



10° ENQFor

ENCONTRO NACIONAL
DE QUÍMICA FORENSE

7° SBCF

ENCONTRO DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE CIÊNCIAS FORENSES

16 a 19 • agosto • 2026

Campus da UFMG - CAD 3 - Belo Horizonte/MG

Novos Horizontes para as Ciências Forenses

Livro de Resumos



PROMOÇÃO/REALIZAÇÃO:



SBCF
Sociedade Brasileira de Ciências Forenses



AGÊNCIAS DE FOMENTO:



APOIO INSTITUCIONAL:



ORGANIZAÇÃO:





10º ENQFOR

ENCONTRO NACIONAL
DE QUÍMICA FORENSE

7º SBCF

ENCONTRO DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE CIÊNCIAS FORENSES

16 a 19 • agosto • 2026

Campus da UFMG - CAD 3 - Belo Horizonte/MG

COMISSÃO ORGANIZADORA

PRESIDENTE DO EVENTO

Prof. Dra. Clésia Cristina Nascentes (UFMG, Brasil)

COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Dra. Clésia Cristina Nascentes (UFMG, Brasil)

Prof. Dr. Bruno Spinosa De Martinis (FFCLRP da USP, Brasil)

PCF Me. Erick Simões da Câmara e Silva (Polícia Federal, Brasil)

PCF Dr. Jesus Antônio Velho (FFCLRP da USP e Polícia Federal, Brasil)

Prof. Dra. Letícia Malta Costa (UFMG, Brasil)

PC Me. Luciano Chaves Arantes (Polícia Civil DF, Brasil)

PCF Dr. Marcus Vinicius de Oliveira Andrade (Polícia Federal, Brasil)

Prof. Dra. Mariana Ramos de Almeida (UFMG, Brasil)

PCF Me. Narumi Pereira Lima (Polícia Federal, Brasil)

Prof. Dra. Nayna Cândida Gomes (UNIFEOB, Brasil)

PC Me. Pablo Alves Marinho (Polícia Civil MG, Brasil)

Me. Renan de Oliveira Campos (SBCF, Brasil)

Prof. Dr. Rodrigo Alejandro Abarza Muñoz (UFU, Brasil)

PCF Dr. Rodrigo Ribeiro Mayrink (Polícia Federal, Brasil)

Perito Judicial Rubens Velloso Nogueira (TJSP, Brasil)

Prof. Dr. Wallans Torres Pio dos Santos (UFVJM, Brasil)

COORDENAÇÃO CIENTÍFICA

PCF Dr. Jesus Antonio Velho (PF/USP, Brasil)

COORDENAÇÃO DE DIVULGAÇÃO

PC Me. Pablo Alves Marinho (Polícia Civil/MG, Brasil)

COORDENAÇÃO LOCAL

Prof. Dra. Clésia Cristina Nascentes (UFMG, Brasil)

Prof. Dra. Letícia Malta Costa (UFMG, Brasil)

Prof. Dra. Mariana Ramos de Almeida (UFMG, Brasil)

PCF Dr. Marcus Vinicius de Oliveira Andrade (Polícia Federal, Brasil)

PC Me. Pablo Alves Marinho (Polícia Civil/MG, Brasil)

PCF Dr. Rodrigo Ribeiro Mayrink (Polícia Federal, Brasil)

ORGANIZAÇÃO

AGeventos Assessoria

Editoração: Isabel Kubaski - isabelkubaski@gmail.com

Capa: Silvio Lovato - silvio@lovatodesign.com.br



SUMÁRIO

Balística Forense.....	11
Análise Química e Isotópica como Ferramenta na Identificação de Fragmentos Balísticos	12
Pedro Lucas Fonseca Barbosa; Beatriz Henrique da Rocha; José Marcus de Oliveira Godoy	
Análise Química e Isotópica de Fragmentos Balísticos de Fuzil por ICP-MS de Alta Resolução Aplicada à Discriminação Forense	13
Beatriz Henrique da Rocha, Pedro Lucas Fonseca Barbosa, Rodrigo Araújo Gonçalves, José Marcus de Oliveira Godoy	
Lanthanide-Based Luminescent Markers for In Situ Visualization of Ballistic Trajectories in Forensic Necropsy	14
Guilherme Lessa dos Santos Oliveira, Marcelle do Nascimento Camargo, Júlia Pereira de Oliveira Silva, Lippy Faria Marques	
Crimes Ambientais	15
Análise Multielementar da Madeira de Cupiúba para a Determinação da Origem Geográfica.....	16
Larissa Sousa da Silva, Jennifer Souza Tomaz, Laura Graciliana Bernardes, Ricardo Lívio Santos Marques, Santiago Linorio Ferreyra Ramos, Maria Teresa Gomes Lopes	
Integração de Assinaturas Isotópicas e Elementares na Rastreabilidade Forense da Madeira Amazônica	17
Helinara Lais Vieira Capucho, Larissa Sousa da Silva, Antônio Cleiton Lopes da Silva, José Haroldo de Oliveira, Jennifer Souza Tomaz, Santiago Linorio Ramos, Fábio Borba, Ricardo Lívio Marques, Maria Teresa Gomes Lopes	
Nicho Isotópico de Serpentes Aplicado à Investigação de Crimes Ambientais	18
Nayra Gualberto Lopes, Nathalie Queirolo Kaladinsky Citeli Coelho, Gabriela Bielefeld Nardoto	
Vida Livre ou Cativo: Isótopos Estáveis na Identificação da Origem de Araras-Azuis-de-Lear Aprehendidas no Tráfico	19
Isabela Sousa Prado, Emanuel Messias Lima da Silva, Ricardo Evangelista Fraga, Fábio José Viana Costa, Gabriela Bielefeld Nardoto	
Crimes Cibernéticos, Multimídia e Segurança Eletrônica	20
Ferramentas Forenses Aplicadas à Investigação Cibernética: Desenvolvimento de um E-Book Técnico	21
Tales Giuliano Vieira, Amanda Soares Pereira, Gabriel Barros Ferreira, Gustavo Henrique Silva, Henrique Pedrozo Silva, João Luiz R. Fraiz, João Victor N. Souza, José Luis da S. Júnior, Leonardo Alvarenga Ferreira, Luiza Cardoso da Locha, Luiz Otávio F. de Oliveira, Matheus Felipe Vieira, Matheus M. Vilas Boas, Rubens Elisei Freire	
Forense Digital na Era da Inteligência Artificial Generativa: Metascope Forense como Ferramenta de Apoio à Identificação de Fraudes, Manipulações e Geração Automatizada de Laudos Periciais	22
Tales Giuliano Vieira, Matheus Felipe Vieira	
Inteligência Artificial na Perícia: Apoio Tecnológico ou Risco Metodológico?	23
Cristiane Viana Barbosa, Dineusa Maria do Amaral	
Direito, Justiça e Ética no Contexto Forense	24
Ética e Contraditório: O Papel do Assistente Técnico na Perícia Forense Contemporânea.....	25
Andressa Rodrigues Pontes Valdes	

Documentoscopia.....26

- A Lei do Impulso Cerebral e os Fundamentos Neuromotores da Escrita na Perícia Grafoscópica.....27
Rayssa Layla Sandrini Soares, Thayssa Seyli Sandrini Soares
- Integridade de Documentos PDF: Limitações da Análise Visual na Perícia Digital.....28
Dineusa Maria do Amaral, Cristiane Viana Barbosa
- Pseudociência e Imperícia na Função de Assistente Técnico: Relato de Caso com Desfecho Judicial29
Isadora Pimenta de Araujo

Ensino em Ciências Forenses30

- Alerta Neural: Development and Validation of an Interdisciplinary Educational Tool on Psychoactive Substances and Neuroscience31
Júlia Gurgel Bernardo, Janaína de Paula e Silva, Clésia Cristina Nascentes, Natália Regina de Souza Araujo, Wladimir Teodoro da Silva, Rita de Cássia de Oliveira Sebastião, Enzo Mendes Leão, Juliana Alves dos Santos Oliveira
- Crime Scene Simulation with Augmented Reality: Development of Immersive Environments for Forensic Training32
Ester Lima Silva, Aline Thaís Bruni, Jesus Antônio Velho
- CRISPR-CAS9 in School: An Educational Proposal Using an Inquiry-Based Learning Kit33
Maria de Lourdes Macena Antunes, Jeferson Ayrton do Carmo Silva, José Mariano da Silva Neto, Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo, Francisco Gerliano de Oliveira Souza, Shirlene Kelly Santos Carmo
- Da Centralização à Excelência: A Diretoria de Ensino de Perícia da Academia Estadual de Segurança Pública do Ceará (AESP/CE) como Modelo e Transformação do Ensino em Ciências Forenses no Brasil34
Túlio Ítalo da Silva Oliveira, Juscelita Alves Rodrigues, Leonardo Oliveira Feitosa, Antônio Wladimir Bezerra Sombra, Renato Leite de Figueiredo, Rivelino Misac Martins de Oliveira, Júlio Cesar Nogueira Torres, Jamille dos Santos Moura, Ciro de Assis Lacerda, Leonardo D'Almeida Couto Barreto
- Espectrofotometria na Região do UV-VIS e Métodos Estatísticos como Recurso Didático para Avaliação de Vinhos.....35
Caio H. P. Rodrigues, Ana F. G. Trindade, Luísa A. Tannure, Fernando B. Costa
- Experimento Didático de Química Forense para Discriminação de Aminas Utilizando Testes Colorimétricos36
Letícia Pasquenelli Senna Gonçalves Corrêa, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Rodrigo Fernando Bianchi, Dane Tadeu Cestarolli, Elidia Maria Guerra
- Investigação de Laboratórios Clandestinos de Drogas Sintéticas: Do Local do Crime ao Laboratório. Uma Capacitação Multidisciplinar37
Luan Alves Lopes Carneiro, Matheus Alves Ângelos, Gisele Chibinski Parabocz, Suellen Pericolo
- The Use of Crispr in Educational Contexts: A Systematic Literature Review (2012–2025)38
Jeferson Ayrton do Carmo Silva, Maria de Lourdes Macena Antunes, José Mariano da Silva Neto, Shirlene Kelly Santos Carmo

Entomologia Forense39

- Calliphoridae (Diptera) em Gradientes Urbano-Natural de Juiz de Fora (MG): Resultados Preliminares e Perspectivas para a Entomologia Forense e Conservação40
Marina Rezende Neiva, Fabio Prezoto

Gestão e Inovação em Ciências Forenses41

- Requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 nas Iniciativas e Recomendações Nacionais e Internacionais para Análise de Drogas de Abuso por Instituições de Perícia Criminal Oficial42
Milena Pellin Morsolotto
- The Challenges of Data Sharing in Cultural Heritage43
Karla Balzuweit, Kelly Juliana Dutra, José Coelho Neto, Damia Carina Dias do Carmo, Marcus Vinicius de O. Andrade, Cecília Siman Salema, Ingrid Carolina Sporch Mitraud, Vitor Paixão Amaral, Daniela Lacerda, Caroline Da Ros Montes, Fabricio Rodrigues dos Santos, Luiz Antônio Cruz Souza

Local de Crime44

- Análise Pedológica e Escavação Estratigráfica como Ferramentas de Busca em Achado de Ossada Humana Enterrada**45
Gabriella Galliac Santos, Sordaini Maria Caligiorno, Ricardo Romão dos Santos, Nicole Lopes Ferreira, Fernanda Nerys Mota
- Deteção Eletroquímica de Ácido Pírico via Grafeno Induzido a Laser (LIG): Otimização para Aplicação Forense**46
Giovana Cristina Silva Queiroz, Ana Paula de Lima, Nélio Inacio Gravata Inoque, Rodrigo A. A. Muñoz

Química e Toxicologia Forense47

- A Rapid Method for Detecting Antifreeze Contamination in Beer Using Erythrosine B**48
Ricardo Mathias Orlando, Marina Caneschi de Freitas, Júlia Célio Lima Gomes
- Adesivo para Coleta de Suor: Desenvolvimento e Aplicação na Deteção de Drogas de Abuso**49
Nayna Cândida Gomes, Bruno Spinosa De Martinis
- Avaliação de Interferentes na Reação Quimioluminescente do Luminol com Sangue**50
Luísa Linhares Moraes, Washington Xavier de Paula, Clésia Cristina Nascentes
- Análise de Compostos Orgânicos Voláteis em E-líquidos de Cigarros Eletrônicos Apreendidos**51
Márcio Alexandre Leonel Júnior, Esther Jardim Machado, Márcio Pozzobon Pedroso, Rogério Araújo Lordeiro, Elisângela Jaqueline Magalhães
- Análise de Contaminantes Inorgânicos Presentes em Líquidos de Cigarro Eletrônico Via TXRF**52
Samir Yan Oliveira Silva, Camilla Fonseca Silva Carvalho, Clésia Cristina Nascentes, Washington de Paula Xavier
- Análise Eletroquímica de Benzocaína em Soro Fisiológico Utilizando Eletrodo de Grafite com Aplicação Forense**53
Maria Fernanda Cavalcante Machado, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Dane Tadeu Cestarolli, Elidia Maria Guerra, Rodrigo Fernando Bianchi
- Aplicação de Nanomateriais Luminescentes na Identificação Forense de Impressões Digitais Latentes**54
Jéssica Higino de Souza, Brenda Maria Vieira Marinho, Felipe Leon Nascimento de Sousa, Nicholas Ross, Laís Farias Azevedo de Magalhães Oliveira, Alexandro Manguera Lima de Assis, A. Robert Hillman, Marcelo Navarro, Adriana Santos Ribeiro
- Aplicação de Técnicas Espectroscópicas na Identificação de Peptídeos em Canetas Emagrecedoras Apreendidas**55
Fernando Cesar da Costa, Leticia Malta Costa, Mariana Ramos de Almeida, Clésia Cristina Nascentes, Washington Xavier de Paula, Arlene Lima Moraes Coutinho
- Aplicação de UHPLC-HRMS com Aquisição MSe para Mineração e Identificação de Compostos de Interesse Forense**56
Marcos Paulo Thomé
- Aplicação de um Modelo Quimiométrico DD-SIMCA para Autenticação de Cachaças Brancas de Alambique frente às Destiladas em Coluna por UHPLC-Orbitrap MS**57
Camila Maria Machado Santos, Flávio Alves Santos, Fernando Diniz Madureira, Diego Gomes Rocha
- Avaliação Comportamental do Zebrafish Exposto ao Canabidiol: Memória e Agressividade**58
Livia Mara dos Reis Antunes, Fernanda Ferreira da Silva Souza Monedeiro, Ana Laura Pinto Alves Soares, Nayna Cândida Gomes
- Avaliação da Presença de Elementos Potencialmente Tóxicos em Tinturas Capilares: Desenvolvimento e Validação de Método Aplicado à Química Forense**59
Maiara Silveira Caldeira, Ariadne Gabriela Loreto Peres Gonçalves, Bruna da Cunha Padoin, Rochele Sogari Picoloto
- Avaliação da Seletividade do Eletrodo de Grafite para Adulterantes de Interesse Forense por Voltametria de Onda Quadrada**60
Luisa Mesquita Pereira César*, Maria Fernanda Cavalcante Machado, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Rodrigo Fernando Bianchi, Dane Tadeu Cestarolli, Elidia Maria Guerra

Avaliação Eletroquímica da Lidocaína em Soro Fisiológico e Urina Sintética Utilizando Eletrodo de Grafite	61
Alicia Chan Wei Wen, Eliakim Chistel Leonel Evangelista, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Dane Tadeu Cestarolli, Rodrigo Fernando Bianchi, Elidia Maria Guerra	
Caracterização Analítica de Novas Substâncias Psicoativas e Drogas Sintéticas Clássicas Apreendidas em Minas Gerais	62
Melissa S. Ozaki, Pablo A. Marinho, Luísa L. Moraes, Arlene L. M. Coutinho, Bárbara F. C. Lara, Beatriz C. Fonseca, Cintia F. Alves, Cláudia D. R. Ricoy, Fernando P. Macedo, José C. Neto, Karine M. Oliveira, Paulo E. N. A. Barbosa, Renata F. P. Faraco, Ricardo M. D. Byrro, Rogério A. Lordeiro, Stela M. M. Castro, Washington X. de Paula, Yuri Machado, Clésia Cristina Nascentes	
Caracterização de Isótopos de Nitrogênio e Carbono em Comprimidos de MDA Apreendidos pela Polícia Federal	63
Sueli Alves dos Santos, Fernanda Costa de Aquino, Jorge Marcelo de Freitas	
Caracterização de uma Nova Substância Psicoativa Apreendida pela Polícia Federal	64
Bruna Miguel Ferreira da Silva, Anita Monteiro Meireles, Gilberto Lucio Benedito de Aquino	
Characterization of Seized Nobésio Samples by Raman Spectroscopy: Comparison with GC–MS and Infrared Spectroscopy	65
Ana Flávia David Prates, Washington Xavier de Paula, Mariana Ramos Almeida	
Chemical Profiling of Counterfeit Perfumes by NMR Spectroscopy	66
Fernanda Bittencourt Bessa, Caroline da Ros, Kahlil Schwanka Salome	
Chemometric Analysis of Aldicarb Contaminated Coffee Using NIR Spectroscopy	67
Hélio Milito Martins de Amorim Neto, Rogério Araújo Lordeiro, Yuri Machado, Ricardo Mathias Orlando, Marcelo Martins de Sena	
Classificação Forense de Cigarros Comercializados no Brasil por Variáveis Orgânicas e Isotópicas Associadas à Quimiometria	68
Lucas Sores Rodrigues, Carlos German Massone, José Marcus de Oliveira Godoy	
Classificação Forense de Cigarros no Brasil por Perfil Multielementar e Quimiometria.....	69
Lucas Soares Rodrigues, Beatriz Henrique da Rocha, Carlos German Massone, José Marcus de Oliveira Godoy	
Comparação da Resposta Eletroquímica da Benzocaína em Soro Fisiológico e Urina Sintética para Aplicações Forenses	70
Maria Fernanda Cavalcante Machado, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Rodrigo Fernando Bianchi, Dane Tadeu Cestarolli, Elidia Maria Guerra	
Comparação Eletroquímica entre Benzocaína e Lidocaína como Adulterantes Forenses em Urina Sintética Usando Eletrodo de Grafite.....	71
Eliakim Chistel Leonel Evangelista, Alicia Chan Wei Wen, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Dane Tadeu Cestarolli, Rodrigo Fernando Bianchi, Elidia Maria Guerra	
Desenvolvimento de Dispositivos de Papel para Aplicação de Testes Colorimétricos Visando a Identificação de Feniletilaminas em Selos	72
Sarah de Assis Resende, Isadora Almeida Barbosa, Cláudia Mancilha Rocha, Ângelo de Fátima, João Flávio da Silveira Petrucci, Clésia Cristina Nascentes	
Desenvolvimento de Língua Eletrônica Voltamétrica Portátil e Acessível para a Discriminação de Uísques	73
Anna Luiza Silveira Queiroz, Celso Luciano de Araújo, Lucas Gustavo da Costa, Ettore Ferrari Júnior, Regina Massako Takeuchi, André Luiz dos Santos, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva	
Desenvolvimento de Métodos para Determinação de Nicotina e Canabinoides (THC e CBD) em Cigarros Eletrônicos por HPLC.....	74
Samir Yan Oliveira Silva*, Camilla Fonseca Silva Carvalho, Clésia Cristina Nascentes, Washington de Paula Xavier	
Desenvolvimento de Protótipos de Baixo Custo para Análise Simultânea de Canabinoides	75
Juliene Moraes de Faria, Marcelo Firmino de Oliveira	
Desenvolvimento de Sensor Colorimétrico em Papel para Determinação de Fármacos em Contextos de Vulnerabilidade via Teste de Scott	76
Ana Beatriz Januário Bitencourt, Guida Hellen Mota do Nascimento, William Reis de Araujo	

Desenvolvimento de um Método para Quantificação de Metanol em Apreensões Forenses Utilizando a Ressonância Magnética Nuclear (RMN).....	77
Calebe Soares Assis ^a , Gilberto Lucio Benedito de Aquino ^b , Jorge Marcelo de Freitas	
Desenvolvimento e Aplicação do Pó das Conchas de Sururu para Revelação de Impressões Digitais Latentes.....	78
Jéssica H. de Souza, Ashley S. L. Santos, Maria E. R. Malaquias, Adriana S. Ribeiro, Fred A. R. Nogueira	
Desenvolvimento e Validação de Método para Análise de Canabidiol e Δ^9-THC em Amostras de Sangue Utilizando o GC-MS.....	79
Nayna Cândida Gomes, João Luis Queiroz Simeí, José Alexandre de Souza Crippa, Bruno Spinosa De Martinis	
Desenvolvimento Teórico de Sensores Químicos Aplicados na Identificação das Novas Substâncias Psicoativas	80
Ana Beatriz de Souza, Luiz Felipe Cantarino, Luiz Antônio Sodré Costa	
Deteção de Adulterantes de Gordura Vegetal em Manteiga Usando Espectroscopia no Infravermelho Próximo Portátil e Modelo de Classificação Semiquantitativo de uma Classe	81
Pedro M. C. Caputo, Anna M. R. Diniz, Enrico M. P. Zago, Marcus V. O. Andrade, Marcelo M. Sena	
Deteção de N-Ciclohexil-Metilona em Comprimidos Artesanais Apreendidos no Rio Grande do Sul	82
Milena Pellin Mosoletto, Marcos Paulo Thomé, Bruna Gauer, Maria Cristina Franck, Ana Cláudia Dietz	
Development of Water-Compatible Deep Eutectic Solvent-Molecularly Imprinted Polymers (DES-MIP) and Application as an Electrochemical Sensing Platform for Cocaine	83
Gustavo Soares Dias, Fernanda Oliveira Granjeira, Mariana Gava Segatelli, César Ricardo Teixeira Tarley	
Discriminação Colorimétrica de Aminas Utilizando Complexos Metal-Tiocianato com Aplicação em Triagem Forense	84
Letícia Pasquenelli Senna Gonçalves Corrêa, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Dane Tadeu Cestarolli, Rodrigo Fernando Bianchi, Elidia Maria Guerra	
Doping Intelectual: Prevalência do Uso de Substâncias Psicoestimulantes entre Universitários	85
Andreza Araia Marciano, Nayara Gomes Nunes Oliveira, Ana Clara Ferreira, Nayna Cândida Gomes	
Do Unidimensional ao Bidimensional: Comparação entre GC/MS e GC×GC-FID/MS no Perfilamento de Comprimidos de Ecstasy	86
Nathan de Souza Coelho, Gabriel Pardini Coelho, Zenilda de Lourdes Cardeal, Helvécio Costa Menezes	
Efeitos Comportamentais da Exposição à Nicotina em Zebrafish: Análise Comparativa entre Cigarros Convencionais e Eletrônicos	87
Mariana de Oliveira Ramos, Fernanda Ferreira da Silva Souza Monedeiro, Bruno Spinosa De Martinis, Antonio Vinicius Inácio Ribeiro, Rayssa Oliveira Betti, Nayna Cândida Gomes	
Eletrodo de Grafite Aplicado à Deteção Eletroquímica de Benzocaína em Urina Sintética para fins de Análise Forense	88
Maria Fernanda Cavalcante Machado, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Dane Tadeu Cestarolli, Elidia Maria Guerra, Rodrigo Fernando Bianchi	
Essa Lente Tem Filtro?	89
Rogério Araujo Lordeiro, José Coelho Neto	
Estratégias Analíticas para a Determinação Elementar de Cachaças por ICP-MS com Foco em Aplicações Forenses.....	90
Isadora Almeida Barbosa, Diego Gomes Rocha, Alessandra Schneider Henn	
Estudo Eletroquímico da Fenacetina em Diferentes Meios para Estudos Forenses	91
Patrícia Maria Gonçalves, Rafael Mafra de Paula Dias, Vagner Fernandes Knupp, Dane Tadeu Cestarolli, Rodrigo Fernando Bianchi, Elidia Maria Guerra	
Estudo Quantitativo da Presença de Fentanil em Cocaína Apreendida no Espírito Santo.....	92
Victor da Rocha Fonseca, Nathália dos Santos Conceição, Alan Reinke Pereira, Julie Massi Magalhães Figueiredo, Nayara Araujo dos Santos, Wanderson Romão	
Estudos para a Deteção Voltamétrica de Aldicarbe (“Chumbinho”) Empregando Diamante Dopado com Boro e Célula Impressa em 3D Miniaturizada.....	93
Gabriel Romano Soares, Celso Luciano de Araujo, Fálton Felipe Silva Xavier, Regis Marcus de Sousa, Ettore Ferrari Júnior, Augusto dos Santos Novais, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva	

Estudos para Detecção Voltamétrica do Rodenticida Bromadiolona Empregando Célula Eletroquímica Verde e de Baixo Custo	94
Gustavo Gregory Barbosa Machado, Allanda Victoria Santos Morais, Celso Luciano de Araujo, Ettore Ferrari Júnior, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva	
Evaluation of a Fast and Novel Chromatography-Free Workflow for Urine Toxicology Screening Using DART-MS/MS	95
Marlene Moskowitz, Matthew Clabaugh, François Espourteille, Marc Yves Chalom	
Evaluation of a SERS-Based Approach for Detecting Psychoactive Substances in Spiked Beverages.....	96
Alice Moreira Lima, Ezgui Akin de Oliveira Savas, Mariana Ramos Almeida	
Gel <i>Lifter</i> Fluorescente Obtido a partir do Óleo de Mamona	97
Maria da Graça Bressan Scotti, Victória Santos Gomes, Ana Rita Oberrather Silva, Henri Stephan Schrekker, Leandra Franciscato Campo	
Hybrid Material Based on BiVO₄/Graphene Oxide/MIP-Iniferter Electrode for Selective electrochemical sensing of 1-(3-chlorophenyl)piperazine illicit drug	98
Luan Pereira Camargo, Mariana Gava Segatelli, César Ricardo Teixeira Tarley	
Identificação de Amostras de Whey Protein Adulteradas Empregando ATR-FTIR e Modelo PLS-DA	99
Melina Luiza Vieira Diniz, Ana Júlia Oliveira Takahaschi, Mariana Ramos de Almeida, Clésia Cristina Nascentes	
Identificação de Δ^9-Tetrahydrocannabinol (Δ^9-THC) e Canabidiol (CBD) em Diferentes Concentrações Utilizando LC-Q-TOF.	100
Hayse Biarari de Farias, Khyllmara Luhanny Fernandes, Liat Pérola Venturas, Thiago Araújo de Medeiros Brito, Beatriz Rodrigues Pereira, Sócrates Golzio dos Santos	
Impact of Hydrogen Carrier Gas on the Spectral Differentiation of Isomeric Cathinones By GC-MS	101
Ettore Ferrari Júnior, Júlio César Cardoso da Silva	
Implementação de Análise Isotópica de MDA em Laboratório da Polícia Federal	102
Fernanda Costa de Aquino, Sueli Alves dos Santos, Jorge Marcelo de Freitas	
Integração de Imagens Digitais e Métodos Quimiométricos para Aprimoramento de Testes Colorimétricos na Identificação de Substâncias Ilícitas em Comprimidos	103
Esther Jardim Machado, Cleiton Antônio Nunes, Rogério Araújo Lordeiro, Elisângela Jaqueline Magalhães	
Intoxicações por Medicamentos Sujeitos a Controle Especial no Brasil: Uma Análise Integrada dos Aspectos Conceituais, Normativos, Epidemiológicos e Periciais da Toxicologia Forense	104
Fernanda Nerys Mota, Nicole Lopes Ferreira, Gabriella Galliac Santos, Ricardo Romão dos Santos, Lahra Villaméa Cotta Patricio	
Integração de Processamento Digital de Imagens, Espectroscopia Raman e Aprendizado de Máquina para Classificação de Amostras de Cocaína	105
Roberta Cristina Testa, João Gabriel S. Soethe, Isabella F. Melo, Vânia Tortato, Paulo José dos Reis, Vanderlei Aparecido de Lima, Andressa Galli	
“Lab-made” Capillary Zone Electrophoresis Methods for Scopolamine and Cocaine Analysis.....	106
Thiago da Costa Oliveira, Rodrigo A. A. Muñoz, Eduardo M. Richter	
Laser Treatment of a User-Friendly 3D-Printed Electrochemical Microcell for Procaine Detection	107
Celso Luciano de Araujo, Gabriel Romano Soares, Marcos Vinícius Faria, Ana Clara Santos Oliveira, Eduardo Borgato Barbedi, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva	
Luminescent Taggants for Forensic Identification of Non-Toxic Ammunition.....	108
Larissa Silva de Azevedo, Marcelo Firmino de Oliveira	
Materiais Híbridos Magneto-Fluorescentes - Reveladores para Marcas Papilares.....	109
Maria de Fátima Fernandes Rodrigues, Cassio F. Reis, Elisa M. N. de Oliveira, Michèle O. de Souza, Leandra Franciscato Campo	
Mercury Isotope Records of Sources and Transformations in Amazon River Mouth Sediment Cores	110
Gabriela Santos Caldeira, David Amouroux, Jeremie Garnier, Cristina Barbieri, Pedro Costa Evangelista, Alina Kleindiens, Emmanuel Tessier, Pascale Louvat, Cláudia Carvalhinho Windmüller	
Metonitazene: A Novel Colorimetric Method for an Emerging Forensic Threat.....	111
Danielle da Silva Alves dos Reis, Ângelo de Fátima	

