

AS CLÁSSICAS HIDRAZONAS COMO REVELADORES DE IMPRESSÕES DIGITAIS: UMA PROPOSTA DE QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

Nathalia P. K. Lima^a, Bruno N. Rosa^{b,d}, Tais Poletti^b, Bruna C. Moreira^b, Amanda F. Leitzke^a, Kristiane C. Mariotti^{c,d}, Neftalí L. V. Carreño^{c,d} e Cláudio M. P. Pereira^{a,b,c,d,*}

^aDepartamento de Química Forense, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 96010-900 Pelotas - RS, Brasil

^bCentro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 96010-610 Pelotas - RS, Brasil

^cGrupo de Identificação, Polícia Federal, Superintendência Regional no Rio Grande do Sul, 90610-093 Porto Alegre – RS, Brasil

^dInstituto Nacional de Ciência e Tecnologia Forense (INCT Forense), Porto Alegre – RS, Brasil

Recebido em 13/06/2022; aceito em 05/10/2022; publicado na web 14/11/2022

CLASSIC HYDRAZONES AS FINGERMARK DEVELOPERS: AN EXPERIMENTAL ORGANIC CHEMISTRY PROPOSAL. Fingerprint dusting powders are an important tool of forensic practitioners, being a first-choice process for most crime scene investigators. The development of new products is of utmost importance for forensic science. Hydrazones comprise compounds derived from ketones or aldehydes in reaction with hydrazines. These reactions are widely studied in organic chemistry because of the versatility of these compounds in organic synthesis. The study of these reactions leads to the understanding of the nucleophilicity of hydrazines, as well as the electrophilicity of aldehydes and ketones. The present work presents one proposal of experimental organic chemistry, aiming at a new application of this classic class of organic substances in forensic chemistry, specifically as a developer of latent fingerprints due to the variations of the color of the compounds, with spectra ranging in a range from 250 to 500 nm. These compounds were identified by Infrared Spectroscopy, Ultraviolet-Visible Spectroscopy and Mass Spectrometry. The development on glass surfaces demonstrated the potential application of these compounds in everyday life situations.

Keywords: fingerprints; forensic science; organic synthesis; dusting powder.

INTRODUÇÃO

As hidrazonas e seus derivados são compostos pertencentes a uma classe com a estrutura geral $-C=N-NH-R$. Tais compostos, geralmente, são obtidos através da condensação de hidrazinas ou hidrazidas com cetonas ou aldeídos.¹ Esta condensação ocorre em solvente prótico e pode ser catalisada em meio ácido.² Além disso, as hidrazonas pertencem a uma importante classe de intermediários sintéticos, com aplicação direta em química orgânica.

Uma característica estrutural importante das moléculas de hidrazonas é a presença ligação azometina ($C=N$), que é responsável por gerar o tautomerismo azo-hidrazo ($H_3C-N=N-R \rightleftharpoons H_2C=N-NH-R$) em solução.³ Devido ao equilíbrio com o seu tautômero azo, as hidrazonas podem apresentar algumas aplicações semelhantes à compostos pertencentes a esta classe. Os azo-compostos são industrialmente muito utilizados como corantes em alimentos, produtos farmacêuticos e cosméticos.⁴ A ligação azometina também é responsável pela formação de isômeros geométricos (*E* e *Z*),⁵ que exercem um papel fundamental para a bioatividade apresentada por esta classe molecular, por exemplo: atividade antiprotozoária,⁶ antifúngica⁷ e analgésico.⁸

As cristas papilares são as linhas presentes na ponta dos dedos, separadas por sulcos, que formam os desenhos digitais. Através da transferência de produtos excretados pelas glândulas presentes no corpo humano, é possível deixar as marcas de impressão digital onde um indivíduo toca. Elas são provas físicas consideradas circunstanciais em investigações forenses e na justiça criminal.^{9,10} Nesse contexto, as impressões digitais latentes (IDLs) são aquelas que não podem ser vistas a olho nu¹¹ e é necessário aplicar algum método (químico ou físico) de revelação que permita a sua visualização. Nas ciências forenses, uma ampla gama de produtos químicos é

utilizada durante as perícias de cenas de crime. Uma das técnicas mais utilizadas atualmente é a técnica do pó, que consiste na aplicação de pó em superfícies apropriadas através do método de empoamento e, pela aderência mecânica do pó à umidade e aos componentes oleosos dos resíduos da impressão digital, ocorre a revelação.¹² Este procedimento proporciona um contraste que permite a visualização das cristas papilares.¹³ Em geral, os derivados de hidrazona são sólidos coloridos, o que é uma característica importante para promover o contraste na técnica do pó, tornando esta classe molecular um potencial revelador de IDLs.

A literatura relata diferentes classes de compostos orgânicos que foram investigados como promissores reveladores de IDLs.¹⁴⁻¹⁹ Neste sentido, este trabalho propõe a de síntese de hidrazonas, compostos clássicos na química orgânica, e sua aplicação como reveladores de impressões digitais, bem como a análise cromatográfica e espectroscópica das mesmas, objetivando a aplicação no ensino de química em cursos técnicos e de graduação. Assim, como estratégia, este experimento pode ser aplicado aos cursos de graduação e técnicos em Química e Farmácia e pode ser dividido em três aulas, sendo uma aula destinada à síntese e recristalização dos compostos; uma aula destinada para análises por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM), Espectroscopia de Infravermelho (IV) e Espectroscopia de Ultravioleta Visível (UV-Vis); e uma última aula destinada para os testes de revelação de impressões digitais.

