papelão). Ainda, as notas em questão para as médias encontradas na caixa de chá seguiram o mesmo padrão, até mesmo quando curiosamente houve uma inversão em d30 (conforme figura 16, relativa ao papel A4). O uso de ambas as escalas não elimina completamente a possibilidade de vieses, mas no presente estudo serviu como uma referência de validação mútua interessante.

Por fim, cabe destacar as circunstâncias em que apenas o processamento com 1,2-indanediona revelou impressões em condições para uma identificação (avaliações com notas “3” e “4”), nos suportes papelão, envelope amarelo e envelope pardo. Acredita-se que estes resultados não desqualificam o emprego de ninidrina para os referidos suportes, mas que, além de ser preferível o processamento com 1,2-indanediona, o processamento com ninidrina pode ou precisa ser aprimorado, sobretudo por ter apresentado sensibilidade suficiente para trazer revelações (à exceção do suporte papelão). Associada a essa possibilidade, cabe uma consideração especial a respeito da escala utilizada em todo o experimento. A forma buscada de tentar quantificar a qualidade das impressões foi satisfatória ao permitir analisar com mais clareza a grande quantidade de dados gerada no estudo, porém escalas mais eficientes e específicas podem ser desenvolvidas, sobretudo agregando devida cautela aos termos “identificável” e “não identificável”, pois apesar da busca por impressões com notas “3” e “4” serem prioritárias, impressões de qualidade inferior com notas “2” e talvez até “1” podem vir a servir como fontes de exclusão de suspeitos em casos reais, também agregando informações à investigação policial.

6. CONCLUSÃO

Por meio dos testes comparativos foi possível constatar que o uso de 1,2-indanediona atenua o resultado de um posterior tratamento com ninidrina. Entretanto, a intensidade dessa atenuação não foi considerada significativa.

Comparando-se o desempenho dos três processos de revelação testados, o processamento com 1,2-indanediona mostrou-se o mais eficaz de forma global, superior à ninidrina e estes, superiores aos resultados de ninidrina posterior à aplicação de 1,2-indanediona. Apenas no suporte papel de revista o desempenho global da 1,2-indanediona foi inferior aos demais, sendo o processamento apenas com ninidrina o de melhores resultados.

Apesar da necessidade de novos testes com formulações de 1,2-indanediona que não empreguem HFE7100, considerando os

resultados experimentais alcançados, a dinâmica de aplicação e revelação com 1,2-indanediona persistir similar mesmo em formulações distintas, a literatura e a razoável disponibilidade comercial da 1,2-indanediona, associado ao fato de suas revelações proverem resultados em curto prazo (horas), e ainda permitirem posterior tratamento com ninidrina sem significativa atenuação, recomenda-se fortemente o emprego dessa nova tecnologia no processamento de vestígios celulósicos em busca de impressões papilares, bem como a continuidade das pesquisas de como otimizar sua utilização para os mais diversos suportes porosos, com especial atenção à utilização de formulações que em breve abandonem o emprego de HFE7100.

O esclarecimento buscado no objetivo inicial do presente estudo foi alcançado, avaliando o desempenho relativo da 1,2-indanediona frente à ninidrina em suportes celulósicos. Foram também trazidos entendimentos específicos a cada tipo de suporte estudado, amplificando o alcance do presente trabalho. Esses resultados devem-se não só à dedicação e vontade em testar os processos em questão, mas da forma utilizada para conduzir o estudo, seguindo uma abordagem metodológica proposta por organismos internacionais especializados em perícia papiloscópica. Assim, sugere-se que a busca por sanar dúvidas futuras, quanto a efetividade de processos de revelação, busquem também seguir abordagens capazes de prover resultados reais e confiáveis, dotadas de credibilidade que acaba, ao final, agregada ao exame pericial em questão. Por fim, e ainda pertinente, o grupo sugere que tal busca seja sempre norteadas priorizando ao aprimoramento dos trabalhos e, indispensavelmente, práticas cada vez menos agressivas ao meio ambiente e aos especialistas em atuação.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada com o suporte financeiro e infraestrutura providos pelo Instituto Nacional de Identificação, da Polícia Federal.

BIBLIOGRAFIA

3M to Exit PFAS Manufacturing by the End of 2025. *3M News Center*, Saint Paul MN, 2022. Disponível em: <<https://news.3m.com/2022-12-20-3M-to-Exit-PFAS-Manufacturing-by-the-End-of-2025>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2024.

ALMOG, *et al.* Guidelines for the assessment of fingermark detection techniques International Fingerprint Research Group (IFRG). *Journal of Forensic Identification*. v 64. p. 174-197, 2014.

ALMOG, J. *et al.* Latent Fingerprint Visualization by 1,2-Indanedione and Related Compounds: Preliminary Results. *Journal of Forensic Sciences*, v. 44, n. (1), p. 14421J, 1 jan. 1999.