Micro (Multimaterial, Integrated, Compact, Ready-to-Plug, One-Step 3D-Printed): A Simple To-Use Electrochemical Cell for On-Site and Forensic Analysis	112
Tiago Morais Zavarize, Fárlon Felipe Silva Xavier, Augusto dos Santos Novais, Celso Luciano de Araújo, Edmar Isaías de Melo, Ettore Ferrari Júnior, Bruno Gabriel Lucca, Lucas Franco Ferreira, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva	
Otimização de Método para Análise de Tinta Automotiva Empregando Fluorescência de Raio X Portátil	113
Davi Aguilar de Matos, Marcus Vinicius de O. Andrade, Clésia Cristina Nascentes	
Otimização do Procedimento de Derivatização de THC, CBD e CBN para Análise por GC/MS	114
Hairton Costa Ferreira, Gabriel Pardini Coelho, Zenilda de Lourdes Cardeal, Helvécio Costa Menezes, Clésia Cristina Nascentes, Letícia Malta Costa	
<i>p</i>-Sulfonic Acid Calix[4]arene as an Efficient Catalyst for the Synthesis of (-)-CBD	115
Laura Patricia Rocha Figueroa, Samuel Teixeira dos Reis, Ângelo de Fátima	
Portable Raman Spectroscopy for the Identification of Methanol in Distilled Beverages	116
Darlei G. Dantas, Paulo E. T. Firmo, Erklaylle G. C. Silva, Mirelly A. Gomes, Karen A. B. Pereira, Ricardo Saldanha Honorato, Fernanda A. Honorato, Claudete F. Pereira, M. Fernanda Pimentel	
Quantificação de Arginina em Creatina Utilizando FTIR-ATR e Regressão por PLS	117
Ana Júlia Oliveira Takahaschi, Melina Luiza Vieira Diniz, Clésia Cristina Nascentes	
Reagente Colorimétrico para a Identificação de Canabinoides Sintéticos, Uma Abordagem <i>In Silico</i>	118
Luiz Felipe Cantarino Adriano, Luiz Antonio Sodré Costa	
Seleção de Solvente para Análise de Comprimidos de Misoprostol por <i>Direct Infusion Electrospray Ionization Mass Spectrometry</i> (DIESI-MS) visando à Identificação do Princípio Ativo em Formulações Comerciais	119
Fabiana de Moura, Yuri Machado, José Coelho Neto, Washington Xavier de Paula, Rodinei Augusti	
Síntese e Aplicação de Polianilina como Pó Revelador de Impressões Digitais Latentes	120
Tarcísio Nunes de Oliveira, Jéssica Higino de Souza, Rosanny Christhinny da Silva, Maria Luiza Torres Gaia Leite, Alexandro Mangueira Lima de Assis, Adriana Santos Ribeiro	
Uso de Catálise por Ácidos de Lewis e Brønsted na Síntese de Canabidiol (-)-CBD	121
Samuel Teixeira dos Reis, Laura Patricia Rocha Figueroa, Ângelo de Fátima	
Uso de Processamento Digital de Imagens para a Determinação de Fraudes em Agentes Redutores Catalíticos à Base de Ureia (ARLA 32)	122
Amanda Cristina de Jesus Cunha, Maria Lurdes Felsner	
Uso de RMN de Bancada na Quantificação de N,N-Dimetilprotonitazeno em Material Vegetal.....	123
Anita Monteiro Meireles, Bruna Miguel Ferreira da Silva, Gilberto Lucio Benedito de Aquino, Adriano Otávio Maldaner	

Outras Áreas 124

Ampliando a Resolução Forense da Rede Neural Profunda <i>Deepprint</i>	125
Adelino Pinheiro Silva, Arlindo Follador Neto, Júlia Teixeira de Melo Franco	
Análise Material de Douramentos Setecentistas Mineiros como Subsídio à Perícia e Restituição de Bens Culturais ...	126
Dâmia Carina Dias do Carmo, Marcus Vinicius de Oliveira Andrade, José Coelho Neto, Jorge Marcelo de Freitas, Cecília Siman Salema, Karla Balzuweit, Alessandra Rosado, Luiz Antonio Cruz Souza	
Autenticação de Mel de Aroeira Utilizando Metabolômica Global e Alvo por UHPLC-Orbitrap MS e DD-SIMCA	127
Camila Maria Machado Santos, Débora Cristina Sampaio de Assis, Mary Ane Gonçalves Lana, José Ailton Gonçalves, Diego Gomes Rocha	
Avaliação Diagnóstica do Speciesnet em Câmera <i>Trap</i>: Lacunas para Fauna Neotropical e Técnicas de Pós-Processamento	128
Adelino Pinheiro Silva, Vania Cristina Foster, Lucas Calado Alves Pereira	

Cardiotoxicidade e Alterações Morfológicas Induzidas por Fentanil e Xilazina em Larvas de Zebrafish (<i>Danio rerio</i>)	129
Nilo B. da Silva Filho, Nicolle Pessim O. da Fonseca, Bruno Henrique da S. Souza, Luciana Silami Carvalho, Luciene P. M. da Silva, João Loureiro Lima, Luiz Felipe Oliveira Silva, Clésia Cristina Nascentes, Ângelo de Fátima, Gilcinea de Cássia Santana	
Estudos Forenses de Pinturas Atribuídas ao Artista Austríaco Victor Scharf	130
Chaiani Battisti, Juliana N. S. Bittencourt, Lucas de S. L. Pereira, Mateus M. Ferrer, Bruno da S. NoreMBERG	
Metodologia Integrada de Isótopos Estáveis e Radiocarbono no Combate ao Tráfico de Marfim	131
Karolayne Silva, Gabriela Nardoto, Kita Macario, Fabiana Oliveira, Sérvio Túlio Reis	

ÍNDICE DE AUTORES132



BALÍSTICA FORENSE



Análise Química e Isotópica como Ferramenta na Identificação de Fragmentos Balísticos

Pedro Lucas Fonseca Barbosa^{a*}; Beatriz Henrique da Rocha^a; José Marcus de Oliveira Godoy^a

^a Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22451-900.

*e-mail: plfonseca.2001@hotmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Ao decorrer dos anos existe um crescente uso de armas de fogo em território nacional, tanto que em um estudo divulgado em 2016 o Brasil liderou uma lista de 195 países como campeão em mortes por armas de fogo.¹ O chumbo possui 3 isótopos (^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb) que são chamados de radiogênicos e tem como origem as séries de decaimento radioativo do ^{238}U , ^{235}U e ^{232}Th , respectivamente. A proporção entre eles é função da concentração de U e Th no minério de chumbo original e do seu tempo de formação. As razões entre estes três isótopos têm sido utilizadas como forma de rastrear a origem do chumbo e aplicada em estudos forenses.²

Objetivos: Determinar a origem dos projéteis através do ICP-OES e do AAS, já que os mesmos possuem variações nos elementos encontrados na liga de chumbo do projétil, podendo ser Sb e Bi, e também na jaqueta, podendo ser diferenciados quanto ao país de origem.^{1,2}

Metodologia: Consiste em um estudo experimental com amostras de projéteis fornecidas pelo Instituto de Criminalística Carlos Éboli da PCERJ (ICCE-PCERJ). O método analítico foi previamente otimizado para ICP-MS e ICP-OES com validação por meio de materiais de referência certificados (NIST 981 e C2416). Inicialmente, o chumbo foi removido de dentro das jaquetas com um maçarico. As amostras de chumbo (cerca de 0,50 g) foram submetidas à digestão ácida com HNO_3 (2:5) em presença de tartarato de potássio, seguidas de diluição para 50 mL, enquanto as jaquetas dos projéteis (cerca de 0,20 g) foram digeridas com 2 mL de HNO_3 (1:2). As determinações químicas foram realizadas por ICP-OES, visando a investigação de elementos-traço tanto nas amostras de chumbo quanto nas jaquetas, enquanto as razões isotópicas de chumbo foram obtidas por ICP-MS quadrupolo.

Resultados e Discussões: Os resultados obtidos permitiram diferenciar dois tipos de jaqueta, um a base de ferro, e outra de latão, sendo a jaqueta à base de ferro mais comum nos projetos dos países da Europa oriental, como a Rússia. Em termos de análise elementar dos projéteis, verificou-se que apenas Bi e Sb encontram-se em concentrações tais que permitam seu uso como ferramenta na discriminação entre os projéteis. Pode-se verificar que os projéteis russos e tchecos possuem composição isotópica

semelhantes, mas são discriminados, entre si, quando é incluída e informação relativa à análise elementar. Já os projéteis norte americanos possuem uma composição isotópica bem distinta da dos russos e tchecos. Os projéteis brasileiros, todos da marca CBC, se distribuem entre os dois, dependendo do calibre e do ano de fabricação

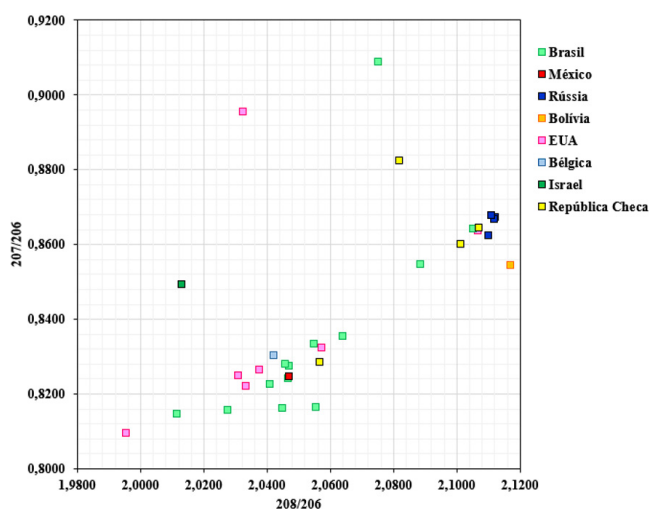


Figura 1. Razão isotópica para diversos projéteis

Conclusão: Com base nas jaquetas houve uma diferenciação inicial com base nos hemisférios, sendo os ocidentais de latão e os orientais de ferro.

Verificou-se que os projéteis podem ser discriminados entre si ao combinar as informações da análise elementar e análise isotópica.

REFERÊNCIAS:

- Naghavi, M.; Marczak, L. B.; Kutz, M.; Shackelford, K. A.; Arora, M.; Miller-Petrie, M.; Jama, J. Am. Med. Assoc. 2018, 320, 792
- Bezerra, Emanuella T. V.; GODOY, José M. de O. Análise de fragmentos balísticos por meio de exames micro balísticos, determinação da composição química e análise isotópica do chumbo: uma revisão. Química Nova, São Paulo, v. 47, n. 1, p. 1-8, 2024



Análise Química e Isotópica de Fragmentos Balísticos de Fuzil por ICP-MS de Alta Resolução Aplicada à Discriminação Forense

Beatriz Henrique da Rocha^{a*}, Pedro Lucas Fonseca Barbosa^a, Rodrigo Araújo Gonçalves^a, José Marcus de Oliveira Godoy^a

^a Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22451-900.

*e-mail: beatrizdarocha@aluno.puc-rio.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A violência armada no Brasil reforça a necessidade de metodologias forenses mais eficazes. Em 2023, 71,6% dos 45.747 homicídios no país foram causados por armas de fogo.¹ A identificação de armas é tradicionalmente realizada por comparação balística, porém projéteis de fuzil frequentemente se fragmentam, inviabilizando essa abordagem.^{2,3} Nesse contexto, a análise isotópica do chumbo (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb e ^{208}Pb) surge como uma ferramenta promissora, pois reflete a origem geológica do minério utilizado na fabricação das munições.⁴ A Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado de Alta Resolução (HR-ICP-MS) apresenta elevada sensibilidade e precisão para esse tipo de análise em comparação ao ICP-MS quadrupolo.⁵

Objetivos: Desenvolver metodologia por HR-ICP-MS para determinação de razões isotópicas de Pb em fragmentos balísticos de fuzil, associada à análise elementar por ICP-OES, visando discriminação forense.

Metodologia: Estudo experimental com projéteis de fuzil fornecidos pelo Instituto de Criminalística Carlos Éboli (PCERJ). Os métodos foram otimizados para HR-ICP-MS e ICP-OES, com validação por materiais de referência certificados (NIST 981 e C2416). O núcleo de chumbo foi separado das jaquetas por aquecimento com maçarico. As amostras de chumbo (500 mg) foram submetidas à digestão ácida com HNO_3 (2:5) e tartarato de potássio. Os elementos-traço foram determinados por ICP-OES (Perkin-Elmer 8300) e as razões isotópicas por ICP-MS quadrupolo (Perkin-Elmer Nexion 300) e por HR-ICP-MS (Thermo Element 2).

Resultados e Discussões: A análise do material certificado C2416 confirmou a exatidão da análise elementar. Sete elementos (Zn, Sn, Sb, As, Ag, Bi e Cu) foram determinados em projéteis de revólver de diferentes cartelas de um mesmo lote, evidenciando homogeneidade composicional, sem diferenças estatísticas entre cartelas, com Sb como principal constituinte e potencial marcador, enquanto o Bi apresentou potencial complementar para caracterização das amostras. As jaquetas apresentaram composição predominante de latão, sendo a maioria dos projéteis de marca brasileira. As razões isotópicas de Pb obtidas por HR-ICP-MS (Gráfico 1) mostraram distribuição coerente em função de $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, permitindo observar agrupamentos associados a diferentes fabricantes de munição. Algumas amostras

apresentaram sobreposição parcial, entretanto fabricantes como S&B, FD e LC exibiram assinaturas isotópicas distintas em relação às demais amostras. As amostras da CBC apresentaram maior distribuição ao longo do gráfico, porém mantendo tendência isotópica consistente.

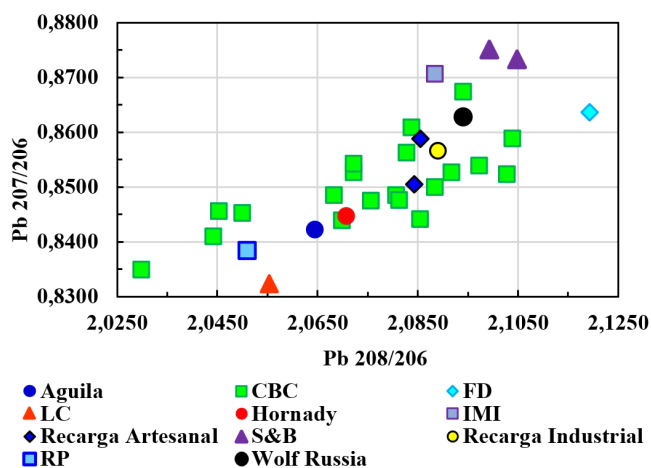


Gráfico 1. Razões isotópicas de Pb para diferentes marcas de projéteis, medidas por HR-ICP-MS.

Conclusão: O Sb destacou-se como principal marcador químico com contribuição complementar do Bi. As razões isotópicas de Pb evidenciaram potencial da HR-ICP-MS associada à análise elementar para discriminação forense de munições.

Agradecimentos: À CAPES, ao CNPq e ao ICCE-PCERJ.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Atlas da Violência 2025. Brasília: IPEA, 2025.
- ² De P. Saide VG. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2022.
- ³ Bezerra ETV; Godoy JMO. Química Nova, v. 47, p. 1-8, 2024.
- ⁴ Ulrich A; Moor C; Vonmont H, et al. Analytical and Bioanalytical Chemistry, v. 378, p. 1059-1068, 2004.
- ⁵ Gordon GW; Flores A; Montero S; Haang LC. AFTE Journal, v. 56, p. 28-40, 2024.



Lanthanide-Based Luminescent Markers for In Situ Visualization of Ballistic Trajectories in Forensic Necropsy

Guilherme Lessa dos Santos Oliveira^{a*}, Marcelle do Nascimento Camargo^a, Júlia Pereira de Oliveira Silva^a, Lippy Faria Marques^{a*}

^a Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 20550-013.

*e-mail: lippymarquesuerj@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: One of the main challenges in forensic necropsy procedures is the accurate estimation of the ballistic trajectory. This visualization can be particularly difficult due to the varying densities of tissues and bone structures, which may cause the projectile to deviate from its path. One way to address this limitation is to use luminescent lanthanide compounds in so-called hollow point ammunition. Upon impact with a target, the projectile deforms, gradually releasing the marker along its trajectory, which can then be clearly visualized using a simple ultraviolet (UV) light source. These characteristics indicate that both compounds have strong potential for application as luminescent markers in routine necropsy practice, potentially enhancing the evidentiary value of forensic investigations within the criminal justice system and providing greater legal certainty in the attribution of responsibility.

Aims: This work presents the synthesis, characterization, and photophysical study of mixed lanthanide complexes, as well as their application in terminal ballistics, specifically as an aid in forensic necropsy procedures.

Methods: The mixed lanthanide complexes were synthesized using a reflux-assisted stirring method, yielding compounds with the formulas $[\text{Eu}_{0.02}\text{Tb}_{0.98}(\text{dic})_6(\text{bath})_2]$ and $[\text{EuTb}(\text{dic})_6(\text{bath})_2]$. The compounds exhibited intense emissions in the green–yellow and red regions, respectively. Both compounds were introduced into the cavities of hollow point EXPO ammunition (9 × 19 mm, 115 gr), manufactured by Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC*) to act as luminescent markers (Green-Yellow Marker – GYM and Red Marker – RM) for use in forensic necropsy reports.

Results and Discussion: Both complexes were characterized using various analytical and spectroscopic techniques, corroborating the proposed formulas. Shots with the marked ammunition were carried out using fresh porcine hind limbs as targets. Upon projectile expansion, a gradual release of the luminescent markers occurred, and the ballistic trajectory could be visualized by irradiation with a UV flashlight ($\lambda = 365 \text{ nm}$). We observed that these markers do not interact with the biological matrix and are not affected by the autofluorescence of porcine tissue, allowing their identification through a simple in situ emission spectrum. These characteristics enable not only the preparation of more precise necropsy reports

but also, for example, the identification of the caliber or a specific batch of ammunition. Figure 1 shows the emission spectra of both markers, demonstrating that the marker embedded in the porcine tissue is identical to that of the isolated marker. Figure 1 shows the emission spectra of both markers, demonstrating that the marker embedded in the porcine tissue is identical to that of the isolated marker.

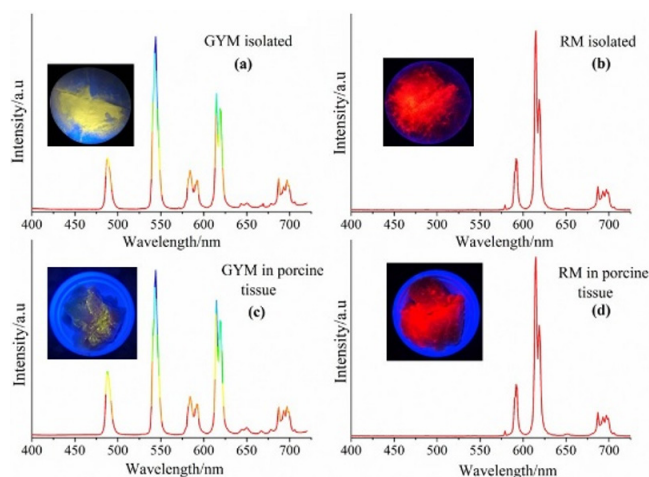


Figure 1. Emission spectra for GYM $[\text{Eu}_{0.02}\text{Tb}_{0.98}(\text{dic})_6(\text{bath})_2]$ (a) and $[\text{EuTb}(\text{dic})_6(\text{bath})_2]$ (b) markers in their isolated form; (c) and (d) show the corresponding emission spectra within the ballistic channel (porcine tissue).

Conclusion: Two novel mixed lanthanide complexes exhibiting intense luminescence in the green–yellow and red regions were synthesized and characterized. The incorporation of these compounds into hollow point projectiles (9 × 19 mm caliber) enables more precise in situ visualization of the ballistic trajectory using a simple ultraviolet (UV) flashlight. Together, these features highlight the dual applicability of luminescent markers in enhancing both the interpretative accuracy of forensic examinations and the evidentiary value of ballistic investigations within the criminal justice system.

Acknowledgements: FAPERJ, CNPq e Polícia Civil do Estado do Rio de Janeiro (PCERJ).



CRIMES AMBIENTAIS



Análise Multielementar da Madeira de Cupiúba para a Determinação da Origem Geográfica

Larissa Sousa da Silva^{a*}, Jennifer Souza Tomaz^a, Laura Graciliana Bernardes^a, Ricardo Lívio Santos Marques^b, Santiago Linorio Ferreyra Ramos^a, Maria Teresa Gomes Lopes^a

^a Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, 69080-900; ^b Polícia Federal, Manaus, Amazonas, Brasil, 69042-470.

*e-mail: larissa.sousa@ufam.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A Amazônia desempenha um papel essencial na regulação climática global e na conservação da biodiversidade; no entanto a exploração ilegal de madeira tem impactado significativamente a região. Nesse contexto, a espécie *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba) destaca-se por estar entre as mais comercializadas na região, o que reforça a necessidade de estratégias eficazes para o controle de sua exploração. Nesse cenário, a fluorescência de raios X por reflexão total (TXRF) surge como uma técnica promissora para a determinação da composição elementar e a diferenciação da origem geográfica, configurando-se como uma ferramenta potencial no combate à extração ilegal de madeira.

Objetivos: Determinar a origem geográfica da madeira de *Goupia glabra* por fluorescência de raios X por reflexão total (TXRF)

Metodologia: Foram selecionadas entre 7 e 10 árvores de *G. glabra* nos municípios de Itapiranga e Humaitá (Amazonas), Aveiro, Belterra e Juruti (Pará). Em cada árvore, três amostras foram coletadas por meio de perfurações ao longo do diâmetro à altura do peito (DAP). As amostras foram secas, moídas e analisadas por TXRF, utilizando o espectrômetro S4 T-STAR (Bruker). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA) e à correlação de Spearman entre os elementos químicos.

Resultados e Discussão: As análises por TXRF das amostras de madeira de *G. glabra* permitiram a identificação e quantificação de 26 elementos químicos. A Tabela 1 apresenta os elementos com maior influência na diferenciação das regiões de coleta. A correlação de Spearman indicou associações positivas entre os pares Ca–Sr (0,8785), K–Rb (0,8682), As–Hf (0,7606), Cr–Ni (0,6982), Fe–Ce (0,6560). A presença de elementos-traço sugere comportamento geoquímico associado à matriz mineral dos solos das regiões amostradas¹. A análise de PCA evidenciou a separação entre Humaitá, Juruti e Belterra. Aveiro (AVE), Itapiranga 1 (ITP1) e 2 (ITP2) apresentaram sobreposição parcial (Figura 1), indicando maior similaridade química entre esses.

Tabela 1. Concentração dos elementos com forte influência na diferenciação das regiões (mg.kg⁻¹).

Elemento	Humaitá	ITP 1	ITP 2	Aveiro	Belterra	Juruti
Ca	268,07	1564	2373,67	3228	2523,67	2412
Fe	42,93	111,32	66,040	42,190	83,25	66,29
Cu	5,34	24,30	17,50	11,440	10,20	24,08
Zn	23,54	25,32	29,81	17,380	7,47	21,86
Sr	9,21	12,02	14,39	15,430	13,48	13,34
Ba	35,13	2,57	3,72	2,504	1,92	2,84
Pb	7,40	3,71	4,64	5,56	4,23	1,53

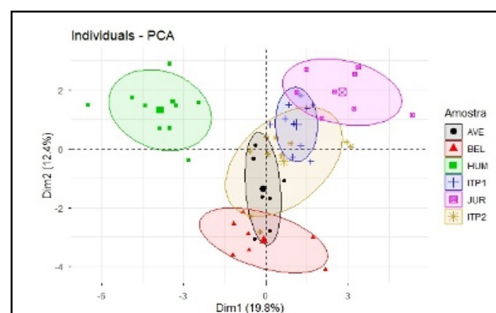


Figura 1. Análise de PCA das amostras de *G. glabra*.

Conclusão: A análise por TXRF evidenciou variações na composição química da *G. glabra* em diferentes localidades, refletindo influências ambientais. Os resultados demonstram o potencial da técnica para discriminar a origem geográfica de uma mesma espécie.

Agradecimentos: À FAPEAM, RESOLUÇÃO N. 002/2024 - POSGRAD 2024/2025 – UFAM

REFERÊNCIA:

¹ BENHACHEM, F. Z.; HARRACHE, D. Chemical speciation and potential mobility of heavy metals in forest soil near road traffic in Hafir, Algeria. *Journal of Health & Pollution*, v. 11, n. 30, p. 210614, 2021



Integração de Assinaturas Isotópicas e Elementares na Rastreabilidade Forense da Madeira Amazônica

Helinara Lais Vieira Capucho^a, Larissa Sousa da Silva^{a*}, Antônio Cleiton Lopes da Silva^b, José Haroldo de Oliveira^b, Jennifer Souza Tomaz^a, Santiago Linorio Ramos^a, Fábio Borba^b, Ricardo Lívio Marques^b, Maria Teresa Gomes Lopes^a

^a Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, 69080-900; ^b Polícia Federal, Manaus, Amazonas, Brasil, 69042-470.

*e-mail: larissa.sousa@ufam.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A verificação da origem geográfica da madeira na Amazônia é um dos principais gargalos da fiscalização ambiental, especialmente diante das limitações dos métodos convencionais para validar as informações declaradas em documentos florestais. Nesse contexto, abordagens baseadas em assinaturas químicas emergem como ferramentas promissoras. A integração de análises isotópicas e elementares obtidas a partir de amostras *bulk* pode oferecer uma alternativa operacionalmente viável, eficiente e aplicável à rotina pericial.

Objetivos: Avaliar o potencial de integrar análises isotópicas e elementares para discriminar a origem geográfica da madeira na Amazônia com fins forenses.

Metodologia: Foram analisadas amostras de *Manilkara huberi* provenientes de duas Florestas Nacionais de Rondônia, coletadas de 20 árvores georreferenciadas. Amostras *bulk*, obtidas em três posições do fuste, foram secas, moídas e submetidas à análise isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) por EA-IRMS e à determinação elemental (Rb, Sr e Ba) por TXRF. Os dados foram avaliados por ANOVA, pelo teste de Scott-Knott e por análises multivariadas (PCA e LDA), incluindo validação cruzada.

Resultados e Discussões: Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ diferiram significativamente entre as áreas ($p < 0,01$), refletindo variações nos processos de ciclagem de nitrogênio, enquanto $\delta^{13}\text{C}$ apresentou comportamento conservativo. Entre os elementos, o rubídio destacou-se como um discriminante geoquímico relevante. A PCA evidenciou uma tendência de separação entre os grupos (Fig.1), reforçando a presença de assinaturas regionais distintas. A LDA apresentou acurácia global de 96,7% na validação cruzada (Tab.1), demonstrando elevada capacidade de classificação.