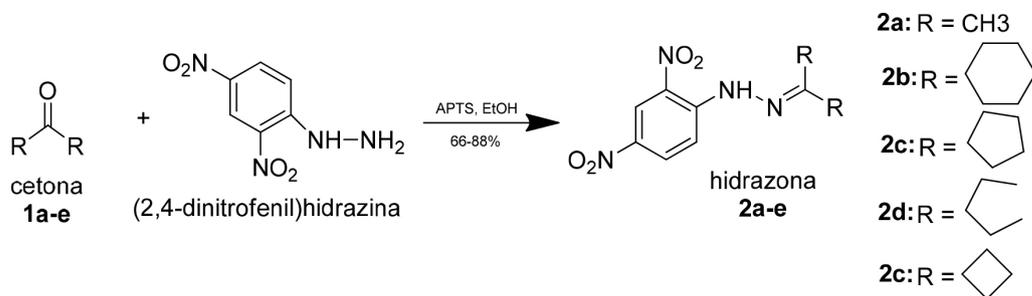
PARTE EXPERIMENTAL

Materiais e métodos

Procedimento geral para síntese das hidrazonas

Para a síntese das hidrazonas (**2a-e**, Esquema 1), foram utilizadas as seguintes cetonas: 2-propanona (**1a**), ciclo-hexanona

*e-mail: lahbbioupel@gmail.com



Esquema 1. Síntese de hidrazonas

(**1b**), ciclopentanona (**1c**), 3-pentanona (**1d**) e ciclobutanona (**1e**). Em um balão (50 mL), foram adicionados 5,25 mmol de ácido *p*-toluenossulfônico (0,904 g), dissolvidos em 25 mL de etanol. Em seguida, adicionou-se 5 mmol de 2,4-dinitrofenil-hidrazina (0,991 g) e 5 mmol de cetona **1a-e**.²⁰ Após adição de todos os reagentes, a reação foi colocada sob refluxo em banho de glicerina e permaneceu durante 2 horas. Os sólidos precipitados foram filtrados sob vácuo e, em seguida, recristalizados usando 100 mL etanol. Após a formação dos cristais, os mesmos foram filtrados por filtração simples e, após secos, pesados para o cálculo do rendimento (66-88%).

Os cristais purificados das hidrazonas **2a-e** sintetizadas foram identificados e comparados com a literatura por seus espectros infravermelhos (IV) e espectros de massa (EM).

Caracterização química dos compostos sintetizados

Os espectros infravermelhos foram registrados em um espectrofotômetro infravermelho Shimadzu com transformada Fourier, modelo IRSpirit, com patilhas de KBr. A análise cromatográfica foi realizada em um cromatógrafo a gás da marca Shimadzu, modelo GCMS-QP2020 NX, equipado com coluna capilar RTX-5MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm). A temperatura do forno foi ajustada em 40 °C, aumentando 15 °C a cada minuto até atingir 280 °C, com isoterma nesta temperatura durante 10 min. O gás de arraste utilizado foi o gás hélio (66 kPa) a um fluxo de 1,23 mL por minuto. O injetor foi mantido à 280 °C e operou por 1 min no modo split (tempo de amostragem). A temperatura da interface e da fonte de íons era de 300 °C e 200 °C, respectivamente. O sistema EM foi operado em modo de ionização de impacto eletrônico a 70 eV e em monitoramento de íons selecionados (MIS). Os compostos encontrados nas amostras foram identificados usando bancos de dados computadorizados de espectro de massa (NIST17) e dados provenientes da literatura. A varredura dos compostos por espectroscopia de ultravioleta visível (UV-Vis) foi realizada por um espectrofotômetro da marca Bel Photonics, modelo UV-M51, utilizando cubetas de vidro com soluções em metanol a uma concentração de 10 μmol L⁻¹.

Revelação das impressões digitais

Para a avaliação dos compostos, quatro doadores foram solicitados a fornecer suas impressões digitais naturais e sebáceas. As amostras foram coletadas em superfície de vidro e plástico, aplicando uma pressão média durante 3 a 5 segundos. Para a obtenção do conteúdo natural, as mãos dos doadores foram lavadas com água e sabão neutro e a IDL foi coletada meia hora depois. Para a coleta do conteúdo sebáceo, foi solicitado aos doadores friccionarem os seus dedos nas regiões oleosas do rosto (como testa, nariz e queixo) e homogeneizar uns com os outros, antes de realizar a deposição.²¹ Para obter um pó fino e homogêneo, os cristais purificados foram macerados em almofariz, com o auxílio de um pistilo. Todas as IDLs foram reveladas com as hidrazonas sintetizadas (**2a-e**) 24 horas após suas deposições. Durante o período de 24 horas, as impressões digitais depositadas foram mantidas em uma sala adequada, ambiente

fechado à temperatura ambiente, sem o risco de contaminantes. Foram utilizados pincéis específicos para a revelação e limpeza do excesso de pó (132LBW e CFB100 da Sirchie®, respectivamente). As avaliações das revelações das impressões digitais foram efetuadas em uma sala fechada, com controle de umidade utilizando ar condicionado. Além disso, as impressões digitais foram fotografadas e tratadas digitalmente para uma melhor visualização dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático, resumindo as etapas utilizadas para síntese das hidrazonas, recristalização e a análise desses compostos, além da sua aplicação como reveladores de impressões digitais latentes.