BLEAY, S. M.; CROXTON, R. S.; DE PUIT, M. *Fingerprint Development Techniques*. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/9781119187400>>.

BOUZIN, J. T. *et al.* New light on old fingermarks: The detection of historic latent fingermarks on old paper documents using 1,2-indanedione/zinc. *Forensic Science International: Reports*, v. 2, 2020, 100145, ISSN 2665-9107, <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100145>.

BOUZIN, J. T. *et al.* Mind the gap: The challenges of sustainable forensic science service provision. *Forensic Science International: Synergy*, v. 6, 2023, 100318, ISSN 2589-871X, <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2023.100318>.

CHAMPOD, C. *et al.* *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*. [s.l.] : CRC Press. 2016.

HOME OFFICE CENTRE FOR APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGY (CAST); DEFENCE SCIENCE AND TECHNOLOGY LABORATORY (DSTL). A New Indandione Process Instruction. *Fingermark Visualisation Newsletter*. Special Edition: Porous Processes and Charts. 2019.

JELLY, R. *et al.* The detection of latent fingermarks on porous surfaces using amino acid sensitive reagents: a review. *Analytica Chimica Acta*, v. 652, n. (1-2), p. 128–142, 12 out. 2009.

JOULLIÉ, M. M.; THOMPSON, T. R.; NEMEROFF, N. H. Ninhydrin and ninhydrin analogs. Syntheses and applications. *Tetrahedron*, v. 47, n. (42), p. 8791–8830, 1991.

- LAM, R.; WILKINSON, D. Forensic light source and environmental effects on the performance of 1,2-indanedione-zinc chloride and 1,8-diazafloren-9-one for the recovery of latent prints on porous substrates. *Journal of Forensic Identification*, v. 61, p. 607–620, 2011.
- LEVIN-ELAD, M. *et al.* 1,2-Indanedione - A winning ticket for developing fingermarks: A validation study. *Forensic Science International*, v. 271, p. 8–12, 2017.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 674, de 6 de maio de 2022. *Dispõe sobre a tipificação da pesquisa e a tramitação dos protocolos de pesquisa no Sistema CEP/Conep*. Disponível em: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/resolucoes/2022/resolucao-no-674.pdf>. Acesso em: 04 novembro de 2024.
- RAMOTOWSKI, R. S. *Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology*. 3rd Edition ed. [s.l.] : CRC Press, 2013.
- SIEM-GORRÉ, S., BAILER-SØRENSEN, M., JANSSEN-BOUWMEESTER, R.; The influence of storage conditions on fingermarks developed with 1,2-indanedione-ZnCl. *Forensic Science International*, v. 348, 2023, 111727, ISSN 0379-0738, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111727>.
- SIRCHIE. TECHNICAL INFORMATION *1,2-Indanedione Catalog Nos. LV508, LV5081*. 2014. Youngsville, NC, Estados Unidos da América.
- STOILOVIC, M. *et al.* Evaluation of a 1,2-indanedione formulation containing zinc chloride for improved fingermark detection on paper. *Journal of Forensic Identification*, v. 57, n. (1), p. 4–18, jan. 2007.
- WIESNER, S. *et al.* Chemical Development of Latent Fingerprints: 1,2-Indanedione Has Come of Age. *Journal of Forensic Sciences*, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1520/jfs15102j>> .

INFORMAÇÕES ADICIONAIS E DECLARAÇÕES DE AUTORIA
(integridade científica)

Declaração de conflito de interesse: A autoria confirma não haver conflitos de interesse na condução desta pesquisa e na redação deste artigo.

Declaração de autoria: Todos e apenas os pesquisadores que atendem os requisitos de autoria deste artigo são listados como autores; todos os coautores são integralmente responsáveis por este trabalho em sua totalidade.

Declaração de originalidade: A autoria assegura que o texto aqui publicado não foi previamente divulgado em qualquer outro local e que a futura republicação apenas será feita com expressa referência desta publicação original; também atesta(m) que não há plágio de material de terceiros ou autoplágio.

COMO CITAR (ABNT BRASIL):

LOBO, Bernardo José Munhoz; LEOMIL, Renata dos Santos Lannes Stilben; CARVALHO, Daniel da Silva. Ninidrina ou 1,2-indanediona na revelação de impressões digitais em suportes porosos? um estudo em suportes celulósicos. **REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS POLICIAIS**, Brasília, Brasil, v. 15, n. 1, p. 149-178, jan.-abr. 2024.



ESTA OBRA ESTÁ LICENCIADA COM UMA LICENÇA CREATIVE COMMONS ATRIBUIÇÃO - NÃOCOMERCIAL 4.0 INTERNACIONAL.