Tabela 1. Classificação das amostras por LDA com validação cruzada (*cross-validation*) nas duas áreas de estudo.

Grupos	Acerto (%)	N	TA	OC
Jacundá	1,00	30	60	58
Jamari	0,93	30	PGA (%)	
			0,97	

TA: Total de amostras; OC: Ocorrências corretas; PGA: Percentual geral de acerto

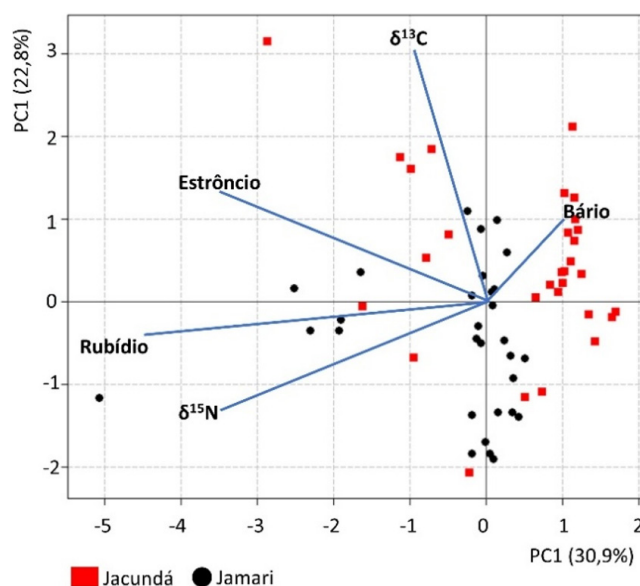


Figura 1. Biplot da PCA com a distribuição das amostras e os vetores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Rb, Sr e Ba.

O elevado poder discriminante da LDA pode estar associado à complementaridade entre os preditores isotópicos e elementares, enquanto o Sr, embora esperado como marcador relevante, apresentou baixa contribuição, possivelmente devido à lixiviação e homogeneização em Latossolos¹.

Conclusão: A integração de análises demonstrou alto poder discriminante quanto à origem geográfica da madeira, configurando uma ferramenta confiável para aplicação em perícias ambientais.

Agradecimentos: À CAPES- Edital nº 16/2020 - PROCAD-SPCF e às Bolsas FUNBIO Chamada 05/2021.

REFERÊNCIA:

¹ Horbe AMC, Albuquerque MFDS, Dantas EL. *Frontiers in Earth Science*, v. 10, p. 845224, 2022.



Nicho Isotópico de Serpentes Aplicado à Investigação de Crimes Ambientais

Nayra Gualberto Lopes^{a,b*}, Nathalie Queirolo Kaladinsky Citeli Coelho^{a,b}, Gabriela Bielefeld Nardoto^a

^a Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70910-900;

^b Universidade Católica de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 71966-700.

*e-mail: nayragualbertolopes@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A análise de isótopos estáveis tem sido amplamente utilizada para investigar padrões tróficos em vertebrados, incluindo serpentes. O nicho isotópico permite inferir o uso de recursos e a variação alimentar entre indivíduos e espécies. Em contextos forenses, essa abordagem apresenta potencial para identificar a origem de animais, uma vez que diferenças na dieta (vida livre vs. cativeiro) podem ser refletidas nas assinaturas isotópicas.

Objetivos: Avaliar a variação no nicho isotópico de serpentes de vida livre e explorar o potencial dessa abordagem como ferramenta forense para inferir a origem de indivíduos em contextos de crimes ambientais.

Metodologia: Foram analisados os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em serpentes de vida livre de três espécies (*Bothrops moojeni*, *Crotalus durissus* e *Helicops modestus*) do bioma Cerrado. O nicho isotópico foi estimado por elipses padrão bayesianas (SEAb), utilizando o pacote SIBER, permitindo avaliar a amplitude e a sobreposição isotópica entre espécies, com potencial aplicação em contextos forenses.

Resultados e Discussões: *Crotalus durissus* apresentou a maior amplitude de nicho isotópico (SEAb = 6,52), seguido por *Bothrops moojeni* (4,44) e *Helicops modestus* (3,27), com sobreposição parcial entre as espécies. Esses resultados indicam diferenças no uso de recursos alimentares em ambiente natural, constituindo uma assinatura isotópica relevante. Em contextos forenses, essa variabilidade pode ser utilizada para comparação com indivíduos de origem desconhecida, uma vez que animais mantidos em cativeiro tendem a apresentar nichos isotópicos mais restritos devido à dieta controlada. As amostras de indivíduos em cativeiro estão atualmente em análise, permitindo testar essa abordagem como ferramenta para identificação de origem em casos de crimes ambientais.

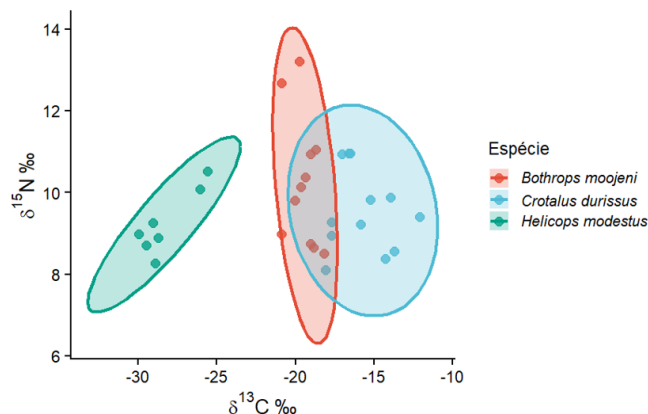


Figura 1. Nicho isotópico de três espécies de serpentes baseado em $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. *Crotalus durissus* apresentou maior amplitude de nicho, seguido por *Bothrops moojeni* e *Helicops modestus*, com sobreposição parcial entre as espécies.

Apesar do potencial dessa abordagem, estudos comparando diretamente assinaturas isotópicas de serpentes de vida livre e cativeiro ainda são escassos, sendo atualmente representados por um número bastante limitado de investigações.

Conclusão: O nicho isotópico mostrou-se uma ferramenta promissora para identificar padrões ecológicos em serpentes, com potencial aplicação em contextos forenses. A caracterização da assinatura isotópica de populações naturais pode subsidiar a identificação da origem de indivíduos em casos de tráfico de fauna, contribuindo para investigações de crimes ambientais.

Agradecimentos: Agradecemos ao Laboratório de Coleção Zoológica da UCB e ao Instituto Vital Brazil pelo fornecimento das amostras. E um agradecimento ao CENA (USP) pela análise das amostras.



Vida Livre ou Cativo: Isótopos Estáveis na Identificação da Origem de Araras-Azuis-de-Lear Apreendidas no Tráfico

Isabela Sousa Prado^{a*}, Emanuel Messias Lima da Silva^b, Ricardo Evangelista Fraga^c, Fábio José Viana Costa^d, Gabriela Bielefeld Nardoto^b

^a Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil, 45.662-000; ^b Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70.910-900; ^c Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, 45.029-094; ^d Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70.610-200. *e-mail: isabelapradow@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*) é uma espécie ameaçada, endêmica da Caatinga, com distribuição restrita a uma pequena região no norte da Bahia. Apesar dos avanços nas ações de conservação, a espécie ainda enfrenta pressões associadas ao tráfico de fauna silvestre. Nesse contexto, a análise de isótopos estáveis pode auxiliar na diferenciação entre indivíduos de vida livre e de cativeiro, bem como na atribuição de origem de amostras apreendidas, contribuindo para investigações de crimes ambientais e estratégias de conservação.

Objetivos: Aplicar a análise de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ em penas da cauda de arara-azul-de-lear para diferenciar indivíduos de vida livre e cativeiro e auxiliar na atribuição da provável origem de araras apreendidas no Togo.

Metodologia: Foram analisadas amostras de penas da cauda de 54 indivíduos de arara-azul-de-lear, segmentadas em ápice e base para avaliar possíveis variações isotópicas entre porções do tecido, totalizando 107 segmentos analisados. As razões $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram utilizadas para avaliar variações associadas à dieta, enquanto $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ foram empregados como indicadores ambientais/geográficos. Para $\delta^{13}\text{C}$, foram considerados 40 segmentos atribuídos a cativeiro, 26 a vida livre e 37 ao Togo; para $\delta^{15}\text{N}$, 40, 25 e 37; e para $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$, 4, 9 e 34, respectivamente. As amostras foram analisadas por espectrometria de massa de razões isotópicas (IRMS) no Instituto Nacional de Criminalística (INC) da Polícia Federal.

Resultados e Discussões: Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ no ápice e na base foram similares entre cativeiro, vida livre e Togo, com variação próxima de $\approx 1\text{‰}$. Para $\delta^{15}\text{N}$, os indivíduos de cativeiro apresentaram menores médias, com 4,28‰ no ápice e 4,30‰ na base, enquanto vida livre apresentou 10,91‰ e 11,85‰, e Togo 11,35‰ e 11,44‰, respectivamente. Esse padrão sugere que $\delta^{15}\text{N}$ pode atuar como proxy da variação dietética entre cativeiro e vida livre, indicando assinatura isotópica compatível entre Togo e vida livre. Para $\delta^{18}\text{O}$, os valores também foram próximos entre

ápice e base, mas menores no cativeiro, 12,40‰ e 13,20‰, em comparação à vida livre, 15,62‰ e 16,13‰, e Togo, 16,16‰ e 15,51‰. Para $\delta^2\text{H}$, a variação entre ápice e base foi mais evidente: cativeiro apresentou -67,50‰ e -72,03‰, vida livre -35,82‰ e -45,80‰, e Togo -49,52‰ e -55,55‰. Assim, $\delta^{18}\text{O}$ aproximou as amostras do Togo das de vida livre, enquanto $\delta^2\text{H}$ indicou maior variação ambiental durante a formação das penas. O biplot $\delta^{15}\text{N} \times \delta^2\text{H}$ reúne esses dois eixos de interpretação, combinando variação dietética e ambiental/geográfica, permitindo visualizar a separação entre cativeiro, vida livre e amostras do Togo.

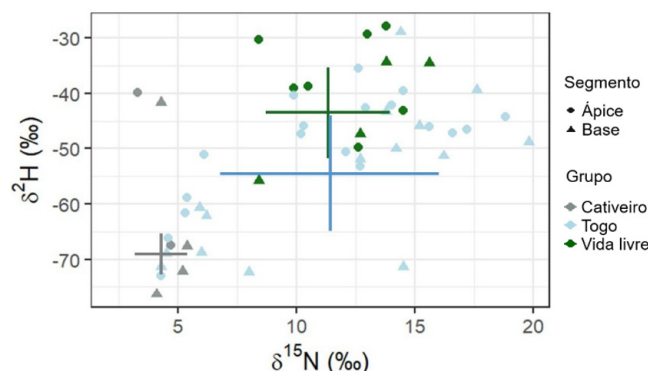


Figura 1. Bi-plot $\delta^{15}\text{N} \times \delta^2\text{H}$ em penas da cauda de *A. leari*. As barras cruzadas indicam média $\pm$ desvio-padrão.

Conclusão: A análise isotópica diferenciou cativeiro e vida livre, sobretudo por $\delta^{15}\text{N}$, enquanto $\delta^2\text{H}$ contribuiu para avaliar variações ambientais/geográficas. As amostras do Togo apresentaram maior similaridade com vida livre, reforçando o potencial dos isótopos estáveis como ferramenta complementar em investigações de tráfico de fauna.

Agradecimentos: CAPES, FUNBIO/GEF, Log Nature, UESC, UnB, INC.



CRIMES CIBERNÉTICOS, MULTIMÍDIA E SEGURANÇA ELETRÔNICA



Ferramentas Forenses Aplicadas à Investigação Cibernética: Desenvolvimento de um E-Book Técnico

Tales Giuliano Vieira^{a,b}, Amanda Soares Pereira^b, Gabriel Barros Ferreira^b, Gustavo Henrique Silva^b, Henrique Pedrozo Silva^b, João Luiz R. Fraiz^b, João Victor N. Souza^b, José Luis da S. Júnior^b, Leonardo Alvarenga Ferreira^b, Luiza Cardoso da Locha^b, Luiz Otávio F. de Oliveira^b, Matheus Felipe Vieira^b, Matheus M. Vilas Boas^b, Rubens Elisei Freire^b

^a Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 31630-901; ^b Centro Universitário de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200-000.
*e-mail: talesperito@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O avanço exponencial das ameaças cibernéticas e a sofisticação dos crimes digitais exigem que a atividade pericial utilize ferramentas robustas para a preservação e análise de evidências¹. Diante da escassez de materiais técnicos em língua portuguesa que centralizem ferramentas práticas e métodos de investigação, o Grupo de Estudos de Perícias e Investigações Digitais (GEPID) desenvolveu um e-book técnico totalmente gratuito para download. A obra reúne descrições, tutoriais e estudos de caso de ferramentas como Autopsy, Maltego, IPED, ExifTool e MetaScope.

Objetivos: O presente trabalho tem como objetivo apresentar o e-book elaborado pelo GEPID, voltado a fornecer suporte teórico e prático para o estudo e a aplicação da forense digital. O material foi estruturado para atender tanto a comunidade acadêmica quanto profissionais forenses, que necessitam de guias rápidos para ferramentas consolidadas no mercado.

Metodologia: A construção do e-book baseou-se em uma revisão bibliográfica e na experimentação prática conduzida pelos membros do GEPID. Inicialmente, realizou-se uma triagem das principais ferramentas utilizadas globalmente em investigações cibernéticas e auditorias de segurança. Para garantir a confiabilidade e aplicabilidade do material, todas as ferramentas documentadas no e-book foram rigorosamente testadas em laboratório e em ambientes virtuais controlados. Cada capítulo foi estruturado para conter a descrição conceitual da tecnologia, um tutorial passo a passo de instalação e configuração, explicações detalhadas de uso e estudos de caso práticos simulando cenários reais de investigação pericial.

Resultados e Discussões: O projeto resultou em um guia de referência acessível que sistematiza o uso de tecnologias complexas para a perícia digital. Referido material é composto por 30 páginas e apresenta diversas ferramentas forenses conforme

mostrado na tabela 01. Em vez de apenas apresentar a teoria, o material disponibiliza fluxos de trabalho validados, permitindo que o leitor replique os ambientes de teste. A aplicabilidade das abordagens documentadas foi verificada por meio da replicação controlada dos tutoriais em ambiente laboratorial, demonstrando que os procedimentos podem ser executados de forma autônoma pelo leitor.

Tabela 01. Resumo das ferramentas forenses

Ferramentas Forenses analisadas	
ExifTool	Leitura, edição e remoção de metadados em arquivos
Maltego CE	Ferramenta de análise e mineração de dados voltada para OSINT.
Autopsy	Investigar discos, imagens de dispositivos, arquivos deletados e sistemas de arquivos.
Recuva	Recuperar arquivos deletados.
SIFT Workstation	Distribuição Linux voltada para análise forense digital e incidentes.
IPED	Indexador e Processador de Evidências Digitais
MetaScope	Identificação de fraudes, validação de documentos digitais e geração de laudos periciais

Conclusão: O e-book desenvolvido pelo GEPID apresenta-se como uma ferramenta de apoio relevante para a comunidade forense brasileira. Ao unir a validação técnica das ferramentas com uma linguagem didática, o trabalho contribui para a padronização de conhecimentos e para o fortalecimento da formação de peritos em forense digital, facilitando o acesso a métodos modernos de investigação digital e auditoria de sistemas. O material encontra-se disponível gratuitamente, ampliando o alcance do conhecimento forense a todos.

REFERÊNCIA:

¹ INVESTIGAÇÃO FORENSE. Manual de Ferramentas Forenses. Disponível em: <https://www.investigacaoforense.com/manual-ferramentas-forenses>. Acesso em: 24 abr. 2026.



Forense Digital na Era da Inteligência Artificial Generativa: MetaScope Forense como Ferramenta de Apoio à Identificação de Fraudes, Manipulações e Geração Automatizada de Laudos Periciais

Tales Giuliano Vieira^{a,b*}, Matheus Felipe Vieira^b

^a Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 31630-901; ^b Centro Universitário de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200-000.

*e-mail: talesperito@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A crescente digitalização de documentos e comunicações amplia os riscos de fraudes, manipulações e ataques baseados em engenharia social e inteligência artificial¹. Nesse cenário, a verificação da autenticidade e integridade de evidências digitais torna-se um desafio relevante para a atividade pericial. Este trabalho apresenta o MetaScope, uma plataforma SaaS de análise forense automatizada, em produção, voltada à identificação de indícios de manipulação e avaliação de confiabilidade com geração de laudos técnicos.

Objetivos: Apresentar uma abordagem automatizada para análise preliminar de evidências digitais, com foco na identificação de fraudes, validação de documentos, imagens, vídeos e links, como apoio à atividade pericial.

Metodologia: A metodologia baseia-se na aplicação da ferramenta em cenários representativos da prática forense, incluindo análise de mídias, links suspeitos e validação de documentos digitais. Foram utilizados arquivos sintéticos gerados por inteligência artificial, conteúdos com inserção de *prompt injection*, links potencialmente maliciosos e páginas legítimas para fins comparativos, além de documentos reais anonimizados. O sistema realiza extração de metadados, geração de hashes e análise estrutural para identificação de padrões de manipulação, com consolidação dos resultados em laudos técnicos automatizados. Os resultados referem-se aos cenários avaliados, podendo variar conforme a natureza dos dados e o fluxo analítico é apresentado na Figura 01.

Resultados e Discussões: Os resultados obtidos demonstram a eficácia da abordagem proposta na identificação de indícios de manipulação e padrões associados a fraudes em diferentes tipos de entrada. A Tabela 1 apresenta um resumo dos cenários avaliados, incluindo arquivos sintéticos gerados por inteligência artificial, conteúdos com inserção de *prompt injection*, links suspeitos e páginas legítimas, bem como documentos reais analisados de forma anonimizada.

Tabela 01. Resultados obtidos com o MetaScope

Cenários de análise e percentual de acerto		
Parâmetro	Quantidade	Percentual de acerto
Imagens por IA	30	80
Manipulação de Arquivos	50	96
Prompt Injection	20	90
Links Suspeitos	25	88
Validação de documentos	20	90
Páginas Legítimas	40	80



Figura 01. Fluxo de Análise da Plataforma MetaScope

Conclusão: Os resultados apresentados evidenciam o potencial do MetaScope como ferramenta de apoio à análise pericial digital, demonstrando desempenho consistente em diferentes cenários, incluindo conteúdos gerados por inteligência artificial, manipulações estruturais, *prompt injection* e análise de links suspeitos. A abordagem proposta mostrou-se eficaz na identificação de indícios de fraude e na validação de evidências digitais, contribuindo para maior agilidade, padronização e confiabilidade na etapa preliminar da perícia. A solução apresenta potencial de aplicação em contextos reais, como investigações forenses, auditorias digitais e apoio a processos judiciais.

REFERÊNCIA:

¹ MetaScope. Software de análise forense digital desenvolvido pelos autores. 2026. Disponível em: <https://app.metascopeforense.com/>. Acesso em: abr. 2026.



Inteligência Artificial na Perícia: Apoio Tecnológico ou Risco Metodológico?

Cristiane Viana Barbosa^{a*}, Dineusa Maria do Amaral^b

^a UFF - Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ); ^b Faculdade Sirius, Belo Horizonte, (MG).

*e-mail: cristiane@barbosasobrinho.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: O avanço das inteligências artificiais generativas vem modificando diversas áreas do conhecimento, incluindo as Ciências Forenses. Ferramentas como ChatGPT, Claude, Gemini, NotebookLM e Manus passaram a auxiliar peritos na organização documental, na síntese de informações e no apoio técnico-pericial. Entretanto, persistem discussões sobre a confiabilidade, a rastreabilidade e os riscos metodológicos associados ao uso dessas tecnologias no contexto forense.

Objetivos: Analisar a utilização de ferramentas de inteligência artificial generativa como apoio à atividade pericial, destacando suas potencialidades, limitações e riscos metodológicos no contexto das Ciências Forenses.

Metodologia: O estudo consistiu em uma análise exploratória comparativa de cinco ferramentas de inteligência artificial generativa utilizadas em contextos periciais: ChatGPT, Claude, Gemini, NotebookLM e Manus. Na análise, foram considerados aspectos relacionados à organização documental, à síntese das informações, à rastreabilidade das respostas, à automação e à revisão técnica pelo perito.

Resultados e Discussões: As ferramentas analisadas demonstraram potencial de apoio à atividade pericial, principalmente na organização de informações, na elaboração textual e na pesquisa bibliográfica. Observou-se o aumento no uso dessas tecnologias por profissionais da perícia em atividades relacionadas à síntese documental e ao apoio técnico. Entre as ferramentas avaliadas, o ChatGPT demonstrou maior flexibilidade na organização textual e na síntese de informações. O Claude apresentou melhor desempenho na análise de documentos extensos, enquanto o NotebookLM evidenciou maior controle sobre as fontes utilizadas nas respostas. O Gemini mostrou uma integração multimodal relevante, e o Manus destacou-se principalmente pelas possibilidades de automação operacional. Também foram observadas limitações importantes, como respostas inconsistentes, dificuldades na validação autônoma das

informações e a necessidade de conferência técnica especializada ao longo do processo analítico.

Tabela 1. Aplicações de IA generativa na perícia

Ferramenta	Aplicação
ChatGPT	Organização textual
Claude	Análise documental
Gemini	Integração multimodal
NotebookLM	Respostas baseadas em fontes
Manus	Automação operacional

As ferramentas de IA generativa costumam apresentar respostas inconsistentes ou incorretas, sobretudo em análises periciais que exigem elevado rigor metodológico. Diante disso, verificou-se que a comparação entre respostas produzidas por diferentes ferramentas, associada à revisão do perito e à conferência em fontes documentais confiáveis, pode auxiliar na redução de falhas e inconsistências. Observou-se que a validação cruzada entre diferentes ferramentas de IA generativa pode auxiliar na identificação de inconsistências e na redução de riscos associados à dependência exclusiva de um único modelo computacional.

Conclusão: A inteligência artificial generativa apresenta potencial como ferramenta auxiliar à atividade pericial, contribuindo para a organização documental e para o suporte analítico. Contudo, o uso dessas ferramentas requer revisão crítica permanente do perito, além de procedimentos de validação compatíveis com o rigor exigido na atividade pericial. Assim, a inteligência artificial deve ser compreendida como instrumento auxiliar, sem substituir a conferência e a interpretação técnica do perito, cuja responsabilidade científica não pode ser delegada integralmente a sistemas computacionais.

REFERÊNCIAS:

- ¹ OpenAI. GPT-4 Technical Report. arXiv preprint arXiv:2303.08774, 2023.
- ² URBANO, Adalberto. *A era da verificação em IA: o framework de triangulação para mitigação de vieses e alucinações*. [S.l.: s.n.], 2026.
- ³ CHELFO, Carlos. *Claude na Perícia: guia inicial*. 2026.



DIREITO, JUSTIÇA E ÉTICA NO CONTEXTO FORENSE



Ética e Contraditório: O Papel do Assistente Técnico na Perícia Forense Contemporânea

Andressa Rodrigues Pontes Valdes^{a*}

^a UP – UNIDADE PERICIAL, São Paulo, SP, Brasil.

*e-mail: andressapontes@periciasgrafo.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: No sistema jurídico contemporâneo, o assistente técnico forense¹ não é mero auxiliar da parte, é o garantidor do contraditório técnico e do rigor científico da prova pericial. Sua atuação é regida pelos artigos 465 §1º, 473 do CPC/2015 e 159 §3º do CPP, que estabelecem o direito ao contraditório sobre o laudo do perito oficial². A ética profissional impõe imparcialidade científica, ainda que contratado por uma das partes, visando sempre a integridade da prova.

Objetivos: Analisar a função crítica do assistente técnico sob o prisma do dever ético de buscar a verdade dos fatos pelo rigor científico. O foco é consolidá-lo como auditor imparcial do método, rejeitando a manipulação de dados e assegurando que o convencimento do magistrado se pautar em conclusões fidedignas.

Metodologia: Pesquisa qualitativa e indutiva baseada na análise de laudos, pareceres técnicos e normas processuais, confrontando a prática observada em Documentoscopia e Grafoscopia. A base amostral decorre da experiência profissional acumulada na área entre 2015 e 2026.

Resultados e Discussões: A análise empírica permitiu categorizar três desvios éticos predominantes:

Categoria de desvio	Descrição do comportamento observado	Impacto processual
Viés de Confirmação	Seleção deliberada de elementos que favorecem a tese da parte, ignorando evidências contrárias.	Indução ao erro e fragilização da base científica da prova.
Atuação como "Segundo Advogado"	Substituição da fundamentação técnica por afirmações subjetivas e ataques pessoais ao perito oficial.	Desvio do objeto da perícia e tumulto processual.
Inobservância de Normas Técnicas	Ausência ou uso de metodologias subjetivas.	Impossibilidade de reprodutibilidade e falta de rigor metodológico.

Figura 1. desvios éticos predominantes observados

Em contrapartida, observou-se que a atuação ética do assistente técnico, ao atuar como um fiscal do método científico, força o perito oficial a um maior detalhamento e precisão. O contraditório técnico, quando exercido com integridade, atua como um filtro de qualidade que depura a prova pericial de subjetivismos e erros procedimentais.

Conclusão: O assistente técnico que atua como "defensor da parte" e não como "auditor do método" prejudica o processo judicial. A assistência técnica ética é condição para que o contraditório seja pleno e a decisão judicial seja pautada sobre técnica inquestionável.

REFERÊNCIAS:

- Corpus de análise: Acervo de laudos periciais e pareceres técnicos (2015-2025). Documentação técnica não publicada. São Caetano do Sul - São Paulo, 2026.
- ALBERTO FILHO, Reinaldo Pinto. Da Perícia ao Perito. 6. ed. Rio de Janeiro: Impetus, 2020.
- BRASIL. Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015. Código de Processo Civil. Brasília, DF, 2015.
- ESPÍNDULA, Alberi. Perícia criminal e cível: uma visão geral para peritos e usuários da perícia. 4. ed. Campinas: Millenium, 2025.
- LIMA, T. A. G.; ARCENTALES, G. E. P. Breves notas sobre o assistente técnico pericial no processo penal brasileiro. RFD, Revista da Faculdade de Direito da UERJ, 2018.
- MAIA NETO, Francisco. A prova pericial no processo civil. Belo Horizonte: Delrey, 2005.
- PRETTI, Gleibe. A nomeação do perito. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/0545824567695886>.
- SILVA, José Del Picchia Filho. Tratado de Documentoscopia: da falsidade documental. São Paulo: Pilares, 2016.
- YEE, Zung Che. Manual prático de perícia civil. Curitiba: Juruá, 2008.

1 Profissional especializado em determinada área do conhecimento que é indicado por alguma das partes do processo judicial para auxiliá-lo em questões que demandam conhecimento específico cujos honorários são pagos pela parte contratante dos serviços.

2 Criminal ou judicial



DOCUMENTOSCOPIA



A Lei do Impulso Cerebral e os Fundamentos Neuromotores da Escrita na Perícia Grafoscópica

Rayssa Layla Sandrini Soares^{a*}, Thayssa Seyli Sandrini Soares^a

^a Soares Perícias, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, CEP 09750-001.

*e-mail: contato@soarespericias.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Em *Les lois de l'écriture* (1927)¹, Edmond Solange Pellat propõe, além da distinção entre grafoscopia e grafologia, as quatro leis da escrita. Ao tratar de tais leis, destaca-se a Lei do Impulso Cerebral, que sugere a influência imediata do cérebro sob o gesto gráfico. Assim, é ainda no início do século XX que a ciência grafoscópica começa a entender a influência neuromotora sob o ato de escrita.

Objetivos: Analisar teoricamente os fundamentos da Lei do Impulso Cerebral proposta por Solange Pellat à luz da neurociência contemporânea.

Metodologia: Trata-se essa de uma pesquisa de natureza teórica e bibliográfica, baseada na análise crítica de obras clássicas e contemporâneas da literatura grafoscópica em face ao estudo da neurociência associado a essas. Foram utilizados referenciais teóricos que abordam o gesto gráfico, o sistema motor e neurológico, com abordagem qualitativa e interpretativa dos conceitos.