A metodologia de síntese de hidrazonas descrita neste trabalho apresenta uma reação onde o produto é formado por meio da condensação equimolar de hidrazina, neste caso, a 2,4-dinitrofenil-hidrazina, com cetonas. A partir disso, foram utilizadas cinco cetonas diferentes de modo a obter cinco análogos de hidrazonas. Devido a forte reatividade da hidrazina, geralmente o método não requer meio ácido, entretanto a adição deste tipo de catalisador na reação pode propiciar uma reação com maior velocidade, por este motivo foi feito o uso de ácido *p*-toluenossulfônico. No primeiro passo da reação, a substância carbonílica (cetona) é protonada e logo após a hidrazina é adicionada na carbonila. Após a formação de água ligada direto ao carbono quaternário, e, posterior desidratação, há formação de sal. Como a reação inicia com o meio ácido, há sobra desse próton que pode ser removido através do isolamento da reação com lavagens sucessivas com água e filtração a vácuo para separação da hidrazona formada.²² Um mecanismo similar pode ser revisitado através de literatura básica, que prevê a formação de oximas.²³ No Esquema 2, está demonstrado o mecanismo geral de formação de hidrazonas, promovido por meio da adição de APTS.

De acordo com a metodologia supracitada, foi sintetizada uma sequência de hidrazonas **2a-e** usando 2,4-dinitrofenil-hidrazina como reagente de partida, substituída por 5 cetonas diferentes. Após sintetizados, os compostos foram caracterizados por Espectroscopia de IV e CG-EM. Como exemplo, a Figura 2 mostra o espectro infravermelho do composto **2e**. Pode-se observar que o grupo hidrazona apresenta duas ligações características: N-H e C=N, detectados no espectro a 3500 e 1750 cm⁻¹, respectivamente. De acordo com o reagente de partida utilizado, as moléculas apresentam dois grupos nitro, demonstrando 2 bandas fortes a 1500 e 1390 cm⁻¹. Além disso, todos os compostos em estudo no presente trabalho apresentam um anel aromático em suas estruturas, por esta razão as faixas características das ligações C=C são observadas em torno de 1600 cm⁻¹ e o estiramento das ligações C-H dos carbonos sp² em torno de 3300 cm⁻¹.

As Figuras 3a e 3b ilustram o cromatograma e o espectro de massa do composto **2b**, respectivamente. No cromatograma (Figura 3a) é possível observar a presença de apenas um pico, referindo-se ao

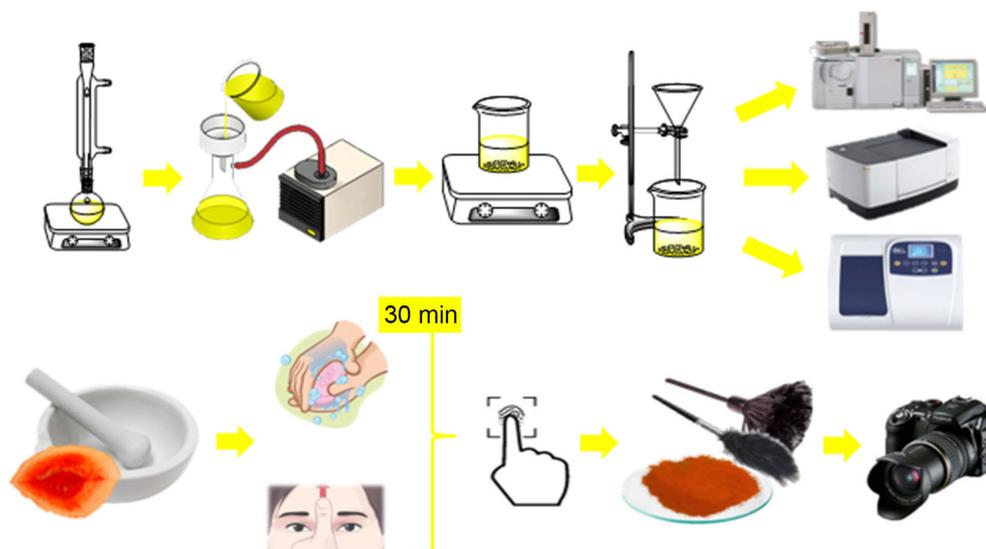
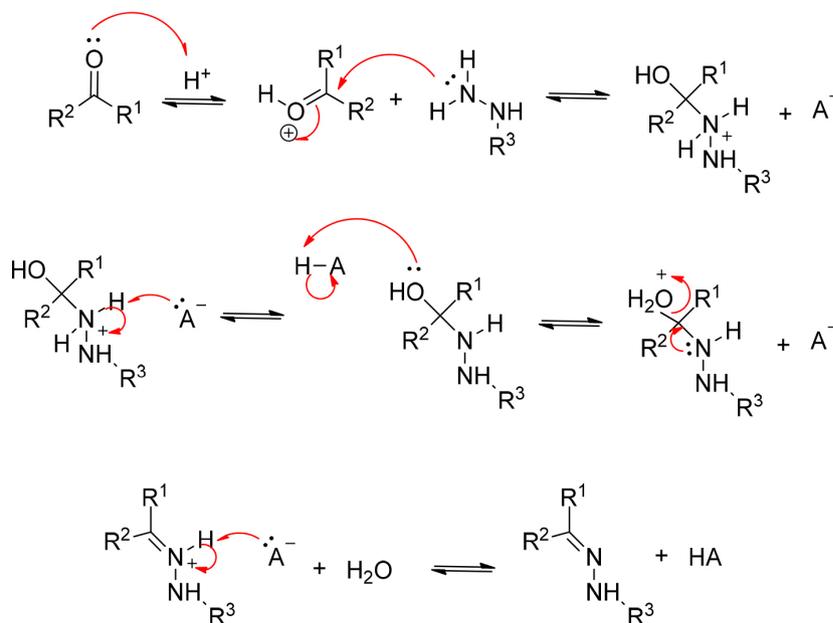