Resultados e Discussões: O sistema motor humano é formado por diversas partes do cérebro que nos permitem conectar o que pensamos em realizar e o que de fato é realizado. Esse processo é comandado pelo córtex motor, responsável por enviar o impulso nervoso para os músculos que realizarão a ação motora - no entanto, esse impulso nervoso também é influenciado por outras áreas cerebrais, como o cerebelo, responsável por coordenar, ajustar e corrigir os movimentos para que sejam suaves, e os gânglios de base, que permitem que nosso cérebro filtre movimentos desnecessários. O comprometimento de qualquer uma dessas áreas cerebrais pode comprometer parcial ou completamente o funcionamento do sistema motor como um todo – como é o caso de doenças como Parkinson e Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA). O impulso nervoso, transmitido pelo córtex motor e influenciado por outras áreas específicas, é direcionado ao tronco encefálico, que forma o caminho por onde esses impulsos chegam a outros locais do corpo - esse, com ajuda do cerebelo, controla também

reflexos e equilíbrio. A medula espinhal, por sua vez, recebe esse impulso nervoso e “liga” os músculos para que esses, em conjunto ao restante do aparato motor, como ossos e articulações, executem os movimentos. Em vista desse complexo processo neuromotor, Marcelli et al (2014)² propõem que tarefas motoras, como a escrita, são armazenadas no cérebro em dois planos: um plano trajetória, entendido como a “visualização”, e um plano motor, esse sendo o comando muscular - é justamente a existência de dois planos distintos para armazenamento dessas tarefas que reforça a existência da equivalência motora proposta por Pellat (1927). Nesse sentido, é possível afirmar que ainda que a escrita seja uma tarefa motora neuromuscular, há uma hierarquia estabelecida entre o cérebro e o aparato motor, uma vez que é o cérebro o responsável por armazenar tarefas como a escrita. A relevância da premissa do Impulso Cerebral está, justamente, em compreender como o armazenamento da escrita no cérebro permite uma gradual automatização do processo de escrita - já que, com o passar do tempo, ações motoras que, no início, eram realizadas de forma lenta e pouco precisa, vão se tornando, com a prática, movimentos suaves e automáticos. Assim, são formadas as “zonas de estabilidade”², ou seja, regiões da escrita menos suscetíveis a variações significativas, graças à automatização dessa.

Conclusão: São essas zonas de estabilidade que nos permitirão, à frente da análise grafoscópica, estabelecer quais são os elementos discriminadores e a variação natural de um determinado punho. A compreensão detalhada de elementos da neurociência permite, assim, o desenvolvimento de um trabalho pericial assertivo.

Agradecimentos: Agradecemos às participantes do GT Peritos de Sucesso.

REFERÊNCIAS:

¹ PELLAT, E. S. *Les lois de l'écriture*. Paris: Vuibert, 1927.

² MARCELLI, A. et al. *Some observations on handwriting from a motor learning perspective*. Fisciano: University of Salerno, 2014.



Integridade de Documentos PDF: Limitações da Análise Visual na Perícia Digital

Dineusa Maria do Amaral^{a*}, Cristiane Viana Barbosa^b

^a Faculdade Sirius, Belo Horizonte, (MG); ^b UFF - Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ).

*e-mail: dineusaal@uol.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Os documentos em formato PDF tornaram-se amplamente utilizados em ambientes jurídicos, administrativos e financeiros, sendo frequentemente apresentados como prova em procedimentos periciais. Apesar da aparência estática e da percepção de integridade visual, a estrutura interna do PDF permite modificações que podem não ser perceptíveis na visualização convencional do documento. Nesse contexto, alterações realizadas por meio de atualização incremental, manipulação de objetos internos e preservação de dados residuais representam desafios relevantes para a perícia em documentos digitais. Assim, a análise estrutural do arquivo torna-se fundamental para a identificação de modificações invisíveis e a avaliação da integridade documental.

Objetivos: Analisar, sob a perspectiva pericial, modificações invisíveis em documentos PDF, com ênfase em atualizações incrementais, na manipulação de objetos internos e na preservação de dados residuais, demonstrando as limitações da análise visual na verificação da integridade documental.

Metodologia: O estudo foi desenvolvido a partir da criação de um documento PDF original, submetido posteriormente a alterações controladas, o que permitiu a geração de versões modificadas por meio de atualizações incrementais e outras alterações. Após as alterações, os arquivos foram salvos e analisados estruturalmente e, posteriormente, impressos e escaneados para comparação entre os vestígios digitais preservados e os perdidos após o processo de digitalização. Ao todo, seis documentos foram avaliados utilizando as ferramentas Peritux, PDFgear e O10 Editor, com análise de metadados, da estrutura interna, dos objetos do arquivo e da presença de dados residuais.

Resultados e Discussões: Os resultados demonstraram que documentos PDF visualmente semelhantes podem apresentar estruturas internas significativamente distintas. Alterações realizadas por meio de atualização incremental preservaram versões anteriores no arquivo, enquanto os objetos substituídos permaneceram armazenados, mesmo sem referência visível na interface gráfica. A extração de componentes com ferramentas periciais evidenciou diferenças estruturais entre documentos integralmente escaneados e arquivos com inserções digitais, permitindo identificar elementos adicionados separadamente da

composição original. Observou-se que a análise visual isolada e a verificação baseada apenas em hash podem ser insuficientes para a avaliação da integridade documental, o que reforça a necessidade de uma análise estrutural aprofundada na perícia de documentos digitais.



Conclusão: A integridade dos documentos PDF não pode ser presumida apenas pela aparência visual ou por métodos de validação superficiais. Os resultados demonstraram que documentos aparentemente íntegros podem conter alterações estruturais não perceptíveis na visualização convencional. Dessa forma, a perícia em documentos digitais exige análise estrutural aprofundada, capaz de identificar modificações invisíveis e de preservar maior confiabilidade na avaliação da prova digital.

REFERÊNCIAS:

- Chung H, Park J, Lee S, Kang C. Digital forensic approaches for PDF files. arXiv preprint arXiv:2003.10546, 2020.
- Zeng H, Liu Y, Wang X. Forensic analysis of incremental updates in PDF files. Proceedings of SPIE, 2022.
- ISO 32000-1. Document management — Portable document format — PDF 1.7.
- Lorens E. Documentos Digitais I – Unidade III: O arquivo PDF. Study Prime, 2024.



Pseudociência e Imperícia na Função de Assistente Técnico: Relato de Caso com Desfecho Judicial

Isadora Pimenta de Araujo^{a*}

^a Perita em Documentoscopia – Brasília, DF, Brasil.

*e-mail: peritaisadorapimenta@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A atuação do assistente técnico é prevista pelo CPC/2015¹ e, embora não lhe imponha dever de imparcialidade (art. 466, §1º), não o autoriza a se afastar do rigor técnico-científico e do compromisso com a verdade. Em áreas como a documentoscopia – ainda desprovida de regulamentação específica para atuação – a criticidade da metodologia usada em pareceres técnicos torna-se especialmente relevante. Nesse contexto, a pseudociência, i.e., a prática que se apresenta como científica sem observar os critérios do método científico, representa risco à confiabilidade da prova pericial². O presente trabalho relata caso em que dois pareceres produzidos por assistente técnico foram submetidos a exame metodológico que, posteriormente, foi utilizado como fundamento em Ação Indenizatória por Danos Morais perante o TJDF, com desfecho favorável aos prejudicados.

Objetivos: Demonstrar, por meio de relato de caso, a relevância da metodologia em trabalhos periciais, bem como as consequências jurídicas decorrentes do emprego de técnicas sem respaldo científico na atuação como assistente técnico.

Metodologia: Realizou-se exame metodológico de dois pareceres técnicos elaborados por assistente técnico nos autos de Ação de Interdito Proibitório em trâmite no TJDF. O exame foi estruturado em cinco etapas: (1) verificação da habilitação do perito; (2) análise das referências utilizadas; (3) revisão metodológica; (4) análise crítica das informações apresentadas; e (5) avaliação das conclusões. Foram empregados os critérios Daubert³ e realizada reprodução controlada das técnicas utilizadas nos pareceres questionados. Para elaboração deste resumo, utilizou-se o modelo de linguagem Claude Sonnet 4 (Anthropic)⁴ como ferramenta auxiliar de revisão redacional.

Resultados e Discussões: A análise identificou múltiplas inconsistências metodológicas, dentre elas: ausência de comprovação de habilitação específica do perito; referências incompletas e desatualizadas; inexistência de seção metodológica; utilização de quantidade insuficiente de amostras-padrão⁵; além de inconsistência no emprego de *scanner* e microscópio para análise de arquivos fotográficos digitais. Também foi identificada adoção de técnica sem reconhecimento científico: fotografar a

tela de dispositivo eletrônico para evidenciar manchas escuras interpretadas equivocadamente como indícios de manipulação documental. A reprodução controlada demonstrou que tais manchas decorrem de *aliasing effect* (fenômeno amplamente descrito na literatura de processamento digital de imagens⁶), sendo reproduzível em qualquer imagem exibida em tela e não associado à adulteração. Observou-se, portanto, irreplicabilidade científica da técnica empregada. O incidente de falsidade documental correlato foi julgado improcedente, tendo a Perita Judicial concluído pela autenticidade dos documentos examinados nas versões nativas. Posteriormente, na Ação Indenizatória, o magistrado condenou o assistente técnico ao pagamento de R\$ 5.000,00 a cada autor, consignando que a ausência de regulamentação profissional não afasta a responsabilidade técnica, ética e jurídica do examinador.

Conclusão: A parcialidade inerente à função de assistente técnico não autoriza o emprego de técnicas sem validação científica nem conclusões incompatíveis com os limites metodológicos da análise pericial. O exame metodológico mostrou-se ferramenta essencial para controle de qualidade da prova técnica, especialmente em áreas vulneráveis à adoção de práticas pseudocientíficas. Outrossim, o desfecho judicial do caso evidencia que imperícia e pseudociência podem gerar responsabilização civil, além de reforçar a necessidade de: critérios mínimos de habilitação; regulamentação da profissão; e padronização metodológica para atuação pericial em documentoscopia no Brasil.

REFERÊNCIAS:

- ¹ BRASIL. Código de Processo Civil. Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015. Brasília: Senado Federal, 2015.
- ² BIRD C; JONES K; BALLANTYNE K. *An Introduction to the Modular Forensic Handwriting Method*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science, 2024.
- ³ DAUBERT v. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc. 509 U.S. 579. Supreme Court of the United States, 1993.
- ⁴ Anthropic Claude Sonnet 4 [modelo de linguagem de grande escala]. San Francisco: Anthropic, 2025.
- ⁵ VALDES A R P et al. Manual de Boas Práticas nos Exames Grafoscópicos. Sociedade Brasileira de Ciências Forenses, 2023.
- ⁶ CROW F. *The aliasing problem in computer-generated shaded images*. Communications of the ACM, v. 20, p. 799–805, 1977.



ENSINO EM CIÊNCIAS FORENSES



Alerta Neural: Development and Validation of an Interdisciplinary Educational Tool on Psychoactive Substances and Neuroscience

Júlia Gurgel Bernardo^b, Janaína de Paula e Silva^a, Clésia Cristina Nascentes^a, Natália Regina de Souza Araujo^a, Wladimir Teodoro da Silva^a, Rita de Cássia de Oliveira Sebastião^a, Enzo Mendes Leão^a, Juliana Alves dos Santos Oliveira⁷

^a Departamento de Química da UFMG, Belo Horizonte, MG, 31270-901; ^b Faculdade de Medicina da UFMG, Belo Horizonte, MG, 30130-100.
*e-mail: juliagbufmg@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: The approach to psychoactive substances in basic education is a complex challenge that requires educational strategies capable of integrating chemical, biological, and social knowledge. The consumption of drugs and psychoactive substances among young people is a public health concern that demands preventive interventions based on scientific literacy rather than stigma. Understanding the mechanisms by which these substances interact with the central nervous system, their molecular structures, and their physiological effects is essential for developing critical thinking and informed decision-making. In this context, gamification emerges as a promising method to popularize neuroscience and chemistry, facilitating the discussion of risks, dependency, and the health complications associated with drug use.

Aims: To develop and perform a preliminary validation of “Alerta Neural”, a card game designed to popularize knowledge about psychoactive substances, brain function, and health among students.

Methods: The educational resource was developed through the “1000 Futuros Cientistas” Program. The game’s dynamics involve associating categories of psychoactive substances (stimulants, depressants, and hallucinogens) with their immediate and long-term effects, risks, and the specific brain regions involved. The prototype consists of colored cards and a human brain representation board. Preliminary validation was conducted with volunteers to assess rules clarity, visual adequacy, language, and the need for teacher mediation.

Results and Discussion: The prototype allowed for the discussion of chemistry concepts such as functional groups, molecular structure, and physicochemical properties related to physiological effects. Participants were encouraged to justify their associations, fostering scientific argumentation about how different compounds produce distinct effects on the organism. Validation indicated high didactic potential for interdisciplinary practices in chemistry and health education. However, it also highlighted the need for adjustments in the game’s language and teacher guidance. These findings are currently informing the development of version 2.0, which aims for a clearer explanation of chemical concepts and better alignment with the school context.

Conclusion: Partial results indicate that “Alerta Neural” is an effective interdisciplinary tool for chemistry teaching and health outreach. By providing a grounded understanding of the effects of psychoactive substances, the game promotes a less stigmatized approach and contributes to the development of critical thinking regarding health and science.

Acknowledgements: To the 1000 Futuros Cientistas Program, DQ-UFMG, INCT-Substâncias Psicoativas, Rede Mineira de Ciências Forenses, CNPq, FAPEMIG, and PROEX/UFMG.

REFERENCE:

¹ Bruni AT, Velho JA, LEITE VBP. Journal of Forensic and Legal Medicine, v. 26, p. 29-38, 2014.



Crime Scene Simulation with Augmented Reality: Development of Immersive Environments for Forensic Training

Ester Lima Silva^{a*}, Aline Thaís Bruni^a, Jesus Antônio Velho^a

^a Departamento de Química, FFCLRP-USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil, 14040-901.

*e-mail: esterlsilva@usp.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Collecting microtraces at crime scenes is essential for forensic accuracy due to small samples, contamination risks, and strict protocols¹. The pre-analytical phase introduces uncertainty affecting analysis, traceability, and chain-of-custody, highlighting the need for methodological standardization². Traditional simulations face issues with reproducibility, standardization, cost, and waste, whereas simulated scenes enhance teaching³. Using Augmented Reality (AR) offers controlled simulations with virtual overlays to transform crime scene investigation⁴.

Aims: This study assesses the feasibility of AR for crime-scene simulation, specifically focusing on the standardization of trace-evidence handling.

Methods: A systematic literature review was conducted to map current practices in forensic training and immersive technologies⁵. Searches were performed in Web of Science, Google Scholar, SciELO, and ScienceDirect (2015-2025) using keywords like "Forensic Training" and "Augmented Reality". According to the PRISMA protocol, 944 records were screened. An AR simulation environment was implemented using the Meta Quest 2 platform.

Results and Discussion: The initial database queries yielded 944 records. After removing duplicates and performing a preliminary screening of titles and abstracts, potentially relevant articles were selected for full-text evaluation. Following the application of strict inclusion and exclusion criteria, 38 studies met all eligibility requirements and were integrated into the final qualitative analysis. The implementation phase demonstrated that the AR platform provides stable, high-fidelity visualization of virtual evidence

superimposed onto physical environments. Furthermore, usability testing indicated satisfactory performance, suggesting that virtual overlays can effectively replicate complex forensic scenarios while eliminating material waste and ongoing setup costs.

Conclusion: AR represents a promising complementary tool for crime-scene training. It enhances the reliability of trace-evidence handling and contributes to reducing uncertainty in forensic pre-analytical procedures.

Acknowledgements: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, INCT-SP: 406958/2022-0), Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES, Financial Code 001), and Unified Scholarship Program (PUB-USP).

REFERENCES:

- ¹ Britto H, Caldas A de F. Cognição na cena de crime: reconhecendo vestígios de potencial interesse para investigações policiais. Revista Brasileira de Criminalística. 2024.
- ² Committee on Identifying the Needs of the Forensic Sciences Community (NRC). Strengthening forensic science in the United States: a path forward. National Academies Press; 2009.
- ³ Albeedan M, Kolivand H, Ho ESL. A Review of Crime Scene Investigations Through Augmented Reality. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences. 2022.
- ⁴ Chango X, Flor-Unda O, Bustos-Estrella A, et al. Extended Reality Technologies: Transforming the Future of Crime Scene Investigation. Technologies. 2025.
- ⁵ Bracewell TE, Jones C. The use of simulated crime scenes in teaching undergraduate forensic sciences: Implementing an active learning approach to forensics. Science and Justice. 2022.



CRISPR-CAS9 in School: An Educational Proposal Using an Inquiry-Based Learning Kit

Maria de Lourdes Macena Antunes^a, Jeferson Ayrton do Carmo Silva^a, José Mariano da Silva Neto^a, Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo^a, Francisco Gerliano de Oliveira Souza^a, Shirlene Kelly Santos Carmo^{a*}

^a Federal Rural University of the Semi-arid Region, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brazil, 59900-000.

*e-mail: shirlene@ufersa.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introduction: The lack of contextualization in science education, especially in biotechnology, remains a challenge in Brazil. This is particularly apparent in public schools, where the absence of laboratories hinders students' understanding and engagement. In this context, CRISPR/Cas technology (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/associated protein) stands out as a gene-editing tool based on a bacterial mechanism.¹ The Cas9 enzyme, guided by RNA, cuts DNA, enabling gene modification. Due to its applicability, strong potential for future societal impact, and the ethical issues surrounding genetic editing, this tool has gained traction in the educational context as a promising teaching resource. It contributes to the understanding of complex genetic concepts and promotes greater student interest and engagement. This is also driven by the growing scientific and public interest in this technology.²

Objectives: Development of a CRISPR-Cas9-based didactic resource to promote meaningful, interdisciplinary learning and critical understanding of scientific and technological advances.

Methodology: This study is characterized as qualitative and exploratory research, in which a kit (Figure 1) was developed to address genetic editing concepts in an interactive way through a case study that simulated a crime and involved analysis of DNA from three suspects.

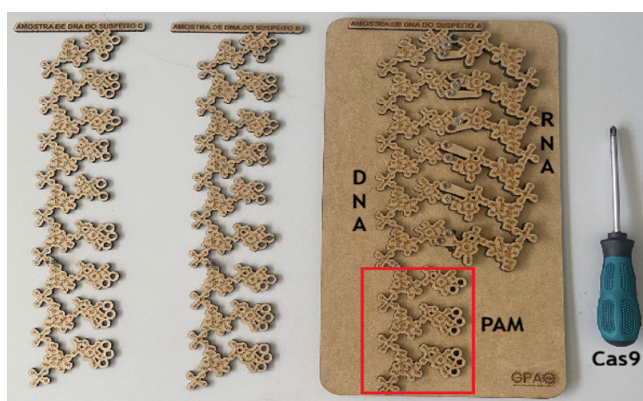


Figure 1. Didactic Kit – Investigative Board

A guide RNA (gRNA) complementary to the target DNA was designed to direct the system to a region near the PAM sequence, essential for its function.³ Cas9 activity is represented by a physical separation of the DNA, occurring only with correct complementarity and the presence of the PAM (AGG). Based on Problem-Based Learning (PBL), the tool was designed using CorelDRAW and produced in MDF by laser cutting, aimed at addressing topics in the Natural Sciences.

Results and Discussion: The manipulation of the proposed kit demonstrated that recognition of the DNA sequence by the guide RNA and the presence of the PAM region are determining factors for the simulated cleavage, which occurred only in suspect A's profile. These results indicate that the model adequately represents the functioning of the CRISPR-Cas9 system. The Investigative Board is an interdisciplinary proposal that integrates Biology (genetics) and Chemistry (hydrogen bonds), promoting contextualized learning. It is based on active learning, especially PBL, fostering investigation, evidence analysis, and decision-making. It is aligned with the Brazilian National Common Core Curriculum (BNCC) and connects with Sociology and Ethics by encouraging reflections on the social impacts and ethical implications of science, as well as with Information Technology/Computing in the production of educational materials. The cost is extremely low (~R\$25.00 per unit), which makes its adoption feasible even in public schools.

Conclusion: Thus, the proposal shows potential to make teaching more accessible, interactive, and contextualized. The incorporation of an investigative case increases student engagement and promotes critical thinking, contributing to more meaningful learning, especially in contexts with limited laboratory resources.

Acknowledgements: The authors thank UFERSA for its institutional support and Edital PROPPG No. 34/2025 for funding this work.

REFERENCES:

- Pinheiro JNL, Cerqueira GR. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências e Educação, v. 11, n. 10, p. 4957–4973, 2025.
- Dahlberg L, Groat Carmona AM. The CRISPR Journal, v.1, n.2, p. 107-111, 2018.
- Gleditsch D, Pausch P, Müller-Esparza H, Özcan A, Guo X, Bange G, Randau L. RNA Biol. v.16, n.4, p. 504-517, 2019.



Da Centralização à Excelência: A Diretoria de Ensino de Perícia da Academia Estadual de Segurança Pública do Ceará (AESP/CE) como Modelo e Transformação do Ensino em Ciências Forenses no Brasil

Túlio Ítalo da Silva Oliveira^{a,b*}, Juscelita Alves Rodrigues^{a,b}, Leonardo Oliveira Feitosa^{a,b}, Antônio Wladimir Bezerra Sombra^a, Renato Leite de Figueiredo^a, Rivelino Misac Martins de Oliveira^a, Júlio Cesar Nogueira Torres^b, Jamille dos Santos Moura^a, Ciro de Assis Lacerda^a, Leonardo D'Almeida Couto Barreto^a

^a Academia Estadual de Segurança Pública do Ceará (AESP/CE), Fortaleza, Ceará, BRASIL, CEP 60761-190; ^b Perícia Forense do Estado do Ceará (Pefoce), Fortaleza, Ceará, BRASIL, CEP 60.010-000.

*e-mail: tulio.oliveira@pefoce.ce.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A Academia Estadual de Segurança Pública do Ceará (AESP/CE), vinculada à SSPDS/CE, é responsável pela formação dos profissionais da segurança pública estadual, atuando em integração à Perícia Forense do Estado do Ceará (Pefoce). Em 2025, pelo Decreto Estadual nº 36.490/2025, foi criada a Diretoria de Ensino de Perícia (DEP), substituindo a Célula de Ensino Civil Integrado (CECI) e conferindo autonomia ao ensino pericial na AESP/CE¹. A DEP passou a coordenar as ações educacionais de formação dos servidores da Pefoce, fortalecendo o ensino em ciências forenses² no Ceará.

Objetivos: Analisar os impactos da criação da DEP acerca da qualificação técnico-científica dos servidores da Pefoce.

Metodologia: Trata-se de um estudo descritivo-documental, desenvolvido por meio da análise de documentos institucionais da AESP/CE, incluindo o Plano Anual de Capacitação (PAC-2025), relatórios de gestão e atos administrativos. O recorte temporal 2023–2025 foi pelo início da atual gestão. Os indicadores avaliados abrangeram: cumprimento do PAC, número de turmas, concluintes por modalidade e taxa de aprovação.

Resultados e Discussões: A execução do PAC evoluiu de 25% (2024) para 93,10% em 2025, com a DEP em 2º lugar entre as vinculadas em atuação na AESP/CE (Tabela 1):

Tabela 1. Execução dos Cursos do PAC – AESP/CE, 2023-2025.

Ano	Aprovados	Executados	% Execução
2023	48	18	37,50
2024	44	11	25,00
2025	58	54	93,10

Fonte: AESP/CE (2025).

Foram executados 54 cursos em 69 turmas (Figura 01), onde o Curso de Ações Operacionais Urbanas destacou-se com 9 turmas, com participação de servidores da capital e dos Núcleos Regionais. A concessão de diárias para servidores do interior revelou-se indicador de motivação no acesso à capacitação. Foram 871

certificações em 2025 distribuídas em: Formação Continuada (604; 69,3%), Ascensão Funcional (197; 22,6%; aprovação de 98,5%) e Formação Inicial (70; 8,0%). Marco histórico foi a Formação Inicial de 70 novos servidores, experiência inédita para a DEP. A interiorização consolidou-se com o curso “Isolamento e Preservação de Local de Crime”, em Itapipoca (CE), formando 50 profissionais da Polícia Militar (PMCE), Polícia Civil (PC-CE) e do Corpo de Bombeiros Militar (CBMCE).



Figura 1. Registros das ações formativas da DEP/Pefoce (2025)

Conclusão: O lema da AESP/CE — excelência na formação — materializou-se com a DEP, que geriu pela primeira vez os três tipos de formação com exclusividade. Os indicadores de 2025 comprovam que investir em educação pericial especializada¹ fortalece a qualidade da prova e a credibilidade do sistema de justiça criminal. A experiência constitui modelo replicável para o ensino em ciências forenses² no Brasil.

Agradecimentos: À AESP/CE, à Pefoce e aos servidores docentes.

REFERÊNCIAS:

- 1 SENASP. *Matrizes Curriculares Nacionais para Profissionais de Segurança Pública*. 3. ed. Brasília: MJ/SENASP; 2014.
- 2 Velho, Jesus Antonio; Geiser, Gustavo Caminoto; Espindula, Alberi. *Ciências Forenses: uma introdução às principais áreas da criminalística moderna*. 4. ed. Campinas: Millennium, 2021.



Espectrofotometria na Região do UV-VIS e Métodos Estatísticos como Recurso Didático para Avaliação de Vinhos

Caio H. P. Rodrigues^{a*}, Ana F. G. Trindade^a, Luísa A. Tannure^b, Fernando B. Costa^a

^a Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 14040-903; ^b Vinícola Terras Altas, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 14110-000.

*e-mail: caio.pinke.rodrigues@usp.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A tradição de produção de vinhos foi ligada ao velho continente por séculos, chegando no séc. XX ao Novo Mundo (Oceania, África do Sul e Américas). No entanto, um manejo desenvolvido por pesquisadores brasileiros possibilitou a produção de vinhos chamados de inverno ou de dupla poda no clima tropical do Brasil¹. Esses vinhos possuem um alto valor agregado e podem ser alvo de adulterações. Essa prática é tipificada no §1º do Artigo 272 do Código Penal. Utilizando esse plano de fundo, a aplicação de técnicas espectrofotométricas pode ser utilizada como ferramenta para o ensino de ciência forense a alunos de nível técnico e superior.

Objetivos: Esse trabalho visa demonstrar a aplicação da espectrofotometria na região do ultravioleta-visível (UV-vis) em amostras de vinhos de inverno autênticos e adulterados com vinhos de verão (tradicionais) para alunos de ensino superior, como ferramenta de contextualizada da ciência forense.

Metodologia: As amostras consistiram em três vinhos de inverno produzidos com uvas *Vitis vinifera* da casta 'Syrah' em vinícola localizada na região de Espírito Santo do Pinhal (SP). De maneira mais específica, um vinho era de tanque de inox, produção tradicional e 100% 'Syrah'; outro seguia iguais condições, mas passou por uma etapa de maceração carbônica; e o último era uma mistura (3:2) de uvas 'Syrah' e 'Cabernet Sauvignon'. O procedimento consistiu em análises diretas das amostras, em triplicata, de diluições pré-estabelecidas (v/v) com vinho comercial tradicional e com uma mistura de água e etanol (100%; 80%; 60%; 40% e 20% dos vinhos de inverno). O primeiro caso não configura adulteração (caso seja informado ao consumidor), mas o segundo configura. As análises foram realizadas em um espectrofotômetro em comprimentos de onda fixos. Os dados obtidos de absorbância foram analisados utilizando análise descritiva (Microsoft Excel) e a dimensionalidade foi reduzida aplicando análise de componentes principais (SIMCA).