Figura 1. Diagrama esquemático da obtenção dos compostos através da síntese e utilização como reveladores de impressão digital



Esquema 2. Mecanismo geral de formação de hidrazonas via catálise ácida (fonte: adaptado de Clayden, Greeves e Warren, 2012)²²

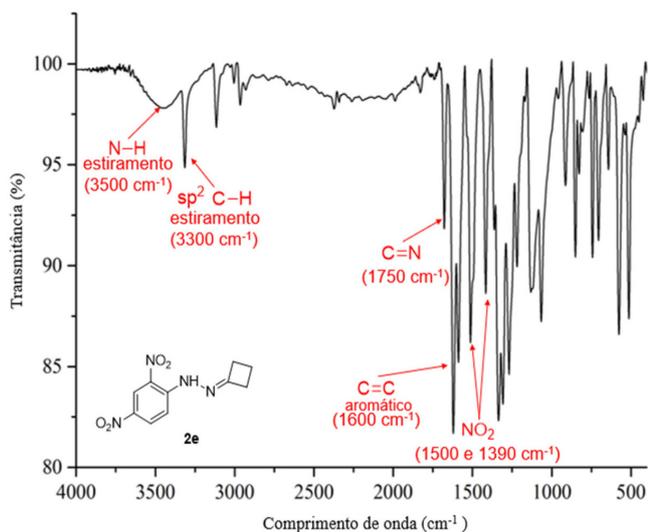


Figura 2. Espectro de infravermelho do composto 2e (KBr)

composto em análise. O respectivo espectro de massa (Figura 3b) para o pico mostra o íon molecular (m/z) correspondente ao peso molecular da substância, com uma massa M^+ de 278. Além do mais, o perfil de fragmentação está de acordo com a literatura, confirmando a estrutura. Todos espectros de infravermelho, cromatogramas e espectros de massa dos demais compostos estão disponíveis no Material Suplementar.

A Figura 4 mostra os espectros de UV-Vis de todas as moléculas de hidrazonas sintetizadas. Os espectros foram registrados através de soluções em metanol, na faixa de 200-800 nm, enquanto as absorções aparentes foram observadas principalmente de 250 a 500 nm.

Todos os compostos apresentam em sua estrutura uma conjugação com o sistema π -anel. Analisando a Figura 4, os compostos sintetizados mostraram uma faixa de máximos de absorção em 355-365 nm (λ_{max}), que é atribuível à transição eletrônica $n \rightarrow \pi^*$ do sistema dos grupos cromóforos azo ($\text{H}_3\text{C-N=N-R}$) quando apresentados na forma do seu tautômero desprotonado, responsável por sua cor amarelo-alaranjado.²⁴

A relação entre a cor da molécula (pó) de cada composto, os

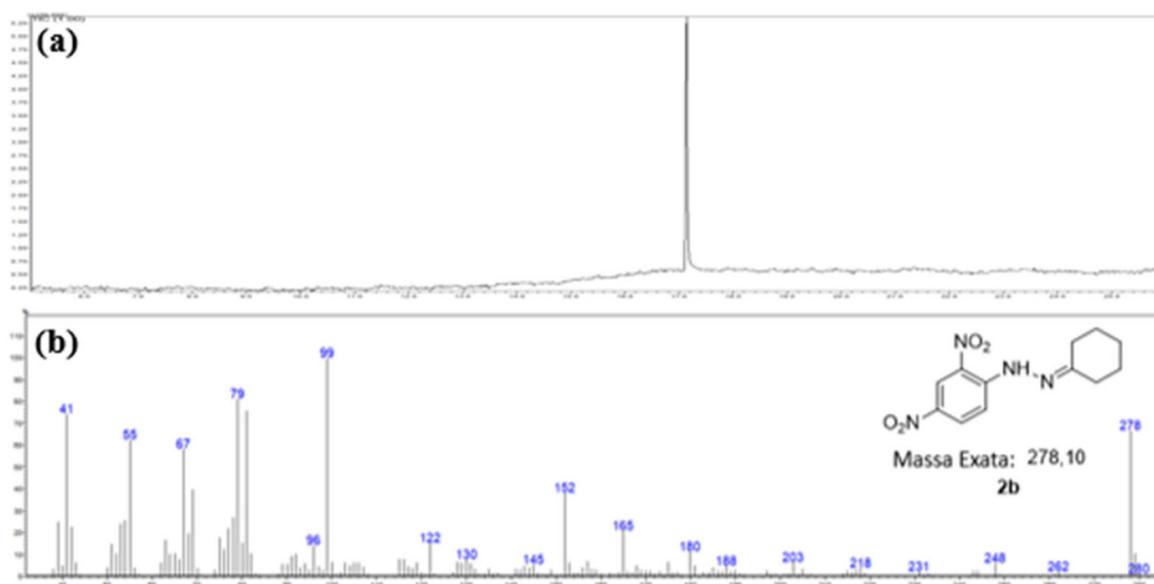


Figura 3. (a) Cromatograma e (b) espectro de massas do composto **2b**

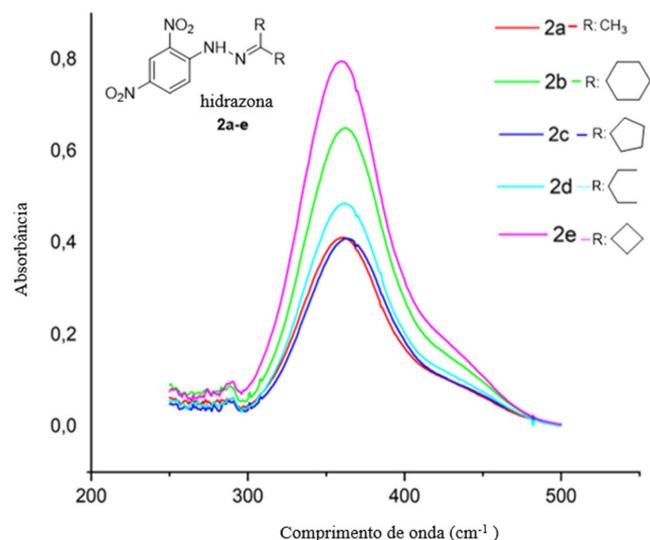


Figura 4. Espectros de UV-Vis dos compostos sintetizados, adquiridos através de solução metanol

grupos cromóforos identificados pela faixa de comprimento de onda onde ocorreu a absorção, e as respectivas faixas de IV são mostradas na Tabela 1.

A partir das IDLs naturais e sebáceas de 4 doadores depositadas, foram aplicadas as hidrazonas sintetizadas (**2a-e**) nas diferentes superfícies (vidro e plástico) e foi avaliada a eficácia de revelação de impressões digitais naturais e sebáceas através do nível de detalhes das cristas papilares, que são os relevos presentes nas pontas dos dedos responsáveis pelos desenhos das impressões digitais. Nesse sentido, para avaliar a qualidade das impressões digitais reveladas, foi empregada a escala desenvolvida por Sears e colaboradores,²¹ descrita na Tabela 2.

As Figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam a revelação das impressões digitais naturais e sebáceas, depositadas em superfície de vidro e plástico, reveladas com aplicação da hidrazona **2d**.

O pó realiza uma interação físico-química com os componentes presentes na IDL e, através de interações intermoleculares, é possível fazer a revelação da mesma. Sabe-se que no suor humano estão presentes muitos compostos inorgânicos como cloretos e íons metálicos e, principalmente, água, sendo possível a revelação de uma

IDL através de ligações de hidrogênio e interações do tipo dipolo-dipolo com os componentes químicos do pó. A IDL também pode conter muitos compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas, ácidos graxos, glicerídeos, hidrocarbonetos, dentre outros. Nesse caso, o pó pode aderir à IDL através de interações entre moléculas apolares, do tipo dispersões de London ou ligações de hidrogênio.²⁵

Nas figuras observa-se um nível de detalhe entre 3 para as revelações de impressões digitais sebáceas e 4 para os naturais, de acordo com a escala citada anteriormente. Vale ressaltar que as impressões digitais variam de pessoa para pessoa, sendo influenciadas por características intrínsecas de cada doador, tais como: alimento, sexo, idade, entre outras.²⁶ Por esta razão, é possível notar que, como é mostrado na Figura 6, o pó pode ter uma boa aderência para os resíduos da marca de dedo de um doador e para outro não. Na Figura 7, para os doadores a, b e d, o nível de detalhe das impressões digitais reveladas se encaixam no nível 4 de detalhamento. Já para o doador c, o nível foi um pouco menor, encaixando-se no nível 3, pois houve um maior acúmulo de conteúdo sebáceo. Assim como a Figura 8 mostra que cada doador apresenta uma quantidade característica de conteúdo sebáceo, que não pode ser padronizado, pois é inerente ao indivíduo. Uma grande quantidade de conteúdo sebáceo ou uma pressão excessiva ao depositar a IDL pode causar uma diminuição no nível dos detalhes. Assim, nestes casos, o menor acúmulo de gordura, fornece a melhor definição das cristas papilares.

É importante ressaltar que as moléculas sintetizadas mostraram comportamento semelhante para a revelação tanto do conteúdo natural quanto do conteúdo sebáceo das impressões digitais. A boa qualidade na visualização do conteúdo sebáceo é de suma importância, uma vez que é comum a menor definição das cristas completas das impressões digitais sebáceas em comparação com as impressões naturais. A quantidade de material sebáceo presente possui relação direta com a intensidade da revelação obtida, de acordo com quantidade de conteúdo lipídico excretado pelas glândulas sebáceas característica de cada doador. Sabe-se que a textura de um substrato e a presença de interações eletrostáticas afetam os métodos físicos, tais como o pó. O escopo de pesquisa publicado por Croxton e colaboradores,²⁷ indicou que o aumento do conteúdo sebáceo era altamente dependente de doadores, com alguns doadores exibindo um aumento de dez vezes no conteúdo sebáceo em comparação às impressões digitais naturais e outros demonstrando nenhum aumento significativo no conteúdo

Tabela 1. Relação da coloração da molécula com grupos cromóforos identificados por espectroscopia de UV-Vis e com as bandas identificadas por espectroscopia de IV