Resultados e Discussões: A ciência forense é versátil em suas aplicações, não se restringindo as análises em um corpo (como muitos alunos esperam). As análises em alimentos e bebidas são possibilidades para contextualizar essas possibilidades. Assim, o uso de espectrofotometria UV-Vis pode ser aplicado utilizando esse plano de fundo. As amostras de vinhos tintos possuem compostos fenólicos e antocianinas que conferem cor à bebida. Os comprimentos de onda específicos utilizados foram 280 nm (total de fenóis), 420 nm (amarelos/castanhos - oxidação), 520 nm (vermelhos/antocianinas) e 620 nm (azuis/antocianinas ionizadas). Entre as replicatas, nas diferentes diluições, observou-se pequena variação estatística. As adulterações apresentaram um perfil diferente, indicando a possibilidade de uso da técnica analítica e estatística. Conforme o esperado, ao realizar as diluições (simulações de adulterações) as diferenças nas respostas se tornaram mais notáveis. Ao realizar a análise de componentes principais, observou-se o agrupamento das amostras. Essa variação possibilita aos discentes a discussão sobre a aplicabilidade da técnica analítica, o uso estatístico adequado e o contexto forense associado a vinhos de alto valor agregado.

Conclusão: O uso de espectrofotometria UV-vis é um recurso utilizado por diferentes cursos de nível técnico e superior há anos. No entanto, demonstramos que ainda há possibilidades didáticas no uso dessa técnica em um contexto forense. Além disso, o preparo das amostras foi mínimo, a técnica não é onerosa frente a outras abordagens analíticas e ainda assim hábil em fornecer respostas assertivas.

Agradecimentos: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa (proc. nº 25/15034-5) e vinícolas Amana e Terras Altas pelo suporte.

REFERÊNCIA:

¹ Mota, R. V. da., Silva, C. P. C., Favero, A. C., Purgatto, E., Shiga, T. M., & Regina, M. de A. Revista Brasileira De Fruticultura, v.32, p.1127-1137, 2010.



Experimento Didático de Química Forense para Discriminação de Aminas Utilizando Testes Colorimétricos

Letícia Pasquenelli Senna Gonçalves Corrêa^{a*}, Rafael Mafrá de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Rodrigo Fernando Bianchi^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Elidia Maria Guerra^a

^a Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del Rei – Campus Alto Paraopeba, Ouro Branco, MG, Brazil.

*e-mail: leticiapasquenelli@aluno.ufsj.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A química forense tem se consolidado como uma abordagem eficaz para contextualizar o ensino de química, promovendo maior engajamento dos estudantes por meio de aplicações reais. Nesse contexto, a identificação de aminas é particularmente relevante, uma vez que esses compostos estão presentes em diversas substâncias de interesse forense, incluindo drogas ilícitas e seus adulterantes. Estratégias didáticas baseadas em experimentação e aprendizagem ativa têm sido amplamente recomendadas para o ensino de química, favorecendo o desenvolvimento de habilidades analíticas e pensamento crítico^{1,2}. Assim, experimentos que integram conceitos de química analítica, coordenação e contexto forense representam ferramentas promissoras no ensino superior.

Objetivos: Desenvolver e avaliar um experimento didático baseado em testes colorimétricos para a identificação de diferentes classes de aminas, integrando conceitos de química analítica, coordenação e química forense.

Metodologia: O experimento foi estruturado para alunos de graduação, utilizando os reagentes tetratiocianatocobaltato(II) de potássio ($K_2[Co(SCN)_4]$) e tiocianato de ferro(III) ($Fe(SCN)_3$) como sondas químicas. Amostras desconhecidas contendo etilamina, difenilamina e trietilamina foram analisadas por meio de observações visuais de mudanças de cor e formação de precipitados em diferentes intervalos de tempo. Um fluxograma de decisão foi utilizado para auxiliar na identificação das aminas.

Resultados e Discussões: O experimento proporcionou respostas visuais claras e reprodutíveis, permitindo aos estudantes distinguir entre aminas primárias, secundárias aromáticas e terciárias. A atividade favoreceu o desenvolvimento de habilidades de observação, raciocínio dedutivo e interpretação de dados experimentais. Amostras desconhecidas (etilamina, difenilamina e trietilamina) foram analisadas com $K_2[Co(SCN)_4]$ e $Fe(SCN)_3$, com leituras aos 15 e 30 min. O fluxograma (Figura 1) sistematiza os critérios de discriminação: para o Reagente A ($K_2[Co(SCN)_4]$), a trietilamina desenvolve imediatamente uma coloração verde; aos 15 minutos, ocorre transição de cor, onde a etilamina apresenta tom azul-esverdeado e a difenilamina azul-turquesa. Para o Reagente B ($Fe(SCN)_3$), até 30 minutos, ocorre a formação de precipitado marrom identificando etilamina e trietilamina, enquanto a ausência de precipitado (solução marrom límpida) confirma a presença da difenilamina.

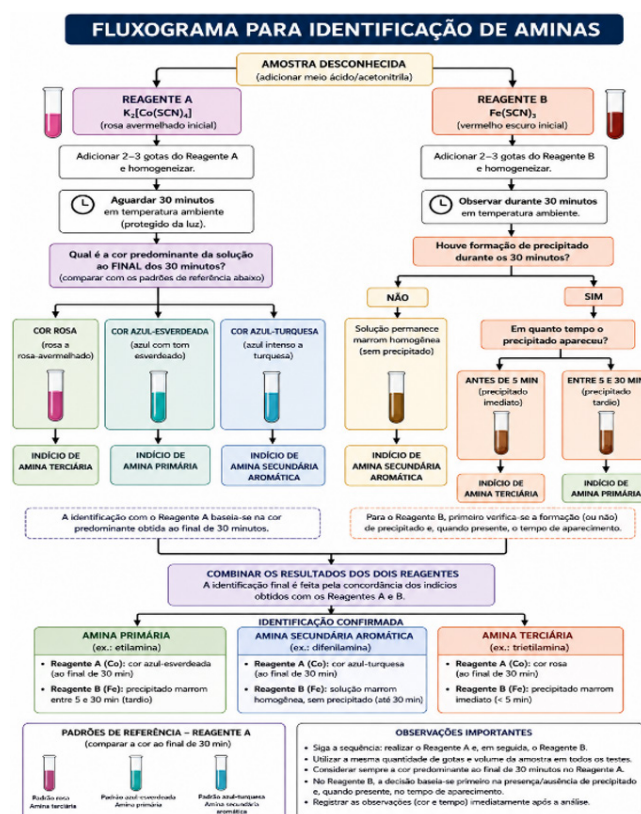


Figura 1. Fluxograma utilizado para a identificação de aminas com base nas respostas colorimétricas obtidas com os complexos $K_2[Co(SCN)_4]$ e $Fe(SCN)_3$.

Conclusão: A proposta experimental demonstrou alto potencial pedagógico, sendo uma ferramenta eficaz para o ensino de química forense e analítica. O experimento promove aprendizagem ativa e interdisciplinar, além de estimular o pensamento crítico sobre limitações de testes presuntivos e necessidade de análises confirmatórias.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- American Chemical Society. ACS Guidelines for Bachelor's Degree Programs in Chemistry, 2015.
- National Research Council. *Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering*, 2012



Investigação de Laboratórios Clandestinos de Drogas Sintéticas: Do Local do Crime ao Laboratório. Uma Capacitação Multidisciplinar

Luan Alves Lopes Carneiro^{a*}, Matheus Alves Ângelos^a, Gisele Chibinski Parabocz^a, Suellen Pericolo^a

^a Polícia Científica de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 88065-000.

*e-mail: luan.carneiro@policiacientifica.sc.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Dados das Nações Unidas mostram que no ano de 2021, um total de 8.600 laboratórios de drogas clandestinas foram identificados e reportados ao redor do mundo¹. O cenário global e nacional do tráfico de entorpecentes apresenta uma evolução de sua complexidade em termos de equipamentos e logística, e as novas substâncias psicoativas (NSP) tornam esse cenário ainda mais desafiador, devido à ausência de padrões de referência e bibliotecas analíticas que se tornam facilmente desatualizadas, dificultando a identificação dessas substâncias e sua consequente inclusão na lista de substâncias proscritas da Portaria ANVISA nº 344/1998. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de curso teórico prático sobre o tema, com abordagem multiagências.

Objetivos: Capacitar servidores da perícia oficial e das demais forças do Sistema Único de Segurança Pública para a investigação e processamento de vestígios de interesse criminalístico relacionados ao desvio de produtos químicos e produção de drogas ilícitas em laboratórios clandestinos.

Metodologia: O projeto inicial envolveu um curso de capacitação com aulas teóricas e práticas, com carga horária de 16 horas/aula, distribuídas em dois dias. O público-alvo foi composto por peritos, agentes de polícia científica, policiais civis e federais, com vagas oferecidas nacionalmente. A metodologia de ensino compreende aulas expositivas e dialogadas, com estudos de casos sobre o tema, seguido de debates multidisciplinares. O conteúdo programático foi dividido em módulos teóricos e práticos, abrangendo a investigação de desvios de produtos químicos, procedimentos de fixação e coleta de vestígios, cadeia de custódia, perfil químico de drogas sintéticas e o uso de inteligência pericial, com a apresentação do programa de rastreio de drogas sintéticas da Polícia Científica de Santa Catarina (PROSINT). Foram utilizadas tecnologias embarcadas para identificação de substâncias *in loco*, tais como RAMAN e Infravermelho (IV) portáteis, além do Scanner 3D para fixação dos vestígios e materialização da cena para posteridade.

Resultados e Discussões: Após a realização de um nivelamento técnico para atuar com segurança em locais de produção de drogas clandestinas, na aula prática, reproduziu-se 2 locais de crime, os quais os alunos deveriam periciar. Nessas circunstâncias,

foi possível conhecer tecnologias embarcadas, tais como RAMAN e IV portáteis, que ajudam a identificar substâncias químicas ainda no local de crime. O Scanner 3D também foi utilizado para fixar os vestígios na cena, permitindo outras navegações pelo local, após a realização do exame pericial. Não obstante, também foi explorando o potencial estratégico dos dados e perfis químicos das perícias realizadas, transformando as evidências coletadas em ferramentas de inteligência para o combate ao tráfico. O curso alcançou 68 participantes presenciais, 124 participantes *on-line*, de 21 estados diferentes.

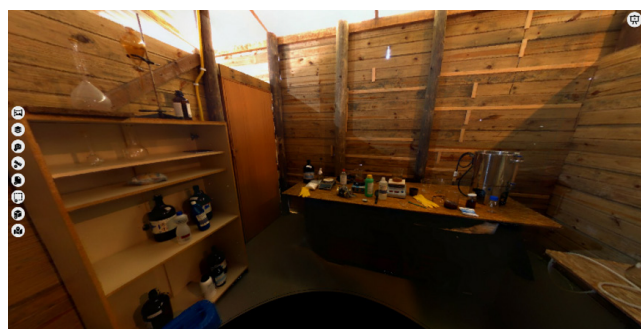


Figura 01. Captura Scanner 3D cena de crime – Fixação de vestígios.

Conclusão: Ao promover o treinamento especializado no processamento pericial de laboratórios clandestinos de drogas sintéticas, o projeto contribuiu para a segurança institucional e para a eficiência na repressão à produção de drogas ilícitas, respondendo de forma técnica aos desafios impostos pela sofisticação do crime organizado. Observou-se que este é um campo que carece de treinamentos no âmbito nacional e despertou grande interesse de participação por parte dos peritos, demonstrando a necessidade de realização de novas edições.

REFERÊNCIA:

¹ UNODC – UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME. *Guidelines for the dismantling of clandestine laboratories*. Vienna: United Nations, 2024.



The Use of Crispr in Educational Contexts: A Systematic Literature Review (2012–2025)

Jeferson Ayrton do Carmo Silva^a, Maria de Lourdes Macena Antunes^a, José Mariano da Silva Neto^a, Shirlene Kelly Santos Carmo^{a*}

^a Federal University of the Semi-Arid Region, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, BRAZIL, 59900-000.

*e-mail: shirlene@ufersa.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: In recent decades, biotechnology has advanced based on molecular genetics, expanding the possibilities for intervention in living organisms.¹ However, the teaching of this field still faces challenges, often remaining theoretical and decontextualized, which hinders students' understanding and engagement. In this context, the introduction of CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), a precise gene-editing tool capable of modifying specific DNA sequences,² has been explored in education as a strategy to promote the understanding of genetic concepts, interdisciplinarity, and scientific literacy.^{3,4,5}

Aims: To identify the contributions and challenges of introducing the CRISPR technique in the educational context.

Methods: This study consists of a qualitative literature review on the use of methodologies associated with CRISPR technology in education. The works were identified in academic databases such as Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar, covering the period from 2012, the year the technique was developed, to 2025.

Results and Discussion: The results indicate a growing interest in the application of CRISPR technology in educational contexts, with a notable increase in publications from 2021 onward, possibly driven by the awarding of the 2020 Nobel Prize in Chemistry. The data analysis revealed that most studies originate from countries such as the United Kingdom and the United States, which have high investments in science and biotechnology. This distribution reinforces the commitment of these nations to advancing biotechnology education and promoting ethical and accessible technological training. Among recent studies, Pieczynski et al. developed a CRISPR-Cas9 laboratory module for gene editing in *E. coli* using the green fluorescent protein (GFP); this study fostered critical thinking and promoted greater student engagement in the learning process. Kundlatsch et al.⁷ proposed the LeDNA educational kit, based on a "cut-and-build" approach, which

resulted in significant improvements in student performance and the democratization of gene editing education. In turn, Collins et al.³ presented the Frugal CRISPR Kit, a low-cost system (~\$2) that employs cell-free solutions and smartphones, expanding access to biotechnology education in various social contexts. Tonsager and Stargell⁸ developed a course-based undergraduate research experience (CURE) using CRISPR, in which students participate from reagent preparation to mutation analysis, enhancing hands-on learning and fostering autonomy in problem-solving. Finally, McDonnell et al.⁴ introduced a home-based CRISPR kit (at-home), which allows gene-editing experiments in *Saccharomyces cerevisiae* to be performed at home, enabling practical remote learning.

Conclusion: The literature on the use of CRISPR in education highlights various approaches, such as hands-on activities, teaching modules, experimentation, online courses, and low-cost kits. These strategies promote active learning, interdisciplinarity, and ethical reflection, contributing to the democratization of biotechnology education and bringing teaching closer to scientific research.

REFERENCES:

- ¹ Cavalcante S. Medicina S/A, 20 fev. 2025. Disponível em: <https://medicinasa.com.br/avanco-biotecnologia/>. Acesso em: 24 jan. 2025.
- ² Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E. Science, v. 337, p.816-821, 2012.
- ³ Collins M, Lau MB, Ma W. et al. Nat Commun, v. 15, 2024.
- ⁴ McDonnell L, Moore A, Micou M, Day C, Grossman E, Meaders C J. Microbiol Biol Educ. v. 23f:e00321-21, 2022. Biochemistry and Molecular Biology Education, v. 53, n. 1, p. 33-45, 2025.
- ⁵ Dahlberg, L, Groat Carmona, AM. The CRISPR Journal, v. 1, n. 2, p. 107–114, 2018.
- ⁶ Pieczynski JN, Deets A, McDuffee A, Kee HL. Biochemistry and Molecular Biology Education, v. 47, n. 2, p. 145–155, 2019.
- ⁷ Kundlatsch GE, Rodrigues ASL, Zocca VFB et al. Nat Biotechnol, v. 43, p. 1730–1735, 2025.
- ⁸ Tonsager AJ, Stargell LA. Biochem Mol Biol Educ. v.53, n.1, p.33-45, 2025.



ENTOMOLOGIA FORENSE



Calliphoridae (Diptera) em Gradientes Urbano-Natural de Juiz de Fora (MG): Resultados Preliminares e Perspectivas para a Entomologia Forense e Conservação

Marina Rezende Neiva^a, Fabio Prezoto^a

^a Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, 36036-900.

*e-mail: marina.neiva@estudante.ufjf.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A Entomologia Forense Médico-Legal utiliza a análise da colonização de insetos para auxiliar na elucidação de crimes violentos, sendo as moscas da família Calliphoridae uma das mais importantes devido ao seu papel como colonizadora em estágios primários¹. No Brasil, a aplicação prática é limitada geograficamente, apesar do grande número de publicações científicas². Em Juiz de Fora (MG), a falta de levantamentos sobre dípteros califorídeos adultos impede conclusões periciais de alta confiabilidade.

Objetivos: Avaliar e comparar a composição da fauna de Calliphoridae em um fragmento de mata e em um ambiente urbano em Juiz de Fora, com vistas a aplicações forenses e de conservação. Pretende-se comparar a riqueza e a abundância das espécies entre os ambientes e criar uma coleção testemunho de dípteros adultos da família Calliphoridae da região.

Metodologia: O estudo foi conduzido no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora (ambiente natural) e no bairro São Pedro (ambiente urbano). Foram instaladas 3 armadilhas, da marca Batiki®, em cada local, contendo 200g de carne suína como atrativo. As coletas foram semanais, com tempo de exposição de 8 horas, simultaneamente nos dois ambientes. Os espécimes coletados foram criados em laboratório.

Resultados e Discussões: Os resultados preliminares indicam diferenças na composição de Calliphoridae entre os locais amostrados. Em São Pedro, observou-se maior abundância de indivíduos ($n = 167$; $M = 23,86 \pm 31,00$), indicando predominância de espécies sinantrópicas. Já no Jardim Botânico, a abundância foi menor ($n = 41$; $M = 5,86 \pm 13,75$), com presença de califorídeos menos tolerantes à urbanização. A maior concentração de dípteros em São Pedro foi estatisticamente significativa (Teste de Wilcoxon

pareado: $W = 21$; $p = 0,0139$), com aproximadamente quatro vezes mais indivíduos e maior abundância em 6 das 7 coletas. Os resultados sugerem que a urbanização atua como filtro ambiental, favorecendo espécies generalistas, enquanto o fragmento de mata preserva maior diversidade e atua como reservatório da biodiversidade local. Dessa forma, a variação entre os locais serve como um indicador da distinção na diversidade, sugerindo que, enquanto São Pedro apresenta uma comunidade simplificada e numericamente dominante, o Jardim Botânico sustenta uma riqueza mais equilibrada e sensível ao impacto antrópico.

Conclusão: Conclui-se que os padrões de riqueza e abundância de Calliphoridae em Juiz de Fora são influenciados pela urbanização, com maior abundância de espécies sinantrópicas em áreas urbanas e maior riqueza em ambientes preservados. A coleção testemunho contribuirá para a padronização das perícias criminais locais, auxiliando na determinação do local de morte e na identificação de deslocamentos de corpos entre ambientes, além de reforçar a importância de estudos regionais para conservação ambiental.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e ao Jardim Botânico da UFJF pelo apoio institucional e logístico.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Carvalho SS. Fauna de califorídeos (Diptera, Calliphoridae) de importância forense associada a carcaça de suíno (*Sus scrofa domesticus* L.) em um fragmento ecotonal. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, 2023.
- ² Crisostomo HC, Gomes L, Prezoto F. Revista Brasileira de Zoociências, v. 14, p. 213-220, 2012.



GESTÃO E INOVAÇÃO EM CIÊNCIAS FORENSES



Requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 nas Iniciativas e Recomendações Nacionais e Internacionais para Análise de Drogas de Abuso por Instituições de Perícia Criminal Oficial

Milena Pellin Morsoletto^{a,b*}

^a Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 90230-010; ^b Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, RJ, Brasil, 25610-130.

*e-mail: milena-morsoletto@igp.rs.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A acreditação de laboratórios forenses na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, embora recomendada internacionalmente, ainda é uma realidade distante no Brasil. Os laboratórios de Química e Toxicologia Forense das perícias oficiais brasileiras já possuem, em sua maioria, variado parque analítico, pessoal capacitado e um Sistema de Gestão da Qualidade incipiente¹, mas ainda carecem de conhecimento e recursos para acreditação.

Objetivos: Demonstrar como as principais iniciativas e recomendações nacionais e internacionais para a área pericial e para a análise de drogas auxiliam no atendimento aos requisitos de pessoal, equipamentos, seleção, verificação e validação de métodos, ensaios de proficiência e uso de materiais de referência da norma.

Metodologia: Avaliar as principais recomendações e iniciativas nacionais e internacionais sobre perícia criminal e análise de drogas de abuso, além da norma 17025 e documentos associados. Foram avaliados: Dossiê Perícia e Direitos Humanos (Instituto Vladimir Herzog); POPs de Química Forense e Projeto Minerva (Ministério da Justiça e Segurança Pública); Ensaio de Proficiência da análise de drogas (INMETRO); Recomendações do Scientific Working Group for the Analysis of Seized Drugs (SWGDrug); o *International Collaborative Exercise* (ICE) e os manuais relacionados à Requisitos de Equipe e Equipamentos, Guia para Implementação do Sistema de Gestão da Qualidade e Guia para Validação de Métodos Analíticos e Calibração de Equipamentos do Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crimes (UNODC).

Resultados e Discussões: As recomendações levantadas estão elencadas na Tabela 01.

Conclusão: O levantamento feito apresenta uma utilidade prática para os laboratórios que desejarem implementar ou melhorar seu SGQ, uma vez que os documentos avaliados falam especificamente sobre a área forense e área de análise de drogas, diminuindo o aspecto amplo e abstrato dos requisitos e transformando-os em processos claros e tangíveis dentro de cada realidade. Observa-se também que, embora tenhamos avanços recentes nas recomendações e iniciativas nacionais, ainda carece uma disseminação do conhecimento sobre a ISO 17025 na realidade forense no Brasil.

Tabela 01. Principais recomendações

Requisito	Referência	Recomendações
Pessoal	Dossiê Perícia	Padronização dos Cursos de Formação; 16h/triênio de formação continuada
	SWGDrug	Requisitos mínimos de formação, treinamento e experiência; 20h/ano formação continuada
Pessoal	UNODC	Conhecimentos mínimos comuns para peritos e específicos para atuação em laboratório
	Projeto Minerva	Formação continuada com cursos na área técnica e de qualidade
Equipamentos	SWGDrug	Gestão de equipamentos (procedimentos, registros, testagens, manutenções e rotulagens adequadas)
	UNODC	Gestão de equipamentos, requisitos para verificações e calibrações, sugestões de equipamentos aplicáveis para operação de um laboratório de análise de drogas
	POPs SENASP	Procedimento de manutenções e checagens para cromatógrafos gasosos
Seleção de métodos	UNODC e SENASP	Métodos publicados para serem implementados
	SWGDrug	Sugestões de combinações de técnicas para atender requisitos mínimos na identificação de drogas
Verificação e Validação de Métodos	SWGDrug e UNODC	Diferenciação de verificação e validação; principais figuras de mérito a serem avaliadas; documentação da validação
Ensaio de Proficiência	SWGDrug	Recomenda participação anual com provedores externos, ensaio representativo da casuística do laboratório
	ICE e EP INMETRO	Ensaio disponíveis a níveis nacionais e internacionais
Materiais de referência (MR e MRC)	UNODC	Gestão e registros de MRs, MRCs e padrões de trabalho
	SWGDrug	Dificuldade de obtenção de MRCs; material deve atender ao propósito; podem ser revalidados
	SENASP	Gestão de padrões, sugestão de obtenção de MRs

REFERÊNCIA:

¹ Ministério da Justiça e Segurança Pública. Diagnóstico dos Laboratórios de Química e Toxicologia Forense das Polícias Científicas do Brasil. Brasília, 2022.



The Challenges of Data Sharing in Cultural Heritage

Karla Balzuweit^{a,b*}, Kelly Juliana Dutra^c, José Coelho Neto^{e,b}, Damia Carina Dias do Carmo^c, Marcus Vinicius de O. Andrade^d, Cecília Siman Salema^a, Ingrid Carolina Sporch Mitraud^a, Vitor Paixão Amaral^c, Daniela Lacerda^c, Caroline Da Ros Montes^f, Fabricio Rodrigues dos Santos^f, Luiz Antônio Cruz Souza^c

^a Departamento de Física, ICEx, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901; ^b Centro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901; ^c CECOR, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901; ^d Superintendência Regional da Polícia Federal em Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 30441194; ^e Instituto de Criminalística da Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 30190-002; ^f Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 81531-980; ^g Instituto de Ciências Biológicas, Brasil Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901.
*e-mail: karlaweit@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: The last decades have seen an increase in the use of traditional materials science techniques applied in cultural heritage [1]. Structural and chemical information are key in the study of extremely diverse objects, over a wide range of size scales, ranging from paintings to sculptures, fossils and manuscripts to buildings [2, 3, 4]. An increase in scientific data has led to the discussion of more efficient data management, sharing and reuse according to F.A.I.R. data principles [5]. However, scientific data sharing is not trivial as it involves issues such as standards or lack of them, metadata, data interpretation, data ownership, data size [6].

Aims: Discuss and deploy an interoperable user-oriented data platform for cultural heritage scientific datasets according to F.A.I.R. data principles.

Methods: Several data repositories, databanks and platforms used by cultural heritage groups in Brazil, Europe and US were investigated. A working group was formed and some of the members participated in ongoing discussions on data sharing forums such as Research Data Alliance and Transnational European projects as IperionHS and ERIHS-ERIC. The needs and possibilities and pros and cons of sharing scientific data were evaluated and a data platform, Arches, developed by the Getty Foundation Group is being tested.

Results and Discussion: A joint SEM-EDS interoperability pilot involving 5 different laboratories within IperionHS was accomplished, exposing the need of open software and laboratory good practices. The Arches platform based on open-source Django,

PostgreSQL and Elasticsearch, was installed. Initial tests on the configured Arches for Science platform showed the necessity of customization with initial controlled access and the use and creation of controlled vocabulary.

Conclusion: The interoperability pilot demonstrated the need for a broader discussion on data sharing topics. A user-oriented and user-friendly platform for sharing scientific data, including raw data needs to involve the cultural heritage community and data scientists, and should be viewed as permanent development.

Acknowledgements: ANTECIPA, IN2PAST.BR/CNPq-FAPEMIG-CAPES, RMC/FAPEMIG RED-00042/16, CNPq, FINEP, FAPEMIG, UFMG, LACICOR/CECOR, CM-UFMG, LCPNano, HERCULES/ Universidade de Évora, ERIHS-ERIC, IPERION-HS, EU-LAC, Getty Foundation.

REFERENCES:

1. Artioli G, Scientific Methods and Cultural Heritage: An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science, Oxford Academic Press, 2010.
2. Miliani C, Rosi F, Brunetti BG, Sgamellotti A, Accounts of Chemical Research v.43 (6), p.728-738, 2010.
3. France FG, Applied Spectroscopy, v. 65, 4, p. 565-574, 2011.
4. Ricciardi P, Legrand S, Bertolotti G, Janssens K, Microchemical Journal, v. 24, p. 785-791, 2016.
5. Wilkinson MD, et al, Scientific Data, v. 3, 160018, 2016.
6. Priego, LP, Wareham J, Romasanta AKS, Industry and Innovation v. 29, 2, p. 219-250, 2022.



LOCAL DE CRIME



Análise Pedológica e Escavação Estratigráfica como Ferramentas de Busca em Achado de Ossada Humana Enterrada

Gabriella Galliac Santos^{a*}, Sordaini Maria Caligiorne^b, Ricardo Romão dos Santos^a, Nicole Lopes Ferreira^c, Fernanda Nerys Mota^c

^a Seção Técnica Regional de Criminalística de Itabira, Minas Gerais, Brasil; ^b Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil; ^c Centro Universitário Una, Itabira, Minas Gerais, Brasil.

*e-mail: ggalliacsantos@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A localização e coleta de remanescentes ósseos humanos em ambientes externos adversos impõe desafios específicos à perícia criminal. A estratégia de busca e escavação influencia a extensão da recuperação das peças esqueléticas e, consequentemente, amplia as possibilidades de amostras para exames complementares de identificação humana em material degradado — em especial análises de DNA^{1,2}. Esse desafio é acentuado no contexto das Seções Técnicas Regionais de Criminalística, onde a equipe pericial geralmente é composta por um único perito que atua com limitações de tempo e estrutura.

Objetivos: Descrever a estratégia metodológica adotada na busca, delimitação e coleta de ossada humana, em condições adversas de campo, e os procedimentos empregados na recuperação dos remanescentes esqueléticos e na subsequente identificação humana por análise de DNA.