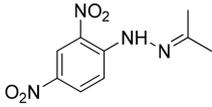
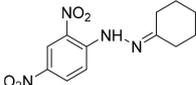
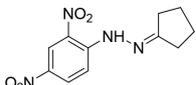
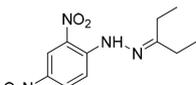
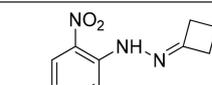
Composto	Cor	UV-Vis	vIV (cm ⁻¹)
 2a	Amarelo	250-500 nm ($\lambda_{\text{máx}}$ = 365 nm)	3450 (N-H), 1300 (C=N), 1400 e 1500 (NO ₂)
 2b	Amarelo	250-500 nm ($\lambda_{\text{máx}}$ = 360 nm)	3490 (N-H), 1300 (C=N), 1490 e 1510 (NO ₂)
 2c	Amarelo	250-500 nm ($\lambda_{\text{máx}}$ = 360 nm)	3490 (N-H), 1300 (C=N), 1490 e 1510 (NO ₂)
 2d	Laranja	250-500 nm ($\lambda_{\text{máx}}$ = 360 nm)	3490 (N-H), 1425 (C=N), 1490 e 1510 (NO ₂)
 2e	Laranja	250-500 nm ($\lambda_{\text{máx}}$ = 355 nm)	3500 (N-H), 1290 (C=N), 1390 e 1500 (NO ₂)

Tabela 2. Classificação para avaliação de impressões digitais reveladas

Avaliação	Nível de detalhes
0	Sem evidência de impressão digital
1	Revelação ruim; evidência de interação, mas sem detalhes da crista papilar
2	Revelação limitada; cerca de 1/3 dos detalhes da crista papilar estão presentes, mas provavelmente não podem ser usados para fins de identificação
3	Revelação boa; entre 1/3 e 2/3 dos detalhes da crista papilar; impressão digital identificável
4	Revelação muito boa; todos detalhes de crista papilar; impressão digital identificável

Fonte: Adaptado de Sears e colaboradores, 2012.²¹

lipídico. Neste sentido, a quantidade de material sebáceo presente se correlacionará diretamente com a intensidade da revelação obtida com as impressões digitais sebáceas.²⁹ Também deve ser observado que o desempenho do revelador foi mais promissor na superfície de vidro, pois é uma superfície lisa. Por outro lado, a superfície plástica, por

ser do tipo porosa, causa um maior acúmulo de resíduos nos sulcos (região entre as cristas papilares), dificultando uma visualização mais clara das linhas.²⁸

Por fim, cabe salientar que, com esse experimento, é possível trazer ao aluno noções sobre síntese orgânica, mais especificamente de hidrazonas, que são compostos clássicos desta área da química. Além de ter tópicos de cromatografia, espectroscopia e química forense, especialmente, sobre papiloscopia. A utilização das hidrazonas traz, para fins didáticos, a ampliação da aprendizagem, estabelecendo uma conexão entre a teoria de mecanismos de síntese orgânica e uma aplicação disto na prática, contemplando entendimentos de química orgânica. A aplicação destes compostos como reveladores de impressões digitais latentes também são de grande interesse, visto que a química forense é uma área em ascensão e de suma importância para investigações e órgãos públicos.

CONCLUSÃO

O experimento proposto no presente trabalho pode ser aplicado no ensino de química, em cursos técnicos e de graduação, nos quais

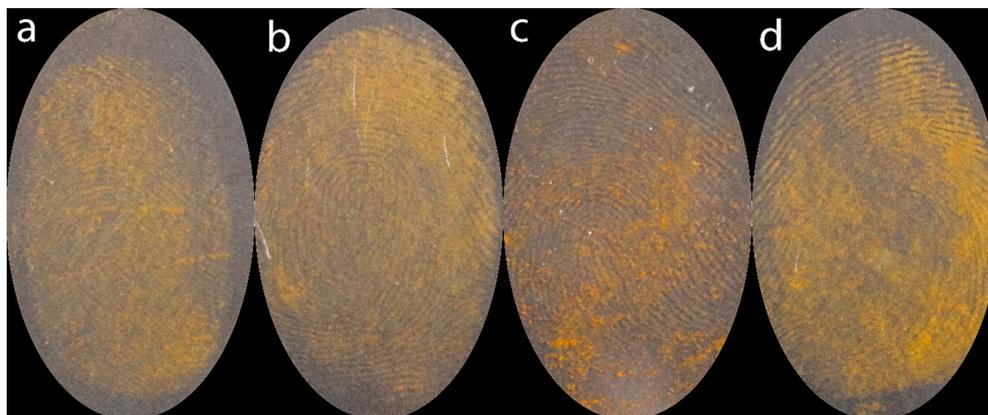


Figura 5. Impressões digitais naturais, depositadas em superfície de vidro, reveladas pelo composto 2d

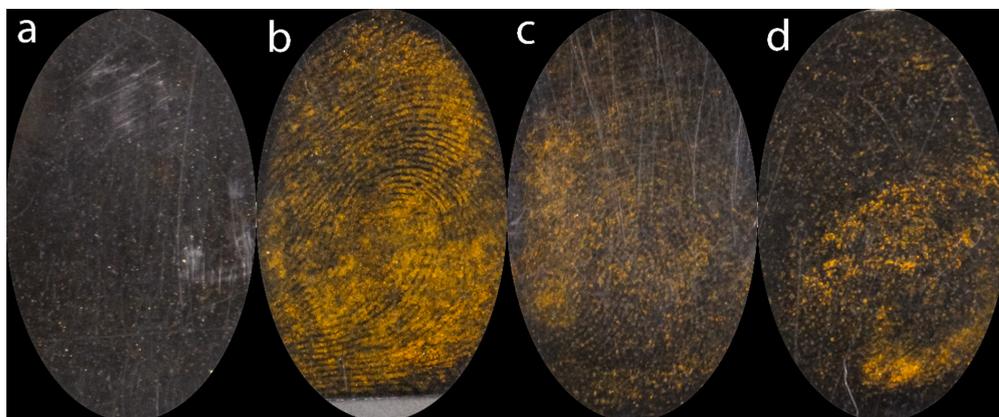


Figura 6. Impressões digitais naturais, depositadas em superfície de plástico, reveladas pelo composto 2d

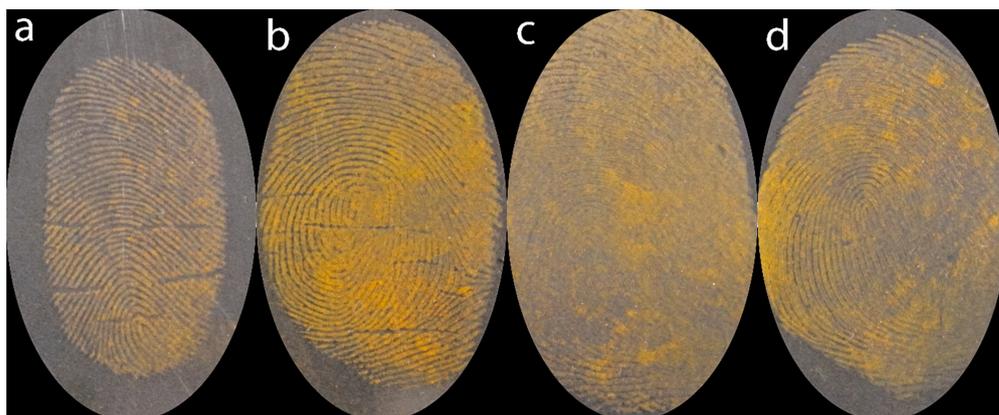


Figura 7. Impressões digitais sebáceas, depositadas em superfície de vidro, reveladas pelo composto 2d

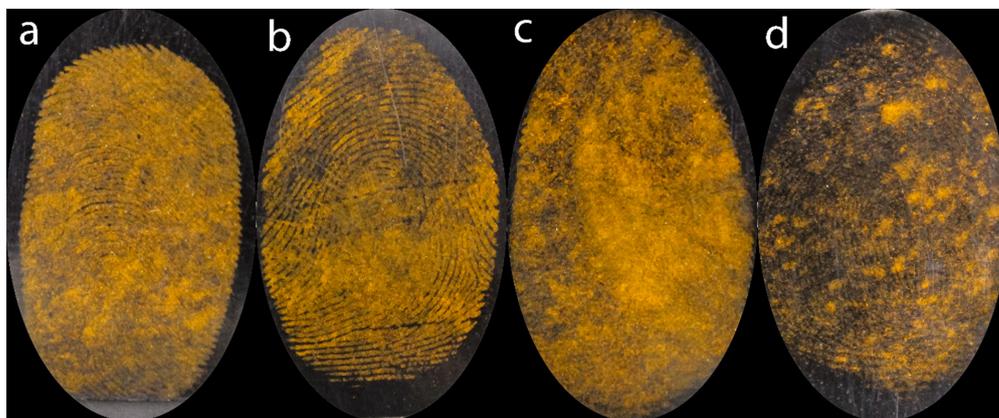


Figura 8. Impressões digitais sebáceas, depositadas em superfície de plástico, reveladas pelo composto 2d

é possível fazer uma abordagem teórica e prática sobre a síntese de hidrazonas, tendo em vista que estas pertencem à uma classe de compostos bem estabelecida na literatura, num contexto de química aplicada à área orgânica e forense. Além disso, foi apresentada a técnica de CG-EM e espectroscopias de IV e UV-Vis, demonstrando conteúdos teóricos acerca delas e a sua utilização na prática. O procedimento de síntese descrito é de fácil repercussão, o que permite o seu uso em sala de aula. O fato de trazer uma aplicação diferente para compostos clássicos, faz com que desperte a atenção dos alunos tendo em vista a sua importância e a grande ascensão de pesquisas forenses nos tempos atuais.

MATERIAL SUPLEMENTAR

O material suplementar relacionado a este artigo apresenta tabelas

e figuras que estão disponíveis em <http://quimicanova.s bq.org.br>, em formato PDF, com acesso livre.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT Forense), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 465450/2014-8) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES código de financiamento 001) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- Desale, V. J.; Mali, S. N.; Thorat, B. R.; Yamgar, R. S.; *Curr. Comput.-Aided. Drug Des.* **2021**, *17*, 493. [Crossref]