Metodologia: Relato de caso pericial envolvendo localização de crânio humano, em área de uma empresa, em encosta com vegetação arbustiva densa, sob condições de baixa luminosidade e chuva. A equipe pericial da SRTC Itabira/PCMG, após acionamento pela autoridade policial, atuou em conjunto com equipe funerária, Polícia Militar e representantes da empresa. A metodologia de campo compreendeu: (1) inspeção visual ampla da área; (2) análise comparativa da coloração e da textura do solo para detecção de zonas de revolvimento; (3) delimitação de quadrantes de escavação com base nas anomalias pedológicas identificadas; e (4) escavação estratigráfica controlada com registro fotográfico sistemático. Os materiais foram encaminhados ao PML de Itabira para exame de corpo de delito e triagem para genética forense.

Resultados e Discussão: A análise comparativa da coloração do solo identificou duas zonas de revolvimento, delimitando dois quadrantes de escavação (~2 m²): Q-A (porção inferior) e Q-B (porção superior). No Quadrante A, a ~1 m de profundidade, camada esbranquiçada endurecida — compatível com material carbonático, com reação efervescente ao HCl — foi utilizada como referência estratigráfica, orientando a progressão da escavação até a remoção da camada observada. Foram recuperados *fêmur*,

tíbia e fíbula bilaterais, *úmero, rádio e ulna* bilaterais, ~30% das vértebras e fragmentos de costelas. No Quadrante B, ausente a cal, localizaram-se apenas o crânio previamente exposto e vestuário, compatível com a hipótese de segmentação corporal prévia e emprego de cal em contexto de ocultação do cadáver. A recuperação ampliada dos remanescentes possibilitou maior disponibilidade de amostras para exames de DNA: em ossadas degradadas, a seleção de amostras inicia-se pelo osso petroso (*pars petrosa ossis temporalis*) como matriz preferencial, seguido de dentes com polpa preservada e diáfise femoral. No PML de Itabira, a remontagem esquelética indicou tratar-se de indivíduo único e revelou intervenção cirúrgica prévia em membro inferior, achado que direcionou o cruzamento com registros de desaparecidos e subsidiou hipótese investigativa para coleta de amostras de familiares de desaparecidos, posteriormente confrontada por análise de DNA.

Conclusão: No caso analisado, a análise pedológica comparativa e a escavação estratigráfica orientada por camada de referência contribuíram para a recuperação dos remanescentes esqueléticos e para o direcionamento dos exames subsequentes. Em encontro de ossada com suspeita de ocultação intencional, a articulação entre perícia criminal, medicina legal e genética forense é condição para a adequada interpretação pericial e para a identificação humana.

Agradecimentos: Os autores agradecem à SPTC/PCMG, e à RMF pelo incentivo à produção científica e à integração entre os profissionais da perícia criminal do estado.

REFERÊNCIAS:

- MUNDORFF, A. Z.; DAVOREN, J. M. Examination of DNA yield rates for different skeletal elements at increasing *post mortem* intervals. *Forensic Science International: Genetics*, Amsterdam, v. 8, n. 1, p. 55–63, jan. 2014.
- PINHASI, R. et al. Optimal ancient DNA yields from the inner ear part of the human petrous bone. *PLOS ONE*, San Francisco, v. 10, n. 6, e0129102, jun. 2015.



Detecção Eletroquímica de Ácido Pícrico via Grafeno Induzido a Laser (LIG): Otimização para Aplicação Forense

Giovana Cristina Silva Queiroz^{a*}, Ana Paula de Lima^a, Nélcio Inacio Gravata Inoque^a, Rodrigo A. A. Muñoz^a

^a Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil, 38400-902.

*e-mail: giovana.queiroz@ufu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O ácido pícrico (2,4,6-trinitrofenol) é um nitroaromático de elevado poder explosivo e toxicidade, sendo um analito de interesse em perícias criminais. A demanda por métodos rápidos e portáteis impulsiona a busca por novos materiais para utilização como sensores eletroquímicos. O Grafeno Induzido a Laser (LIG), produzido pela carbonização de filmes de poliimida via gravação a laser, surge como uma plataforma versátil de alta condutividade e porosidade. Por ser um dispositivo miniaturizado e de baixo custo, o LIG apresenta grande potencial para fundamentar o desenvolvimento de métodos eletroquímicos de triagem mais acessíveis e eficientes para a química forense.

Objetivos: Avaliar a viabilidade de eletrodos de LIG na detecção de ácido pícrico, por meio da técnica voltametria de onda quadrada (SWV) e sua aplicação analítica em amostras forenses.

Metodologia: Utilizou-se um sistema de três eletrodos: LIG (trabalho), platina (auxiliar) e Ag/AgCl (referência). O eletrodo de trabalho (área geométrica de 0,07 cm²) foi confeccionado em substrato de poliimida utilizando laser de CO₂ (2,3 W; 120 mm/s; distância focal de 12 mm e 0,1 mm entre linhas). Previamente aos experimentos, realizou-se limpeza superficial com etanol e papel absorvente. O eletrólito suporte foi HCl 0,1 mol/L. As análises foram realizadas na concentração de 25 µmol/L de ácido pícrico. Os parâmetros de SWV foram explorados em faixas de frequência

(10-60 Hz), amplitude (10-70 mV) e incremento (2-10 mV) em potenciostato Autolab.

Resultados e Discussões: A técnica de SWV demonstrou eficácia na identificação do analito, apresentando picos de redução característicos com definição superior à voltametria cíclica. O segundo pico (Pico 2) apresentou maior proeminência, sendo o foco da otimização instrumental. Resultados demonstraram sinais na ordem de -3,57 µA (10 Hz e incremento de 2 mV), evidenciando a sensibilidade da plataforma. Observou-se que a variação dos parâmetros instrumentais influencia para a obtenção de melhores respostas em termos de corrente e para melhor definição da resposta eletroanalítica. O dispositivo demonstrou estabilidade satisfatória para execuções realizadas logo após a fabricação. O método encontra-se em fase de validação para consolidar sua robustez.

Conclusão: Os estudos confirmam que o eletrodo LIG é uma plataforma promissora para a detecção de ácido pícrico. A identificação clara dos picos de redução abre caminho para a consolidação de um método de triagem ágil que poderá facilitar análises futuras com suporte de instrumentação adequada. O projeto segue em desenvolvimento para finalização das etapas estatísticas e testes de matriz para plena validação analítica.

Agradecimentos: UFU, FAPEMIG, CNPq e CAPES.



QUÍMICA E TOXICOLOGIA FORENSE



A Rapid Method for Detecting Antifreeze Contamination in Beer Using Erythrosine B

Ricardo Mathias Orlando^{a*}, Marina Caneschi de Freitas^a, Júlia Célia Lima Gomes^a

^a Chemistry Department, Institute of Exact Sciences (DQ-ICEX) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 31270-901.

*e-mail: orlandoricardo@ufmg.br; orlandoricardorico@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: The 2020 poisoning case associated with the consumption of contaminated alcoholic beverages in Belo Horizonte highlighted the importance of rapid screening strategies. In that case, the absence of a colored marker in antifreeze fluids, together with the lack of a rapid and reliable detection method accessible to the general population, contributed to the intoxication of dozens of people.

Aims: This study proposes erythrosine B as an easily accessible color marker for antifreeze fluids and describes a simple, selective, and greener liquid–liquid extraction method employing microliter volumes of relatively low-toxicity reagents.

Methods: A commercial 5% alcohol Lager beer was used in the experiments. EryB stock solution (1000 µg/mL) (EryB-Sol) was prepared in deionized water:ethanol (9:1, v/v). Saturated NaCl (Sat-NaCl), commercial ethanol (ETOH), and 1-decanol (1-C10OH) were employed in the liquid–liquid extraction (LLE) procedure. Beer samples (1000 µL) were mixed with appropriate volumes of EryB-Sol, Sat-NaCl, ETOH, and 1-C10OH by gentle manual inversion, followed by phase separation for 30–60 s. Visual inspection and digital image acquisition were performed using a Samsung Galaxy S24 Ultra. Method optimization was carried out using beer samples fortified with 10 µg/mL EryB by evaluating ETOH, Sat-NaCl, and 1-C10OH volumes. Under optimized conditions (400 µL Sat-NaCl, 500 µL ETOH, and 50 µL 1-C10OH), the method response was evaluated from 1 to 20 µg/mL EryB.

Results and Discussion: The three evaluated parameters played important roles in improving the extraction performance. Ethanol promoted the partition of the dye into the organic phase, with optimal performance obtained at 500 µL. The addition of Sat-NaCl produced a salting-out effect in the donor phase, with an optimum at 400 µL, while reducing the volume of 1-C10OH increased the preconcentration factor in the organic phase, with the best condition obtained using 50 µL. A comparison between the initial condition (0.0 µL Sat-NaCl, 0.0 µL ETOH, and 400 µL 1-C10OH) and the optimized condition is presented in Figure 1.

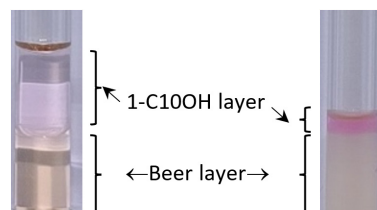


Figure 1. Comparison between the initial condition (left) and the optimized condition (right).

The evaluation of the concentration range from 1 to 20 µg/mL demonstrated a clear visual distinction between the blank and fortified samples. Similar behavior was observed after transformation of the digital image data obtained from the ROI, which showed a relationship with EryB concentration (Figure 2).

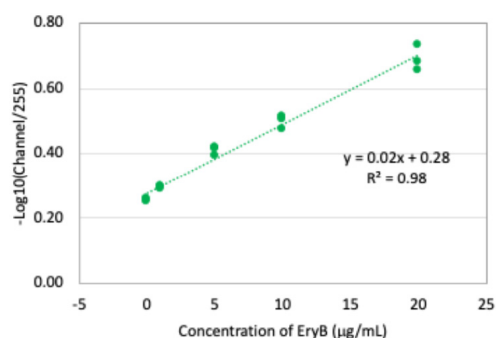


Figure 2. Relationship between G-channel signal and EryB concentration in fortified beer samples.

Conclusion: The method enabled EryB detection down to 1 µg/mL using inexpensive and relatively low-toxicity reagents in a simple instrument-free procedure, making it suitable for rapid screening of contamination episodes.

Acknowledgements: RMCF (RED-00120-23), PROCAD (88881.516313/2029-01), FAPEMIG (APQ-02156-24), INCTAA/CNPq/FAPESP (465768/2014-8 and 2014/50951-4).



Adesivo para Coleta de Suor: Desenvolvimento e Aplicação na Detecção de Drogas de Abuso

Nayna Cândida Gomes^{a*}, Bruno Spinoso De Martinis^b

^a Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP-RP, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 14040-903; ^b Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP-RP, Ribeirão Preto, Brasil, 14040-900.
*e-mail: nayna_gomes@hotmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: O suor tem se destacado como uma matriz biológica alternativa na Toxicologia Clínica e Forense devido à coleta simplificada, possibilidade de monitoramento contínuo e menor suscetibilidade à adulteração, permitindo a detecção cumulativa de substâncias psicoativas^[1].

Objetivos: Desenvolver e aplicar um adesivo para coleta de suor como matriz biológica alternativa para investigação de drogas de abuso em usuários atendidos no CAPS-ad II de Ribeirão Preto.

Metodologia: Esta pesquisa foi aprovada pelo CEP da FCFRP-USP (CAAE número: 96806618.4.0000.5403, número do parecer: 3.557.433) e da FFCLRP-USP (CAE número: 96806618.4.3001.5407). O desenvolvimento do adesivo para coleta de suor foi realizado em três etapas: I) seleção do papel absorvente (capacidade de absorção e resistência ao preparo da amostra); II) teste de absorção com luminol (capacidade de coleta da amostra de suor); III) avaliação da capacidade de absorção de cafeína e verificação da qualidade do dispositivo desenvolvido comparada ao dispositivo comercial PharmChek®. Para aplicação do dispositivo, amostras de suor foram coletadas de usuários atendidos no Caps-ad II de Ribeirão Preto-SP (n=30). Após limpeza da região dorsal com isopropanol, dois adesivos foram fixados por 24 horas. Após esse período, os adesivos foram removidos e submetidos à extração utilizando as ponteiros descartáveis DPX-SCX e DPX-WAX e à análise por GC-MS (modo SIM e *full scan*).

Resultados e Discussões: Entre os papéis avaliados, o papel NB apresentou melhor desempenho quanto à absorção do suor, resistência durante a extração e espessura adequada, sendo selecionado para o desenvolvimento do adesivo. No teste com luminol, observou-se emissão de fluorescência após 24 horas de fixação, indicando a capacidade do adesivo em absorver o suor durante a coleta. Foi possível identificar cafeína nas amostras de suor coletadas, demonstrando a capacidade do adesivo em absorver substâncias psicoativas. Além disso, os adesivos desenvolvidos no laboratório apresentaram maior diferença

entre o peso inicial e final após 24 horas de coleta, bem como maior área relativa de cafeína, quando comparados ao dispositivo PharmChek®, indicando maior capacidade de absorção do suor e dos analitos. Este estudo foi composto por 30 voluntário (96,7% do sexo masculino e 3,3% do sexo feminino). O método analítico validado foi aplicado nestas amostras de suor coletadas. Foram detectadas cocaína, cocaetileno, éster metilanidroeconina, Δ^9 -THC, MDMA e MDA, demonstrando a capacidade do adesivo em coletar as substâncias psicoativas nessa matriz biológica. Além disso, análises em modo *full scan* permitiram identificar nicotina, cotinina, cafeína, procaína, lidocaína e etilanfetamina, evidenciando a presença de adulterantes em drogas de abuso e outras substâncias associadas ao consumo de drogas. O adesivo desenvolvido apresentou boa aceitabilidade pelos voluntários, sendo que 73,3% não relataram incômodo durante as 24 horas de uso. Além disso, o dispositivo demonstrou eficiência na coleta de suor, permanecendo fixado mesmo durante atividades físicas na maioria dos casos.

Conclusão: O adesivo desenvolvido apresentou eficiência na coleta de suor e na absorção de substâncias psicoativas, demonstrada pela detecção de cafeína e drogas de abuso nas amostras analisadas. Quando comparado ao PharmChek®, o dispositivo apresentou melhor tendência de absorção, além de menor custo e maior disponibilidade, representando uma alternativa promissora para aplicações em Toxicologia Clínica e Forense.

Agradecimentos: Esta pesquisa foi desenvolvida com o apoio financeiro da CAPES – Código de Financiamento 001 e da FAPESP – Código: 2017/18021-5.

REFERÊNCIAS:

- ¹ CAMPOS, E. G.; COSTA, B. R. B.; SANTOS, F. S.; MONEDIRO, F.; ALVES, M.; JUNIOR, W. J. R. S.; DE MARTINIS, B. S. Alternative Matrices in Forensic Toxicology: A Critical Review. *Forensic Toxicology*. v. 40, n. 1, p. 1 – 18, 2022.



Avaliação de Interferentes na Reação Quimioluminescente do Luminol com Sangue

Luísa Linhares Moraes^{a*}, Washington Xavier de Paula^b, Clésia Cristina Nascentes^a

^a Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil, 31.270-301; ^b Instituto de Criminalística, Polícia Civil de Minas Gerais, Minas Gerais (MG), Brasil, 30.190-002.

*e-mail: luisalinhairesm@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: O luminol (5-amino-2,3-dihidroftalazina-1,4-diona) é utilizado nas ciências forenses para revelação de vestígios de sangue desde 1937, quando foi proposto por Walter Specht.¹ Sua funcionalidade baseia-se na quimioluminescência (QL), em que uma solução alcalina de luminol com peróxido de hidrogênio, ao entrar em contato com o sangue, utiliza o ferro presente na hemoglobina como agente catalisador, emitindo uma luz branco-azulada.² Essa reação é muito sensível, porém apresenta baixa especificidade, de forma que a presença de contaminantes químicos, assim como o uso de materiais capazes de mascarar ou modificar a aparência do sangue, pode comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos. O autor de um crime pode fazer a limpeza das manchas ou até uma pintura para ocultar o sangue.³ Dessa forma, o interesse das ciências forenses em analisar a potencial interferência de revestimentos na reação de quimioluminescência de sangue com o luminol motivou a realização deste trabalho.

Objetivos: Avaliar a potencial interferência de revestimentos e alguns materiais na reação quimioluminescente do sangue com luminol, a fim de contribuir para otimização de exames realizados pela polícia.

Metodologia: Diferentes produtos de limpeza e revestimentos foram aplicados a superfícies de cerâmica, como água sanitária, desinfetante, lustra-móveis, cera, sapólio, tintas, vernizes, primers e zarcão. Utilizou-se sangue humano como controle positivo e cerâmicas sem sangue como controle negativo. A solução de luminol (0,5% m/v) foi preparada em hidróxido de sódio (0,25 mol.L⁻¹) e peróxido de hidrogênio (10% v/v), na proporção 1:1. Após aplicação e secagem dos produtos, borrifou-se a solução de luminol sobre as placas em um ambiente escuro, com registro fotográfico de longa exposição, avaliando a intensidade e duração da quimioluminescência.

Resultados e Discussões: As cerâmicas não apresentaram quimioluminescência. A duração média da QL do sangue durante os experimentos foi de aproximadamente 3 minutos após uma única aplicação. Dos 13 produtos analisados, 5 apresentaram quimioluminescência. O hipoclorito de sódio apresentou reação intensa e rápida, sendo visível na reação da água sanitária. O desinfetante utilizado apresentava ser “cloro ativo”, mas tinha uma formulação em gel, de forma que a reação foi mais irregular. Conforme a literatura, tintas esmaltadas apresentam QL e o presente trabalho corrobora com esse resultado, identificando não só uma duração de 40 segundos, como a intensidade similar a QL do sangue. O verniz também apresentou QL com intensidade equivalente à do sangue a olho nu, mas a duração foi menor, de apenas 30 s. O zarcão foi o produto que apresentou maior duração, com 60 s, mas a sua luminosidade apresentou-se mais fosca frente a reação com o sangue (branco-azulada).

Conclusão: Os resultados obtidos demonstram a necessidade de uma análise cuidadosa na interpretação da intensidade e duração da reação de quimioluminescência do luminol em locais de crime. A utilização de tintas e alvejantes apresentam inicialmente uma reação positiva, com diminuição da mesma com o passar do tempo, mostrando assim diferença nas cinéticas da reação. Esses resultados contribuem para a rotina forense dos peritos criminais na busca de vestígios latentes, como o sangue.

Agradecimentos: FAPEMIG (RMCF, RED-00120-23)

REFERÊNCIAS:

- ¹ BARNI, F. *et al.* Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta*, Amsterdam, v. 72, n. 3, p. 896-913, maio 2007.
- ² VASCONCELLOS, F. A.; PAULA, W. X. Aplicação forense do luminol – Uma revisão. *Revista Criminalística e Medicina Legal*, v. 1, n. 2, p. 28-36, 2017.
- ³ MIRANDA, G. E. *et al.* Detecção de manchas de sangue pelo luminol onde houve entintamento das paredes – estudo de caso. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 5, p. 14-17, 2016.



Análise de Compostos Orgânicos Voláteis em E-líquidos de Cigarros Eletrônicos Apreendidos

Márcio Alexandre Leonel Júnior^{a*}, Esther Jardim Machado^a, Márcio Pozzobon Pedroso^a, Rogério Araújo Lordeiro^b, Elisângela Jaqueline Magalhães^a

^a Universidade Federal de Lavras, Departamento de Química, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200000; ^b Instituto de Criminalística da Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 30190002.

*e-mail: marcio.junior6@estudante.ufla.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Os cigarros eletrônicos, também chamados de dispositivos eletrônicos para fumar (DEFs), têm sido divulgados como uma alternativa ao cigarro tradicional. Muitas vezes relacionados à ideia de modernidade e até mesmo à interrupção do tabagismo, esses dispositivos são apresentados como menos prejudiciais à saúde, sendo difundidos especialmente entre os jovens. No entanto, pesquisas indicam que os e-líquidos (líquidos que passam por um processo de vaporização no interior dos DEFs) contêm nicotina em níveis elevados, além de substâncias tóxicas e irritantes que podem provocar dependência, prejuízos aos sistemas respiratório e cardiovascular, e possíveis efeitos crônicos ainda não totalmente conhecidos. No Brasil, a fabricação, a importação, a venda e a divulgação dos DEFs são proibidas desde 2009. Contudo, tais dispositivos continuam facilmente encontrados em mercados informais e na internet, evidenciando falhas na fiscalização.

Objetivos: Neste estudo, buscou-se investigar a composição química de e-líquidos constituintes de DEFs, com foco nos compostos orgânicos voláteis (COVs), a fim de verificar a possível presença de substâncias tóxicas.

Metodologia: A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), associada à microextração em fase sólida por *headspace* (HS-SPME) com fibra DVB/CAR/PDMS, foi empregada nas análises de 5 amostras de DEFs apreendidos pela Polícia Civil de Minas Gerais (PCMG). O modo *split* foi usado para análise dos compostos majoritários, e *splitless*, para identificar compostos presentes em baixas concentrações nas amostras. A análise consistiu em uma corrida cromatográfica de 66,0 minutos e foi iniciada em 60 °C; a temperatura foi aumentada a uma taxa de 3 °C/min até atingir 240 °C, seguindo a uma nova taxa de 20 °C/min até atingir 300 °C, com tempo de permanência de 3,0 minutos.

Resultados e Discussões: Os resultados revelaram a presença de propilenoglicol e nicotina em alta intensidade. Compostos relacionados a aroma e sabor, como eucaliptol, mentol, mentona,

acetato de mentila, β -linalol, β -pineno, carvona, diidrocarvona, além de diversos ésteres ramificados, conhecidos por possuírem aromas frutados e serem utilizados em fragrâncias, também foram identificados. Adicionalmente, foi constatada a presença de nitrito de terc-butila, que pode apresentar toxicidade significativa por inalação, incluindo efeitos cardiovasculares. A n-acrilonitrilaziridina, também identificada, pode apresentar elevado potencial genotóxico, exigindo a revisão dos limites de exposição seguros. Também foi possível identificar etilenimina, substância altamente reativa, alquilante do DNA, com potencial carcinogênico, e ácido hidrozoico, composto altamente tóxico, reativo e explosivo, responsável pela inibição da respiração celular. Além das substâncias supracitadas, o composto β -mirceno, um monoterpene natural abundante em algumas plantas, inclusive na cannabis, foi identificado, indicando que os DEFs podem consistir em mais uma forma de consumo de substâncias psicoativas. Cabe ressaltar que, embora substâncias comumente empregadas na indústria alimentícia sejam consideradas seguras para ingestão, seus efeitos por inalação ainda não são plenamente conhecidos, podendo representar riscos à saúde.

Conclusão: Os resultados indicam que a elevada concentração de solvente e a diversidade de substâncias identificadas, aliados aos desafios analíticos, evidenciam a importância de investigar o perfil químico de um maior número de amostras de DEFs que têm sido colocados clandestinamente à disposição de usuários brasileiros. Esses achados reforçam a necessidade de ampliar o estudo, contribuindo para a avaliação de riscos à saúde e para o embasamento de ações regulatórias.

REFERÊNCIAS:

- ¹ RANTAŠA, Matjaž; MAJER, David; FINŠGAR, Matjaž. A review of analytical techniques for the determination of e-liquid and electronic cigarette aerosol composition. *Journal of Chromatography A*, v. 1748, 2025, art. 465859. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2025.465859>.



Análise de Contaminantes Inorgânicos Presentes em Líquidos de Cigarro Eletrônico Via TXRF

Samir Yan Oliveira Silva^{a*}, Camilla Fonseca Silva Carvalho^a, Clésia Cristina Nascentes^a, Washington de Paula Xavier^b

^a Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil; ^b Instituto de Criminalística, Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
*e-mail: samiryan1103@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A taxa de uso de cigarros eletrônicos vem aumentando nos últimos anos, principalmente entre jovens. Embora seu consumo não seja proibido, sua fabricação, importação, comercialização e propaganda são restritas pela legislação brasileira.¹ Por decorrência são desconhecidos o controle de qualidade para fabricação que ocorre de maneira ilegal desses dispositivos, principalmente sobre o e-líquido, que contém a nicotina, e possíveis contaminantes como metais tóxicos. Aliado a isso, observa-se uma carência de estudos voltados para a caracterização elementar de e-líquido, o que é importante para avaliar a exposição dos usuários.

Objetivos: Desenvolver um método simples e eficiente para determinação de contaminantes metálicos em amostras de e-líquido por Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total (TXRF)

Metodologia: As amostras analisadas foram obtidas comercialmente e por doação da Polícia Civil de Minas Gerais. Em microtubos devidamente identificados foram pipetados 20 µL de amostra, 50 µL de padrão de Gálio (4 mg/L), 50 µL de Triton X-100 0,4% (v/v) com HNO₃ 0,4% (v/v), e por fim, 80 µL de água deionizada, mantendo um fator de diluição de 1:10. As amostras foram homogeneizadas no vórtex por 30 segundos. Após agitação, foi depositado uma gota de 10 µL em discos siliconizados e identificados, então postos para secar em estufa à 100 °C. As amostras foram analisadas no equipamento S2 Picofox, Bruker com tubo de Mo e tempo de leitura de 120 s.

Resultados e Discussões: Os principais metais quantificados foram Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn (Tabela 1). Observa-se uma grande variabilidade entre as 6 amostras analisadas. Uma das amostras apresentou concentrações muito elevadas de todos os metais. Mesmo com o potencial risco à saúde gerado por cigarros eletrônicos, não existem limites regulatórios de contaminantes inorgânicos previsto por lei, porém alguns órgãos como a FDA (Food and Drug Administration) realizam monitoramento dessas

impurezas periodicamente. Assim, os resultados encontrados são discutidos em termos de presença, variedade e toxicidade. Embora as concentrações tenham sido determinadas na fase líquida, alguns estudos sugerem que metais com Ni podem ser transferidos para o vapor inalado². Mesmo em baixas concentrações, a inalação crônica de níquel podem trazer malefícios, como a inflamação pulmonar.

Tabela 1. Faixa de concentrações de metais obtidas na análise de e-líquido.

Metal	Faixa de concentração (mg/L)
Cr	0 – 3,11
Cu	0,03 - 47,39
Fe	0,38 - 12,93
Mn	1 - 0,27
Ni	0,08 - 3 5,68
Zn	0,71 - 38,65

Conclusão: Com os resultados obtidos, foi possível verificar que tanto o preparo de amostra quanto o uso da técnica de TXRF, se mostraram eficazes para a quantificação de metais presentes em e-líquido. A técnica ainda demonstrou alta sensibilidade, preparo de amostra simples e fácil sistema operacional, compatíveis com rotinas laboratoriais.

Agradecimentos: CNPq; INCT-Substâncias Psicoativas

REFERÊNCIAS:

- PESSOA, Rodrigo Montefusco Mendes; GONÇALVES, Oksandro Osdival. A regulação do cigarro eletrônico no Brasil a partir do paternalismo libertário. Revista Opinião Jurídica, Fortaleza, v. 23, n. 44, p. 82–112, set./dez. 2025.
- GAUR, Sumit; AGNIHOTRI, Rupali. Health effects of trace metals in electronic cigarette aerosols—a systematic review. Biological Trace Element Research, v. 188, p. 295–315, 2019. DOI: 10.1007/s12011-018-1423-x.



Análise Eletroquímica de Benzocaína em Soro Fisiológico Utilizando Eletrodo de Grafite com Aplicação Forense

Maria Fernanda Cavalcante Machado^{a*}, Rafael Mafra de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Elidia Maria Guerra^a, Rodrigo Fernando Bianchi^a

^a Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del Rei – Campus Alto Paraopeba, Ouro Branco, MG, Brazil.
*e-mail: nanda2017machado@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A benzocaína é amplamente utilizada como agente de corte em drogas ilícitas, especialmente cocaína, devido à sua capacidade de produzir efeito anestésico semelhante ao da droga original. No entanto, sua presença está associada a riscos toxicológicos relevantes, como a metahemoglobinemia, tornando sua detecção essencial em análises forenses¹. Nesse contexto, métodos eletroquímicos têm se destacado como alternativas promissoras às técnicas convencionais, devido à sua rapidez, baixo custo e potencial para análises em campo².

Objetivos: Desenvolver e avaliar um método eletroquímico baseado em eletrodo de grafite para a detecção de benzocaína em soro fisiológico, visando aplicações forenses com elevada sensibilidade e baixo custo.

Metodologia: As análises eletroquímicas foram realizadas utilizando um sistema de três eletrodos, com grafite como eletrodo de trabalho, Ag/AgCl como referência e platina como contra-eletrodo. Soluções de benzocaína foram preparadas em soro fisiológico com pH ajustado para 3, visando simular a forma protonada (cloridrato) comumente encontrada em drogas ilícitas. As concentrações variaram de 0,25 a 5 mg mL⁻¹, sendo analisadas por voltametria cíclica em potenciostato μ -Autolab tipo III. Os dados foram tratados com o software NOVA.

Resultados e Discussões: A benzocaína apresentou um único pico de oxidação anódico, bem definido e irreversível, característico da oxidação de aminas aromáticas em eletrodos de carbono. A curva de calibração exibiu excelente linearidade ($R^2 = 0,99769$), evidenciando forte correlação entre corrente e concentração. A irreversibilidade do processo é analiticamente favorável, pois reduz interferências de reações reversas e contribui para maior definição do sinal eletroquímico. Esses resultados demonstram a eficiência do eletrodo de grafite na detecção do analito em matriz simples.

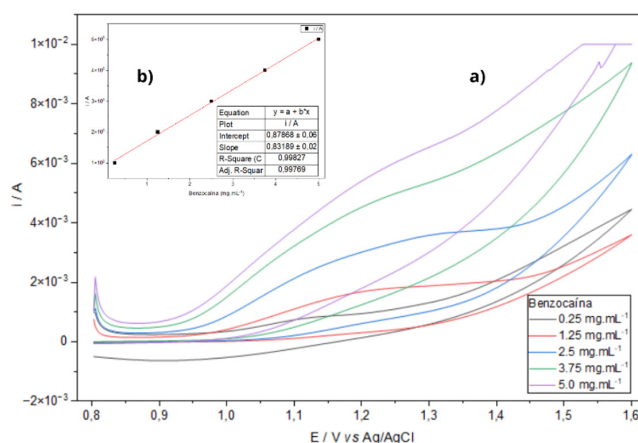


Figura 1. (a) Voltametria cíclica da benzocaína em diferentes concentrações em de soro fisiológico, pH = 3, vs Ag/AgCl, (b) curva de calibração da benzocaína.

Conclusão: O eletrodo de grafite demonstrou elevado desempenho na detecção eletroquímica de benzocaína em soro fisiológico, apresentando excelente linearidade ($R^2 = 0,99827$) e baixos limites de detecção ($0,22 \mu\text{mol L}^{-1}$) e quantificação ($0,72 \mu\text{mol L}^{-1}$). A metodologia proposta destaca-se como uma alternativa rápida, sensível e de baixo custo, com potencial aplicação em triagem forense.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- ¹ GUAY, J. *Anesthesia & Analgesia*, 2009, 108, 837–845.
- ² SHAW, L.; DENNANY, L. *Current Opinion in Electrochemistry*, 2017, 3, 23–28.



Aplicação de Nanomateriais Luminescentes na Identificação Forense de Impressões Digitais Latentes

Jéssica Higino de Souza^{a*}, Brenda Maria Vieira Marinho^b, Felipe Leon Nascimento de Sousa^b, Nicholas Ross^c, Laís Farias Azevedo de Magalhães Oliveira^a, Alexandro Mangueira Lima de Assis^{a,d}, A. Robert Hillman^c, Marcelo Navarro^b, Adriana Santos Ribeiro^a

^a Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57079-900; ^b Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, 57079-900;

^c University of Leicester, Leicester, United Kingdom, LE1 7RH; ^d Setor Técnico-Científico da Polícia Federal em Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57025-080.

*e-mail: jessica.higino@iqb.ufal.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: As impressões digitais constituem uma das formas de identificação biométrica mais utilizadas na Ciência Forense devido à sua singularidade e relevância em investigações criminais, sendo essencial o desenvolvimento de métodos e materiais eficientes para a revelação de impressões digitais latentes (IDLs)¹. Nesse contexto, nanopartículas, especialmente os *quantum dots* (QDs), destacam-se por suas propriedades ópticas e alta capacidade de interação com os resíduos das impressões digitais². Dentre os QDs, o sulfeto de prata-índio (AgInS₂) apresenta elevada fotoluminescência, estabilidade e baixa toxicidade³, fatores que influenciam no alto contraste e na seletividade das revelações de impressões digitais e conferem ao AgInS₂ um elevado potencial de uso na área forense.

Objetivos: Realizar a síntese eletroquímica do sulfeto de prata-índio (AgInS₂) estabilizados com glutatona, e avaliar sua eficiência na revelação de IDLs recentes e envelhecidas em diferentes superfícies não porosas.

Metodologia: O AgInS₂ foi sintetizado por via eletroquímica e estabilizado com glutatona, sendo caracterizado por técnicas espectroscópicas e microscópicas. As impressões digitais latentes foram depositadas em vidro e aço inoxidável e reveladas pela técnica do pó com QDs, sendo analisadas sob luz natural e UV (365 nm).

Resultados e Discussões: Os QDs apresentaram morfologia esférica, tamanho médio de partícula de aproximadamente 4 nm, com comprimento de onda de emissão em aproximadamente 600 nm quando excitados em 450 nm. A aplicação deste QD como pó revelador demonstrou alta eficiência na visualização das cristas papilares. A fluorescência dos QDs contribuiu significativamente para o aumento do contraste e maior visualização dos detalhes papilares, incluindo minúcias como evidenciados na Figura 1.

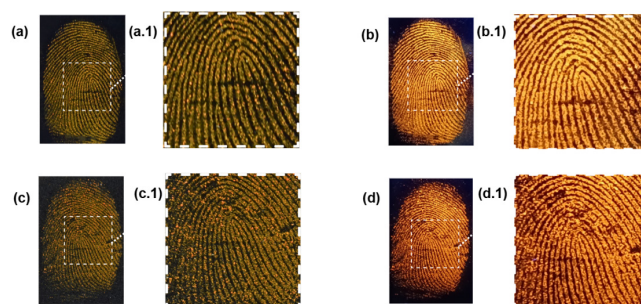


Figura 1. Imagens representativas de impressões digitais em aço inoxidável (a, b), vidro (c, d) reveladas com AgInS₂, sob luz natural (a, c), sob luz UV a 365 nm (b, d), com seções ampliadas mostradas em (a.1), (c.1), (b.1) e (d.1), respectivamente.

Conclusão: Os QDs de AgInS₂ apresentaram alta eficiência na revelação de impressões digitais latentes, com elevada sensibilidade e contraste sob luz UV, destacando-se como alternativa promissora aos métodos convencionais de revelação de impressões digitais.

Agradecimentos: CNPq, CAPES, FAPEAL, Polícia Federal- Instituto Nacional de Criminalística.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Champod C, Lennard C, Margot P, Stoilovic, M. Fingerprints and other ridge skin impressions. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- ² Assis AML, Costa CV, Alves MS, Melo JCS, Oliveira VR, Tonholo J, Hillman AR, Ribeiro AS. Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science, v. 5, n. 2, p. e1475, 2023.
- ³ Sousa FLN, Freitas DV, Silva RR, Silva SE, Jesus AC, Mansur HS, Azevedo WM, Navarro M. Materials Today Chemistry, v. 16, p. 100238, 2020.



Aplicação de Técnicas Espectroscópicas na Identificação de Peptídeos em Canetas Emagrecedoras Apreendidas

Fernando Cesar da Costa^{a*}, Leticia Malta Costa^a, Mariana Ramos de Almeida^a, Clésia Cristina Nascentes^a, Washington Xavier de Paula^b, Arlene Lima Moraes Coutinho^b

^a Departamento de Química, UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 31270901; ^b Instituto de Criminalística – Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30190-002.

*e-mail: fernandocesar_mg@yahoo.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A popularização do uso de canetas emagrecedoras contendo análogos de incretinas, como semaglutida e tirzepatida, tem favorecido a circulação de produtos falsificados e comercializados irregularmente. Nesse contexto, técnicas espectroscópicas rápidas e minimamente destrutivas como Raman e fluorescência destacam-se como ferramentas rápidas e sensíveis para a identificação de diferentes peptídeos nas formulações de canetas apreendidas.

Objetivos: Utilização combinada das espectroscopias Raman e de fluorescência para identificar amostras apreendidas de canetas emagrecedoras de diferentes princípios ativos.

Metodologia: Foram analisadas 15 amostras de canetas injetáveis apreendidas pela Polícia Civil de Minas Gerais. As análises Raman foram realizadas por leitura direta de 1 mL de amostra no vial em espectrômetro Raman Cora 5001, com laser em 532 nm. Para a espectrofluorimetria, 50 µL das amostras foram diluídos em etanol absoluto P.A. e analisados em espectrofluorímetro Cary Eclipse, utilizando excitação em 225 nm.

Resultados e Discussões: Os espectros Raman das amostras estão agrupados de acordo com o princípio ativo (Figura 1). Observa-se elevada similaridade espectral entre os peptídeos analisados, com destaque para o pico característico da fenilalanina em aproximadamente 1004 cm⁻¹ e para a banda larga em torno de 1650 cm⁻¹, atribuída às vibrações de Amida I. No espectro da insulina, destaca-se ainda uma banda intensa próxima de 500 cm⁻¹, relacionada às vibrações das ligações dissulfeto (S-S) do grupo cistina, característica estrutural marcante dessa proteína. Na figura 2 é possível ver o espectro de fluorescência das amostras apreendidas comparadas ao padrão de tirzepatida e a insulina. A tirzepatida quando excitada a 225 nm, emite um máximo em 303 nm, o que permite identificar a presença desse peptídeo em diferentes formulações.

Conclusão: A associação de técnicas espectroscópicas como Raman e fluorescência permitiu a identificação de peptídeos emagrecedores de forma rápida e pouco destrutiva constituindo uma ferramenta importante na análise forense.

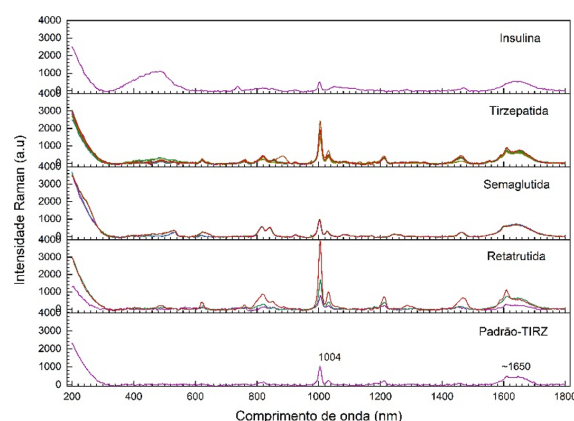


Figura 1. Espectros Raman dos diferentes tipos de peptídeos das canetas emagrecedoras

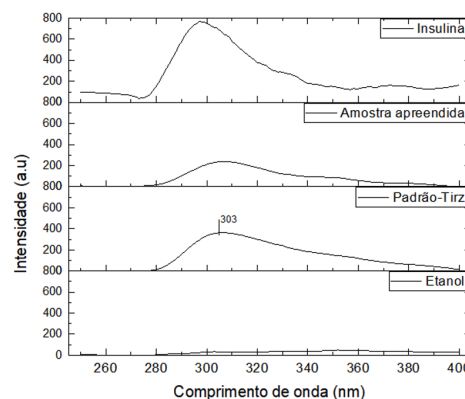


Figura 2. Espectro de fluorescência de amostras apreendidas de tirzepatida

Agradecimentos: Rede mineira de Ciências Forenses

REFERÊNCIA:

- 1 Mansour, N. M., El-Masry, A. A., El-Sherbiny, D. T., & Moustafa, M. A. White analytical insight for sensitive fluorescent determination of semaglutide and tirzepatide in pharmaceuticals and biological matrices. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2024, 313 (March).



Aplicação de UHPLC-HRMS com Aquisição MSe para Mineração e Identificação de Compostos de Interesse Forense

Marcos Paulo Thomé^{a*}

^a Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, BR, 90160-004.

*e-mail: marcos-thome@igp.rs.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A diversidade de substâncias de interesse criminal gera a demanda por métodos analíticos abrangentes, como a cromatografia líquida de ultra eficiência (UHPLC) acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (HRMS). O modo de aquisição MSe, baseado em aquisição independente de dados, permite a obtenção simultânea de informações de íons precursores e fragmentos em uma única corrida, viabilizando a mineração de dados e a avaliação comparativa com bibliotecas espectrais usando critérios complementares de confirmação molecular, como tempo de retenção e comparação com padrão isotópico teórico, aumentando, assim, a confiança na identificação dos analitos. A natureza *untargeted* da detecção MSe, aliado ao uso de softwares como o *Waters Connect*, permite a busca de analitos de forma *targeted* (comparação com uma biblioteca), *semi-targeted* (compostos suspeitos ou hipóteses estruturais e comparação com fragmentação *in silico*) e *non-targeted* (busca em bibliotecas espectrais *on line*, proposta de fórmula molecular e testes com fragmentação *in silico*).^{1,2}

Objetivos: Demonstrar a utilidade de UHPLC-HRMS com MSe, para mineração e descoberta de analitos, em química forense, de forma *target* e *semi-target*, para diferentes matrizes.

Metodologia: Utilizou-se UHPLC acoplado a espectrômetro de massas com analisador QTOF (Xevo G3, Waters Corporation), com separação em fase reversa, numa corrida de 15 min. A análise utilizou ionização ESI+, com aquisição em modo MSe, alternando entre energia de colisão baixa (6 eV) e alta (rampa de 10-40 eV), na faixa de aquisição de m/z 50–1000. A identificação envolveu estratégias *targeted* e *semi-targeted*, baseada na determinação da massa de alta resolução do íon precursor e de fragmento(s) (erro ≤ 5 ppm), além da avaliação do padrão isotópico como critério adicional de confirmação, considerando também a formação de adutos.

Resultados e Discussões: A abordagem permitiu a identificação de diferentes compostos em matrizes diversas, incluindo: Misoprostol em comprimidos e raspado vaginal; Metomil em bebida alcoólica;

Dimetiltriptamina (DMT) em líquido sem suspeita; Hidróxido de fentina (Fentin-OH) em suspensão com suspeita de agrotóxico e Tiametoxan em matriz sólida com suspeita de agrotóxico (tabela 1).

Tabela 1. Analitos, razão massa/carga (m/z) do aduto de íons precursores, m/z dos fragmentos e erro de m/z (Δ ppm)

Analito	[M+H] ⁺ (M/Z) (Δ Ppm)	Frag (M/Z) (Δ Ppm)
Misoprostol	383,2801 (+2,35)	365,2686 (0,00) 347,2581 (0,00)
Metomil	163,0530 (-3,68)	88,0212 (-4,54)
DMT	189,1394 (-1,06)	117,0698 (-0,85) 144,0815 (+4,86)
Fentin-OH	369,0298 (+0,81)	351,0190 (-1,71)
Tiametoxan	292,0258 (-2,74)	211,0643 (-2,84)

Tais estratégias integradas possibilitam a mineração de dados, dada a natureza global da aquisição, facilitando a busca de moléculas não listadas previamente. A geração de informações estruturais abrangentes, com confirmação baseada em padrão isotópico e diferentes espécies iônicas, dá a confiabilidade e especificidade necessária à confirmação da identidade. A aquisição em modo MSe permite reprocessamento e análise retrospectiva sem nova aquisição, evidenciando sua versatilidade na detecção de compostos conhecidos e emergentes.

Conclusão: A obtenção simultânea de dados de precursores e fragmentos, aliada à alta resolução de massa e à avaliação de padrão isotópico, adutos e íons multicarregados, proporciona robustez analítica, suporte à inferência de composição elementar e potencial para identificação retrospectiva e de novas substâncias.

Agradecimentos: À Waters pelo suporte técnico, Daniel Scolmeister e Andreia Porcari pela revisão e discussões.

REFERÊNCIAS:

¹ Plumb RS et al. Rapid Commun Mass Spectrom, 2006.

² Rainville PD et al. Waters Application Note, 2006.



Aplicação de um Modelo Quimiométrico DD-SIMCA para Autenticação de Cachaças Brancas de Alambique frente às Destiladas em Coluna por UHPLC-Orbitrap MS

Camila Maria Machado Santos^a, Flávio Alves Santos^a, Fernando Diniz Madureira^b, Diego Gomes Rocha^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901; ^b Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília, DF, Brasil, 70043-900.

*e-mail: cmms2024@ufmg.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A diferenciação entre cachaças produzidas em alambiques de cobre e em colunas de destilação contínua de aço inox representa um desafio analítico relevante para o controle de qualidade e a autenticação do processo produtivo. Os dois sistemas diferem fundamentalmente: no alambique, o cobre catalisa a remoção de compostos sulfurosos voláteis, e o fracionamento manual em cabeça, coração e cauda impacta o perfil dos compostos destilados. Nesse contexto, métodos de classificação por uma classe apresentam vantagem ao modelar exclusivamente a classe de interesse, permitindo avaliar autenticidade com base na similaridade química.

Objetivos: Desenvolver e validar um método analítico baseado em UHPLC-Orbitrap MS aliado à classificação por método *Data-Driven Soft Independent Modelling of Class Analogy* (DD-SIMCA) para autenticar cachaças brancas de alambique frente a cachaças de coluna.

Metodologia: Amostras de cachaça de alambique e de coluna foram preparadas por diluição de 40 vezes em solução de etanol 40% (v/v) em água. A separação cromatográfica foi realizada em sistema UHPLC-Orbitrap MS (Thermo Scientific) com coluna C18, fase móvel água/metanol com estratégia Full MS/AIF. Os dados brutos foram processados no MS-DIAL (v. 4.9). Os compostos mais significativos foram selecionados com base em razão dos grupos (*fold-change*), valor de *p* e *AUC*. A classificação por analogia de classe foi realizada pelo DD-SIMCA implementado no pacote *mdatools* (v. 0.14.2) do R (v. 4.4.2). As amostras de alambique do conjunto de calibração (34) foram empregadas, usando-se os

compostos selecionados como variáveis. Para o teste, usaram-se 10 amostras alambique e 27 de coluna.

Resultados e Discussões: PCA e HCA foram inicialmente empregadas para avaliação do perfil global das amostras, usando-se todos os íons detectados como variáveis. O uso de estatística univariada para seleção dos compostos mais discriminantes identificou os ácidos: 2-oxobutírico, pirúvico, 2,4-di-hidroxibutanoico, láctico, propiônico, heptanoico e crotônico; além de gama-lactona do ácido gulônico, glioxilato e ácido tricarbálico; todos enriquecidos em coluna. De acordo com os resultados da classificação pelo DD-SIMCA, 2 amostras apresentaram resultado falso positivo (altos níveis dos ácidos 2,4-di-hidroxibutanoico e láctico). 3 amostras de coluna foram classificadas como de alambique (altos níveis de ácido heptanoico e ácido tricarbálico).

Conclusão: O método DD-SIMCA mostrou-se viável para autenticar cachaças de alambique, com eficiência global de 84,3% no teste. Os erros de classificação estão associados a compostos cujas concentrações refletem variações no processo produtivo (fermentação, armazenamento), sugerindo que a discriminação química entre os dois tipos é possível, porém demanda um maior conjunto de dados para robustez analítica.

Agradecimentos: FAPEMIG e Rede Mineira de Ciências Forenses (APQ-00876-24)

REFERÊNCIA:

¹ BRASIL. Portaria MAPA nº 539-2022. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022.



Avaliação Comportamental do Zebrafish Exposto ao Canabidiol: Memória e Agressividade

Lívia Mara dos Reis Antunes^{a*}, Fernanda Ferreira da Silva Souza Monedeiro^b, Ana Laura Pinto Alves Soares^a, Nayna Cândida Gomes^a

^a Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos, São João da Boa Vista, São Paulo, Brasil, 13874651; ^b Cientista Bioanalytics and Metabolomics JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH HEALTH – Institute for Biomedical Research and Technologies, Graz, Steiermark, Áustria, 8010.

*e-mail: liviantunes@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A capacidade cognitiva envolve memória, raciocínio e resposta a estímulos, podendo ser afetada por alterações neurodegenerativas e pela exposição a substâncias químicas¹. Nesse contexto, o canabidiol (CBD) tem sido amplamente investigado devido às suas propriedades neuroprotetoras, incluindo a redução do acúmulo de beta-amiloide^{1,2}. No entanto, seus efeitos sobre parâmetros comportamentais, como memória e agressividade, ainda demandam investigação, especialmente sob a perspectiva toxicológica³. Assim, modelos experimentais como o zebrafish têm sido utilizados para avaliar respostas comportamentais frente à exposição ao CBD⁴.

Objetivos: Avaliar os efeitos comportamentais do canabidiol sobre a memória e a agressividade de zebrafish adulto, utilizando testes de reconhecimento de objetos e do espelho.

Metodologia: Estudo experimental aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos (Protocolo nº 2024.0019). Foram utilizados 24 zebrafish adultos, distribuídos em grupo controle e grupo exposto ao canabidiol. Os animais foram submetidos ao teste de reconhecimento de objetos, composto por fases de habituação, treinamento e teste, para avaliação da memória, e posteriormente ao teste do espelho, para análise do comportamento agressivo. Os comportamentos foram registrados por vídeo e analisados por meio do software AnimalITA, considerando parâmetros como tempo de exploração, área percorrida, latência e interação com estímulos.

Resultados e Discussões: No teste de reconhecimento de objetos, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para os parâmetros relacionados à memória. Entretanto, a área explorada no perímetro do objeto foi significativamente maior no grupo exposto ao canabidiol ($p = 0,024$), indicando maior comportamento exploratório e possível efeito ansiolítico. No teste

do espelho, observou-se aumento significativo da área explorada ($p = 0,003$) e do tempo de permanência no perímetro ($p = 0,047$), além de redução significativa no número de entradas no perímetro ($p = 0,021$), sugerindo menor impulsividade e redução da agressividade. Esses resultados indicam que o canabidiol pode atuar como modulador comportamental em zebrafish, principalmente sobre parâmetros relacionados à ansiedade e agressividade.

Conclusão: Conclui-se que o canabidiol não apresentou efeito significativo sobre a memória do zebrafish nas condições avaliadas, embora tenha promovido aumento do comportamento exploratório. Em contrapartida, observou-se redução da agressividade no teste do espelho, evidenciando potencial efeito ansiolítico e modulador comportamental do composto. Esses achados reforçam a importância de estudos adicionais com diferentes concentrações e tempos de exposição para melhor compreensão dos efeitos do canabidiol bem como a investigação de seu potencial em modelos experimentais de dependência química.

REFERÊNCIAS:

- ¹ RUVER, A. C. M. et al. Cannabinoid extract in microdoses ameliorates mnemonic and nonmnemonic Alzheimer's disease symptoms: a case report. *Journal of Medical Case Reports*, v. 16, p. 277, 2022.
- ² TAN, J. K. et al. Zebrafish: a pharmacological model for learning and memory research. *Molecules*, v. 27, p. 1–21, 2022.
- ³ LACHOWICZ, J. et al. Zebrafish as an animal model in cannabinoid research. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, p. 1–19, 2023.
- ⁴ CAMPOS, E. G. Zebrafish como organismo-modelo para análises de efeitos comportamentais e toxicológicos da cetamina empregando cromatografia em fase gasosa e estatística multivariada. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.



Avaliação da Presença de Elementos Potencialmente Tóxicos em Tinturas Capilares: Desenvolvimento e Validação de Método Aplicado à Química Forense

Maiara Silveira Caldeira^{a*}, Ariadne Gabriela Loreto Peres Gonçalves^a, Bruna da Cunha Padoin^a, Rochele Sogari Picoloto^a

^a Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 97105-900.

*e-mail: maiara.silveira@acad.ufsm.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: As tinturas capilares, utilizadas desde a antiguidade, evoluíram de extratos naturais para formulações químicas contendo aminas aromáticas, agentes oxidantes e elementos potencialmente tóxicos. O uso frequente desses produtos, geralmente mensal, torna-os uma possível fonte de exposição, incentivando a investigação de sua composição.^{1,2} Nesse contexto, regulamentações da União Europeia (EU) e da Food and Drug Administration (FDA) estabeleceram limites máximos para As (0,5 mg kg⁻¹), Cd e Hg (0,1 mg kg⁻¹) e Pb (2 mg kg⁻¹), reforçando a importância do monitoramento desses elementos para garantir a segurança dos consumidores.³

Objetivos: Desenvolver um método baseado em digestão assistida por radiação micro-ondas, seguido de determinação de Ag, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn, Sr e V por técnicas espectrométricas em tinturas capilares, aplicável ao contexto da química forense.

Metodologia: O método baseia-se na digestão assistida por micro-ondas em câmara única de reação, com otimização da massa de tintura capilar (0,5 a 1,0 g) e a concentração de HNO₃ (0,5 a 14 mol L⁻¹). As condições otimizadas consistiram em 1,0 g de tintura capilar, 8 mL de HNO₃ 3 mol L⁻¹, utilizando o sistema UltraWAVE (Milestone, Itália), com aquecimento: rampa até 230 °C (15 min), permanência a 230 °C (15 min) e resfriamento por 25 min. Para validação do método, utilizou-se uma tintura capilar preta com adição de padrão multielementar contendo Ag, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn, Sr e V (1 µg g⁻¹), homogeneizada por agitação Turrax (Kinematica Polytron PT 3100 D) a 15.000 rpm por 30 min. O método otimizado foi aplicado às tinturas capilares das tonalidades preto, chocolate, louro escuro e borgonha. A determinação dos elementos foi feita por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES, Optima 7000 DV, PerkinElmer) e por espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado e triplo quadrupolo (ICP-MS/MS, iCAP TQ ICP-MS, Thermo Fisher Scientific).

Resultados e Discussões: A avaliação da exatidão do método foi realizada por meio da adição de um padrão de 1 µg g⁻¹ à tintura

capilar preta. Sob a condição otimizada, todos os elementos analisados (Ag, Ba, Bi, Cd, Co, Cu, La, Li, Mg, Mn, Mo, Pb, Zn, Sr e V) apresentaram concentrações próximas a concentração adicionada, com recuperações variando de 92 a 102% para a maioria dos elementos, evidenciando a exatidão e a capacidade de recuperação dos analitos pelo método proposto. Estes resultados, associados aos desvios-padrão relativos que variaram de 0,5 a 13%, confirmam a eficiência do método desenvolvido e a adequada recuperação dos analitos. Quanto às demais tinturas capilares, observou-se variação dos resultados de acordo com a tonalidade utilizada. Para a tintura preta, as concentrações de Ag, Cd, Cr, Fe, La, Li, Mg, Ni, Pb e Zn variaram entre 0,001 e 0,190 µg g⁻¹. Por outro lado, a tintura chocolate apresentou concentrações de Ag, Cd, Fe e Li de 0,005 a 0,242 µg g⁻¹. Enquanto a tintura louro escuro as concentrações de Ag, Ba, Cd, Fe, Li e Mg variaram de 0,002 a 0,846 µg g⁻¹. Por fim, para a tintura borgonha, as concentrações de Ba, Mg, Mo, Pb e Zn foram de 0,006 a 0,548 µg g⁻¹.

Conclusão: O método desenvolvido mostrou-se eficiente para a digestão e determinação de metais e não metais em tinturas capilares, utilizando uma elevada massa de amostra (1 g) e ácidos diluídos (3 mol L⁻¹), o que reduz significativamente a geração de resíduos. Com limites de quantificação (LOQ) entre 0,007 e 2,95 µg g⁻¹, o método atende às exigências de órgãos reguladores como a UE e FDA para elementos potencialmente tóxicos. Como as tinturas são geralmente usadas mensalmente, podem representar uma fonte de exposição e risco à saúde, justificando sua investigação.

Agradecimentos: CAPES, CNPq, e ao programa MAI-DAI vinculado ao PPGQ da UFSM.