2. Curotto, V. F.; Echeverría, G. A.; Piro, O. E.; Diez, R. P.; Baró, A. C. G.; *Spectrochim. Acta, Part A* **2015**, *137*, 692. [Crossref]
3. Romero, E. L.; D'Vries, R. F.; Zuluaga, F.; Chaur, M. N.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2015**, *26*, 1265. [Crossref]
4. Pinheiro, H. M.; Touraud, E.; Thomas, O.; *Dyes Pigment.* **2004**, *61*, 121. [Crossref]
5. Arruda, I. E.; Macedo, B. V. S.; Macedo, J. C.; Campos, W. R. A.; Araújo, C. R. M.; Gonsalves, A. A.; *Quim. Nova* **2020**, *43*, 642. [Crossref]
6. Souza, D. C. M.; Sousa, V. C.; Cruz, L. P. L.; Carneiro, S. M. P.; Alves, M. M. M.; Carvalho, F. F. A.; Costa, M. P.; Corrêa, C. M.; Gonsalves, A. A.; Araújo, C. R. M.; *Quim. Nova* **2020**, *43*, 50. [Crossref]
7. Cachiba, T. H.; Carvalho, B. D.; Carvalho, D. T.; Cusinato, M.; Prado, C. G.; Dias, A. L. T.; *Quim. Nova* **2012**, *35*, 1566. [Crossref]
8. Barreiro, E. J.; Fraga, C. A. M.; Miranda, A. L. P.; Rodrigues, C. R.; *Quim. Nova* **2002**, *25*, 129. [Crossref]
9. Michalski, S.; Shaler, R.; Dorman, F. L.; *J. Forensic Sci.* **2013**, *58*, S215. [Crossref]
10. Amin, M. O.; Al-Hetlani, E.; Lednev, I. K.; *TrAC, Trends Anal. Chem.* **2021**, *143*, 116341. [Crossref]
11. Ewing, A. V.; Kazarian, S. G.; *Analyst* **2017**, *142*, 257. [Crossref]
12. Sodhi, G. S.; Kaur, J.; *Forensic Sci. Int.* **2001**, *120*, 172. [Crossref]
13. Fossoul, J. A.; Zapico, S. C.; Dean, E. R.; Mueller, K. E.; Johnson, C.; Roberts, K. A.; *J. Forensic Sci.* **2021**, *66*, 719. [Crossref]
14. Nicolodi, C.; Da Rosa, B. N.; Da Silva, C. C.; Berneira, L. M.; Pacheco, B. S.; Poletti, T.; Venzke, D.; Mariotti, K. C.; Pereira, C. M. P.; *Quim. Nova* **2019**, *42*, 962. [Crossref]
15. da Rosa, B. N.; Venzke, D.; Poletti, T.; de Lima, N. P. K.; Camacho, J. T.; Mariotti, K. C.; dos Santos, M. A. Z.; Pizzuti, L.; Carreño, N. L. V.; Pereira, C. M. P.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2020**, *31*, 1327. [Crossref]
16. Rosa, B. N.; Mariotti, K. C.; Pacheco, B. S.; Silva, C. C.; Carreño, N. L. V.; Nicolodi, C.; Poletti, T.; Silva, A. C. A.; Silva, A. F.; Giongo, J. L.; Vaucher, R. A.; Oliveira, T. F.; Pereira, C. M. P.; *Chem. Data Collect.* **2021**, *33*, 100700. [Crossref]
17. Venzke, D.; Poletti, T.; Rosa, B. N.; Berneira, L. M.; Lima, N. P. K.; Oliveira, T. F.; Carreño, N. L. V.; Mariotti, K. C.; Duarte, L. S.; Nobre, S. M.; Pereira, C. M. P.; *Chem. Data Collect.* **2021**, *33*, 100680. [Crossref]
18. Pacheco, B. S.; Da Silva, C. C.; Da Rosa, B. N.; Mariotti, K. C.; Nicolodi, C.; Poletti, T.; Segatto, N. V.; Collares, T.; Seixas, F. K.; Paniz, O.; Carreño, N. L. V.; Pereira, C. M. P.; *Chem. Pap.* **2021**, *75*, 3119. [Crossref]
19. Passos, L. F.; Berneira, L. M.; Poletti, T.; Mariotti, K. C.; Carreño, N. L. V.; Hartwig, C. A.; Pereira, C. M. P.; *Aust. J. Forensic Sci.* **2021**, *53*, 337. [Crossref]
20. Dinore, J. M.; Yelwande, A. A.; Palve, M. P.; Sapkal, A. V.; *Int. J. Pharm. Pharm. Res.* **2016**, *6*, 349.
21. Sears, V. G.; Bleay, S. M.; Bandey, H. L.; Bowman, V. J.; *Sci. Justice* **2012**, *52*, 145. [Crossref]
22. Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S.; *Organic Chemistry*, 2nd ed.; Oxford University Press: New York, USA, 2012.
23. Carey, F. A.; Sundberg, R. J.; *Advanced Organic Chemistry Part A: Structure and Mechanisms*, 5th ed.; Springer: Charlottesville, Virginia, 2007.
24. Jaffe, H. H.; Beveridge, D. L.; Orchin, M.; *J. Chem. Educ.* **1967**, *44*, 383. [Crossref]
25. Guerreiro, I. L.; Sampaio, C. G.; *Research, Society and Development* **2019**, *8*, 01. [Crossref]
26. Solaiman, R.; Al-Zehouri, J.; *J. Pharmacogn. Phytochem.* **2017**, *6*, 726.
27. Croxton, R. S.; Baron, M. G.; Butler, D.; Kent, T.; Sears, V. G.; *Forensic Sci. Int.* **2010**, *199*, 93. [Crossref]
28. Bleay, S.; Sears, V.; Downham, R.; Bandey, H.; Gibson, A.; Bowman, V.; Fitzgerald, L.; Ciuska, T.; Ramadani, J.; Selway, C.; *Fingerprint Source*, 2nd ed.; Home Office CAST: London, UK, 2017.