REFERÊNCIAS:

- NOHYNEK, G. J. et al. Journal of Food and Chemical Toxicology, v. 42, n. 4, p. 517–543, 1 abr. 2004.
- GONÇALVES, L. C.; ROBERTO, M. M.; MARIN-MORALES, M. A. Journal of Colorants, v. 5, n. 1, p. 4, 26 jan. 2026.
- MESKO, M. F. et al. Journal of Analytica Chimica Acta, v. 1098, p. 1–26, fev. 2020.



Avaliação da Seletividade do Eletrodo de Grafite para Adulterantes de Interesse Forense por Voltametria de Onda Quadrada

Luisa Mesquita Pereira César^{a*}, Maria Fernanda Cavalcante Machado^a, Rafael Mafra de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Rodrigo Fernando Bianchi^b, Dane Tadeu Cestarolli^a, Elidia Maria Guerra^a

^a Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del Rei – Campus Alto Paraopeba, Ouro Branco, MG, Brazil.
^{*}e-mail: luisa.cezar@aluno.ufsj.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A presença de adulterantes como cafeína, procaína e levamisol em amostras de drogas ilícitas apreendidas é frequente e representa um desafio para a perícia forense, uma vez que esses compostos mascaram a identificação do princípio ativo e dificultam análises quantitativas precisas. Essas substâncias são comumente adicionadas à cocaína para aumentar o volume do produto final e potencializar ou mimetizar efeitos psicoativos. A cafeína atua como estimulante, a procaína é um anestésico local que produz efeito semelhante à cocaína, e o levamisol, originalmente um anti-helmíntico veterinário, tem sido associado a efeitos imunomoduladores e complicações de saúde em usuários. Neste contexto, métodos eletroquímicos de baixo custo, rápida resposta e fácil operação vêm se destacando como ferramentas promissoras para triagem forense.

Objetivos: Avaliar a seletividade de um eletrodo de grafite na discriminação dos adulterantes cafeína, procaína e levamisol utilizando a técnica de voltametria de onda quadrada em meio de soro fisiológico (NaCl 0,9% m/v) com pH ajustado para 3.

Metodologia: As soluções dos adulterantes foram preparadas nas concentrações de 0,11; 0,132; 0,147 e 0,165 mg mL⁻¹ em soro fisiológico (NaCl 0,9% m/v) com pH ajustado para 3 mediante adição de HCl. Utilizou-se a técnica de voltametria de onda quadrada (VOQ) empregando um sistema eletroquímico convencional de três eletrodos: eletrodo de trabalho de grafite, eletrodo auxiliar de platina e eletrodo de referência de Ag/AgCl (KCl 3,0 mol L⁻¹). As medidas foram realizadas em triplicata à temperatura ambiente.

Resultados e Discussões: Os resultados obtidos demonstraram perfis voltamétricos distintos para cada substância, com picos anódicos bem definidos e em potenciais característicos. A cafeína apresentou pico em aproximadamente +1,2 V, a procaína em cerca de +0,9 V e o levamisol em torno de +0,7 V. Observou-se uma relação direta entre o aumento da concentração dos adulterantes e a intensidade da corrente de pico, indicando potencial para aplicação quantitativa. A separação clara dos sinais eletroquímicos, mesmo em um meio complexo como o soro fisiológico, evidencia que o eletrodo de grafite é capaz de discriminar seletivamente os três adulterantes, sem sobreposição significativa dos picos. Estudos anteriores demonstram a viabilidade da detecção eletroquímica de cocaína e seus adulterantes utilizando eletrodos à base de carbono.

Conclusão: A voltametria de onda quadrada com eletrodo de grafite em soro fisiológico pH 3 mostrou-se capaz de discriminar seletivamente cafeína, procaína e levamisol, com perfis eletroquímicos distintos para cada adulterante. Os resultados são promissores para aplicações forenses na triagem de amostras de drogas ilícitas apreendidas, oferecendo vantagens como baixo custo, rapidez e simplicidade operacional. Estudos futuros incluirão a avaliação de misturas binárias e ternárias para confirmar a seletividade em condições mais próximas das amostras reais.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, RQ-MG/FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Wu Q, Bi HM, Han XJ. Recent advances in electrochemical detection of illicit drugs: A comprehensive review. Chinese Journal of Analytical Chemistry, v. 49, p. 330-340, 2021.



Avaliação Eletroquímica da Lidocaína em Soro Fisiológico e Urina Sintética Utilizando Eletrodo de Grafite

Alicia Chan Wei Wen¹, Eliakim Chistel Leonel Evangelista^a, Rafael Mafra de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Rodrigo Fernando Bianchi^b, Elidia Maria Guerra^a

^a Universidade Federal de São João del Rei, Campus Alto Paraopeba, Departamento de Química, Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil, 36497-899; ^b Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Física, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 35400-000.
e-mail: aliciachanww@aluno.ufsj.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A lidocaína é um anestésico local amplamente empregado como adulterante em amostras de cocaína apreendidas, pois mimetiza o efeito anestésico da droga ilícita e aumenta o volume do produto final, dificultando a identificação da pureza real. No contexto forense, o desenvolvimento de métodos rápidos, de baixo custo e portáteis para detecção de lidocaína é fundamental. Técnicas eletroquímicas, como voltametria de pulso diferencial (VPD) e voltametria de onda quadrada (VOQ), têm se mostrado promissoras para esse fim, especialmente quando associadas a eletrodos de grafite [1]. A análise em diferentes matrizes, como soro fisiológico e urina sintética, permite simular condições de apreensão ou análises toxicológicas.

Objetivos: Realizar um estudo eletroquímico comparativo da lidocaína utilizando eletrodo de grafite em soro fisiológico (pH 3,0 com acetonitrila) e urina sintética (pH 5,3), avaliando as respostas voltamétricas por VPD e VOQ em função da concentração do adulterante (0,25 a 5,0 mg mL⁻¹).

Metodologia: Soluções de lidocaína foram preparadas nas concentrações de 0,25; 1,25; 2,5; 3,75 e 5,0 mg mL⁻¹ em soro fisiológico (NaCl 0,9% m/v, pH 3,0 com HCl e acetonitrila 10% v/v) e em urina sintética (pH 5,3 com acetonitrila). Utilizou-se sistema eletroquímico de três eletrodos: eletrodo de trabalho de grafite, eletrodo auxiliar de platina e eletrodo de referência de Ag/AgCl (KCl 3,0 mol L⁻¹). As técnicas empregadas foram voltametria de pulso diferencial (VPD) e voltametria de onda quadrada (VOQ).

Resultados e Discussões: Em soro fisiológico pH 3, as curvas de VPD mostraram pico anódico para lidocaína em aproximadamente +1,0 V, com aumento progressivo da corrente de pico em função da concentração. A VOQ apresentou picos mais intensos e melhor definidos, na faixa de +0,8 a +1,2 V, evidenciando maior sensibilidade. Em urina sintética pH 5,3, observou-se deslocamento do pico para potenciais mais positivos (+1,1 a +1,3 V) e correntes de pico menores em comparação ao soro fisiológico, indicando interferência da matriz e efeito do pH. A técnica VOQ permitiu melhor discriminação dos picos, especialmente nas concentrações mais baixas (0,25 e 1,25 mg mL⁻¹). Os resultados demonstram que o eletrodo de grafite é capaz de detectar lidocaína em ambas as matrizes, com resposta proporcional à concentração.

Conclusão: A voltametria de onda quadrada e de pulso diferencial com eletrodo de grafite mostrou-se viável para a detecção de lidocaína em soro fisiológico pH 3 e urina sintética pH 5,3, com melhor desempenho em soro fisiológico. A técnica VOQ apresentou maior sensibilidade e resolução. Os resultados são promissores para aplicações forenses na triagem de amostras de cocaína apreendidas contendo lidocaína como adulterante.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, RQ-MG/FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

¹ de Araujo, W. R.; Paixão, T. R. L. C. *Sens. Actuators B*, 2017, 243, 557-565.



Caracterização Analítica de Novas Substâncias Psicoativas e Drogas Sintéticas Clássicas Apreendidas em Minas Gerais

Melissa S. Ozaki^{a*}, Pablo A. Marinho^b, Luísa L. Moraes^a, Arlene L. M. Coutinho^b, Bárbara F. C. Lara^b, Beatriz C. Fonseca^b, Cintia F. Alves^b, Cláudia D. R. Ricoy^b, Fernando P. Macedo^b, José C. Neto^b, Karine M. Oliveira^b, Paulo E. N. A. Barbosa^b, Renata F. P. Faraco^b, Ricardo M. D. Byrro^b, Rogério A. Lordeiro^b, Stela M. M. Castro^b, Washington X. de Paula^b, Yuri Machado^b, Clésia Cristina Nascentes^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 31270-901; ^b Instituto de Criminalística, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 30190-002.

*e-mail: melsilvaazaki@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: As identificações de novas substâncias psicoativas (NSPs) no Brasil, aumentaram, notoriamente, a partir de 2014, alcançando o maior patamar em 2023 na Polícia Federal (PF). Este fato chamou a atenção dos pesquisadores para o monitoramento destes compostos em abrangência federal e estadual. A caracterização da composição destas substâncias, análises georreferenciais, projeções de crescimento e unificação das informações em plataformas como o Observatório Brasileiro de Informações sobre Drogas (OBID) facilitam a aplicação das respectivas medidas legais, assim como a formulação e o ajuste de políticas públicas. Esta pesquisa integra o projeto de desenvolvimento da plataforma Argus, para gestão integrada e inteligente de Drogas. O enfoque utilizado neste estudo consistiu na análise dos dados de NSPs e outras drogas sintéticas clássicas identificadas pela perícia criminal da Polícia Civil de Minas Gerais (PCMG) no período de um ano.

Objetivos: Analisar o perfil de apreensões de substâncias psicoativas, seus precursores químicos, localização das apreensões e possíveis tendências na identificação de NSPs no estado de Minas Gerais.

Metodologia: Foram analisados resultados analíticos do laboratório de química forense da PCMG (n=1799 requisições periciais) no período de janeiro de 2025 a janeiro de 2026. Os dados foram obtidos a partir de laudos periciais oficiais e boletins de ocorrência para o georreferenciamento das apreensões, formas de apresentação da droga e compilação dos resultados analíticos instrumentais (FTIR, GC-MS e LC-MS/MS).

Resultados e Discussões: No período do estudo foram identificadas 233 NSPs (11,5%) e 1793 drogas sintéticas clássicas (88,5%). Entre as NSPs a classe mais identificada foi os canabinoides sintéticos (77,7%), seguida das aril-ciclo-alquilaminas (10,3%), feniletilaminas (6,9%) e catinonas sintéticas (3%). Os canabinoides sintéticos mais identificados foram 5F-ADB, MDMB-4EN-PINACA e MDMB-INACA. As principais feniletilaminas detectadas foram 25B-NBOH, 25C-NBOH e 25E-NBOH, e entre as catinonas sintéticas,

destacaram-se a N,N-Dimetilpentilona e N-Etilpentilona. Já entre as drogas sintéticas clássicas, o MDA foi a droga com maior número de identificações (75,2%). Outras drogas como a MDMA (13,2%), LSD (4,6%) e a metanfetamina (4,1%) foram identificadas, porém em quantidades menores, tanto isoladamente quanto associadas a outras drogas, incluindo as NSPs. Em relação aos precursores, o MMDPPA e o PMK etilglicinato foram identificados e estiveram sempre associados ao MDA. A dimetilsulfona (metilsulfanilmetano) foi detectada principalmente associada a MDA, sendo reportado seu uso na adulteração de anfetaminas. Entre os benzodiazepínicos, foram detectados o etizolam e bromazolam em selos. A prometazina, xilazina e medetomidina foram identificadas juntamente aos canabinoides sintéticos. A forma de apresentação das drogas analisadas variou entre ambos os grupos. Enquanto NSPs frequentemente se encontravam na forma de papel (66%), as drogas sintéticas clássicas foram mais detectadas na forma de comprimidos (79,5%). A análise georreferencial das apreensões no estado de Minas Gerais, evidencia uma evidente concentração de apreensões dos canabinoides sintéticos em estabelecimentos prisionais.

Conclusão: O monitoramento sistemático de resultados laboratoriais na identificação de drogas, sobretudo as NSPs, bem como a unificação dos dados em nível nacional fornecem um parâmetro mais amplo para identificar e avaliar tendências de uso e apreensões, apoiando o desenvolvimento de intervenções rápidas e mais efetivas na saúde e segurança pública.

Agradecimentos: PCMG, UFMG, Rede Mineira de Ciências Forenses, INCT-SP, CNPq (Processo nº 406958/2022-0) FAPEMIG (Processo APQ-03984-24) e CAPES (Processo 88887.954256/2024-00).

REFERÊNCIAS:

- 1 Ministério de Justiça e Segurança Pública. Observatório Brasileiro de Informações sobre Drogas - OBID. Painel de dados. 2026.
- 2 Superintendência da Polícia Técnico-Científica de São Paulo. Novas Substâncias Psicoativas em São Paulo. Relatório 2025. 2026.



Caracterização de Isótopos de Nitrogênio e Carbono em Comprimidos de MDA Apreendidos pela Polícia Federal

Sueli Alves dos Santos^{a*}, Fernanda Costa de Aquino^a, Jorge Marcelo de Freitas^a

^aINC/DITEC/PF, Brasília, DF, Brasil.

*e-mail: suelialves_santos@live.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O MDA, frequentemente comercializado sob a mesma denominação genérica de “ecstasy”, assim como o MDMA, é uma droga sintética encontrada em comprimidos de diferentes logotipos e cores. No contexto da Química Forense e do Projeto Perfil Químico (PeQui) da Polícia Federal, a caracterização química dessas amostras é essencial para a geração de dados de inteligência criminal. Em continuidade à linha de pesquisa com MDMA, foram realizadas análises de razão isotópica multielementar ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$) e caracterização química, visando diferenciar possíveis origens das amostras de MDA e identificar padrões de síntese.

Objetivos: Avaliar o perfil químico de comprimidos de MDA, identificando a presença de substâncias ativas, adulterantes e as razões dos isótopos $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ com o intuito de identificar possíveis padrões que indicariam diferentes rotas de síntese para a produção da substância, visando expandir o volume de dados disponíveis para o PeQui.

Metodologia: A determinação do teor de MDA foi realizada por cromatografia gasosa com detecção por ionização em chama (CG/FID). Após purificação, análises de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram feitas por GC-IRMS (*Compound-Specific Isotope Analysis* ou CSIA) e $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ foram feitas por EA-IRMS (“bulk”) para determinação das razões isotópicas. Todos os valores foram corrigidos com base em materiais de referência certificados. A caracterização dos principais excipientes foi realizada por espectroscopia no infravermelho (FTIR), com subtração de espectros, e/ou espectroscopia Raman, utilizando espectrômetro portátil.

Resultados e Discussões: As análises de 32 comprimidos contendo MDA revelaram teores entre 11,1% e 43,1% (média de 26,38%) e massa média de 727,05 mg. Foram identificados excipientes como celulose e luteína. Os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre -1,23 e -22,38 e $\delta^{13}\text{C}$ apresentou valores muito homogêneos conforme a Tabela 01 e Gráfico 01. De forma complementar, os dados de $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ das amostras de MDA apresentaram variabilidade e formação de agrupamentos isotópicos conforme a Tabela 01, indicando diferentes perfis entre os comprimidos analisados.

Gráfico 01

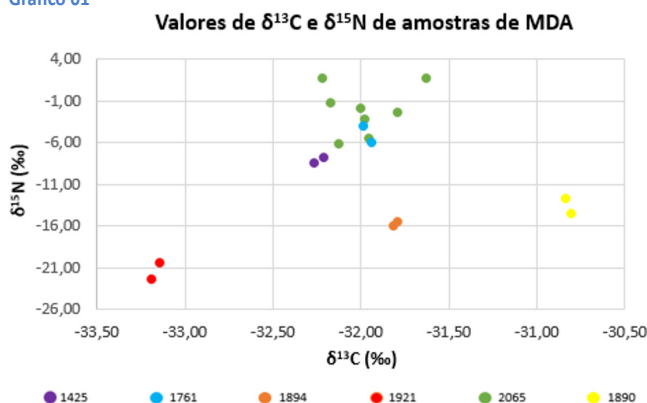


Tabela 01

Amostra	Excipientes Raman e/ou FTIR	Histórico	%MDA	Massa Comprimido	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	$\delta^2\text{H}/^{1}\text{H}$
1425-01A	Celulose	Correspondência postal	33,10	724,24	-32,26	-8,46	18,10	1,90
1425-01B	Celulose	Correspondência postal	33,40	730,28	-32,21	-7,80	18,34	2,09
1761-01A	Celulose e Luteína	Correspondência postal	45,00	485,62	-31,98	-4,17	17,65	5,85
1761-01B	Celulose e Luteína	Correspondência postal	44,30	443,38	-31,93	-6,03	18,39	8,20
1890-01A	Luteína e Celulose	Correspondência postal	34,70	586,76	-31,81	-16,04	22,80	-14,81
1890-01B	Luteína e Celulose	Correspondência postal	33,40	611,64	-31,79	-15,49	23,76	-12,27
1894-01A	Luteína e Celulose	Correspondência postal	32,10	490,38	-31,81	-16,04	16,37	-8,49
1894-01B	Luteína e Celulose	Correspondência postal	27,80	495,62	-31,79	-15,49	19,35	-9,74
1921-01A	Celulose	Correspondência postal	18,60	866,00	-33,14	-20,44	22,87	-1,28
1921-01B	Celulose	Correspondência postal	23,40	879,37	-33,19	-22,38	25,63	-0,68
2065-01A	Celulose e Luteína	Correspondência postal	17,50	939,75	-32,17	-1,23	24,13	-2,54
2065-01B	Celulose e Luteína	Correspondência postal	11,10	1062,55	-32,22	1,70	28,05	-7,57
2065-02A	Celulose e Luteína	Correspondência postal	11,60	800,73	-31,63	1,68	26,00	-11,85
2065-02B	Celulose e Luteína	Correspondência postal	17,00	774,82	-31,79	-2,41	25,75	-8,99
2065-03A	Celulose e Luteína	Correspondência postal	34,50	573,68	-31,96	-5,49	22,97	4,31
2065-03B	Celulose e Luteína	Correspondência postal	29,00	575,50	-32,12	-6,18	24,71	2,27
2065-04A	Celulose e Luteína	Correspondência postal	22,80	850,09	-32,00	-1,94	27,32	-9,08
2065-04B	Celulose e Luteína	Correspondência postal	18,10	858,10	-31,97	-3,30	28,39	-2,19

Conclusão: A integração dos dados isotópicos com os perfis químicos permitiu identificar similaridades entre determinadas amostras, não excluindo possíveis origens comuns, ao mesmo tempo em que outras apresentaram características distintas. Os resultados indicam o potencial da análise isotópica multielementar como ferramenta para o agrupamento e a avaliação de possíveis relações entre comprimidos de MDA no contexto forense.

Agradecimentos: À equipe do Serviço de Perícias de Laboratório (SEPLAB) da Polícia Federal.



Caracterização de uma Nova Substância Psicoativa Apreendida pela Polícia Federal

Bruna Miguel Ferreira da Silva^{a*}, Anita Monteiro Meireles^a, Gilberto Lucio Benedito de Aquino^{a,b}

^a Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal (INC/PF), Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70610-902; ^b Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil, 75132-903.

*e-mail: bruna.miguel2252@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A emergência de opioides sintéticos da classe dos nitazenos, representa um grave desafio à saúde pública e à ciência forense devido à sua elevada potência e disseminação global. Recentemente listado pelo UNODC como uma das dez principais novas substâncias psicoativas (NSP), o protodesnitazeno exige caracterização química rigorosa para fins toxicológicos e criminais. Através da integração de técnicas avançadas como, qNMR e FTIR, é possível realizar a elucidação estrutural, a quantificação da pureza e a identificação de precursores, permitindo a reconstrução de rotas sintéticas clandestinas e o rastreamento de redes de produção.

Objetivos: Este trabalho objetiva a caracterização analítica do protodesnitazeno via purificação por cromatografia *flash* e quantificação por qNMR, visando caracterizar de forma inequívoca a estrutura molecular e identificar os possíveis marcadores de rotas sintéticas clandestinas para subsídio à ciência forense.

Metodologia: O material apreendido foi inicialmente solubilizado em metanol de grau analítico e submetido a um conjunto de técnicas espectrométricas (CG-EM RMN de ¹H e ¹³C, incluindo experimentos bidimensionais HSQC e HMBC, além de FTIR e Raman), possibilitando a caracterização estrutural abrangente da substância. A purificação foi realizada por cromatografia *flash* em sílica gel (acetato de etila:metanol, 90:10), permitindo a identificação do precursor 2-(4-propoxybenzyl)-benzimidazole. A quantificação foi realizada por qNMR, empregando dimetilsulfona como padrão interno. As condições experimentais foram criteriosamente ajustadas, com determinação dos tempos de relaxação longitudinal (T₁) e parâmetros de aquisição otimizados.

Resultados e Discussões: A análise por qNMR indicou pureza aproximada de 73%, evidenciando a presença de impurezas. A purificação por cromatografia *flash* possibilitou a separação do composto com 98% de pureza (Figura 1) e a identificação do intermediário 2-(4-propoxybenzyl)-benzimidazole, relevante para a elucidação da rota sintética clandestina.

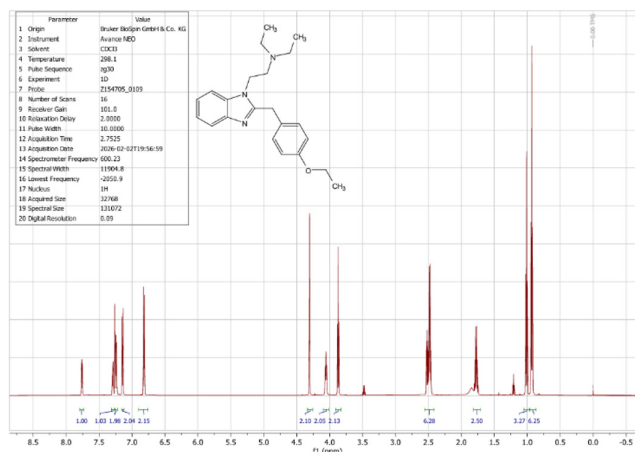


Figura 1. Espectro de RMN ¹H (600 MHz, CDCl₃) do protodesnitazeno purificado por cromatografia *flash*.

Conclusão: Em síntese, este estudo demonstra que a aplicação integrada de técnicas analíticas avançadas constitui uma abordagem robusta para a caracterização de opioides sintéticos. Os resultados fornecem dados quantitativos e estruturais essenciais, contribuindo para a toxicologia na avaliação de riscos e, no âmbito da ciência forense, fortalecendo a capacidade investigativa na identificação de rotas clandestinas de produção. Assim, o trabalho representa uma contribuição relevante no enfrentamento da crise global dos opioides sintéticos, ao integrar ciência analítica de alta complexidade às estratégias de saúde pública e segurança.

Agradecimentos: Polícia Federal

REFERÊNCIA:

¹ *The challenge of new psychoactive substances*. Disponível em: <<https://www.unodc.org/unodc/en/scientists/the-challenge-of-new-psychoactive-substances.html>>.



Characterization of Seized Nobésio Samples by Raman Spectroscopy: Comparison with GC-MS and Infrared Spectroscopy

Ana Flávia David Prates^a, Washington Xavier de Paula^b, Mariana Ramos Almeida^a

^aDepartamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 31270-901; ^bInstituto de Criminalística da Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 30190-002.
*E-mail: flaviadprates@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: In 2025 the previously declining trend in phenethylamine seizures by the Federal Police was reversed, with a marked increase associated with “nobésio” (clobenzorex or femproporex), which accounted for nearly all reported identifications within this class [1]. The compositional variability of these materials, due to excipients and adulterants, compromises the reliability of single analytical techniques, highlighting the need for multi-method approaches and the development of alternative analytical methods for forensic characterization.

Aims: This study aims to characterize seized “nobésio” samples using Raman spectroscopy and to assess its performance as a screening tool through comparison with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and infrared spectroscopy (IR).

Methods: The analyses were performed on seized “nobésio” tablet by the Polícia Civil de Minas Gerais. A total of fifteen samples were analyzed after grinding to ensure sample homogeneity. Raman spectra were acquired using a compact spectrometer (Anton Paar Cora 5001) equipped with a 1064 nm excitation laser, covering the spectral range of 200–1800 cm^{-1} , with an integration time of 15,000 ms and four accumulations. Compound identification was carried out using in-house spectral libraries, applying a Hit Quality Index (HQI) threshold of 50 for positive matches. The Raman results were subsequently compared with GC-MS and infrared (IR) data previously obtained for the same samples.

Results and Discussion: Characteristic bands of clobenzorex are observed at 1602, 1573, 1447, 1355, 1285, 1208, 1037, and 1002 cm^{-1} . These bands are attributed to aromatic C=C stretching vibrations, C-C deformation modes in both the aliphatic chain and the aromatic ring, as well as characteristic vibrations of the CH_2 group [2]. In several samples, the spectral profile of clobenzorex was observed; however, it was often accompanied by more intense bands associated with excipients, such as cellulose, and

adulterants, such as caffeine (Figure 01). In the spectral library analysis, the identification of amphetamine was interpreted as indicative of the presence of clobenzorex (Table 1).

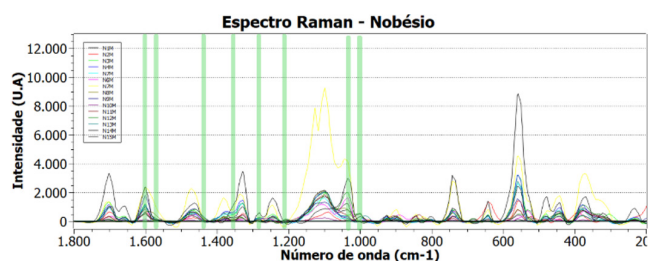


Figure 01. Raman spectra of grinded nobésio with characteristic bands of clobenzorex highlighted in green

Table 1. Comparison of results consistent with nobésio in each technique

	Samples		
	Raman	IV	GC-MS
Clobenzorex or Femproporex	N4, N6, N7, N8, N11, N12, N13, N14, N15	N4, N5, N6, N7, N10, N13, N14	N4, N5, N6, N7, N9, N10, N13, N14, N15

Conclusion: Raman spectroscopy is a rapid and promising technique for characterizing seized “nobésio” tablets, demonstrating sensitivity to amphetamine-type compounds. Future work should expand the sample set and improve the characterization of excipients and adulterants.

Acknowledgements: CNPq, CAPES, FAPEMIG (Rede Mineira de Ciências Forenses), and Polícia Civil de Minas Gerais.

REFERENCES:

- 1 Federal Police. *Synthetic Drugs Report 2025*. Brasília: Federal Police, 2026.
- 2 Moreira RV, Costa JL, Menezes MR, Faria DLA. *Vibrational Spectroscopy*, 87, 104–110 (2016).



Chemical Profiling of Counterfeit Perfumes by NMR Spectroscopy

Fernanda Bittencourt Bessa^a, Caroline da Ros^a, Kahlil Schwanka Salome^{a*}

^a Lab RMN - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil, 81531-980.

*e-mail: kahlil.salome@ufpr.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introduction: The fragrance industry represents one of the most economically significant sectors of the global cosmetic market, characterized by products with high chemical complexity. These formulations are developed through an intricate combination of synthetic compounds and natural extracts¹. However, the high market price of authentic perfumes has catalyzed a surge in the trade of counterfeit fragrances, which frequently utilize low-grade raw materials and inconsistent concentrations of chemical constituents². Unlike authentic products, counterfeit perfumes often contain unregulated substances that can trigger adverse physiological reactions, such as contact dermatitis and respiratory distress³. In this context, Nuclear Magnetic Resonance (NMR) spectroscopy emerges as a powerful tool for quality control and the identification of specific adulterants without the need for extensive sample preparation.

Aims: This research aims to evaluate the chemical composition of counterfeit perfumes seized by the Federal Police, NMR to identify substances that may pose significant risks to public health.

Methods: In the present work, the 44 perfumes were prepared in the same way. 500 μ L of each sample was mixed with 100 μ L of deuterated chloroform (CDCl_3 , 99.8% D) with 0.1% (v/v) of tetramethylsilane (TMS) as an internal standard. The ^1H NMR spectra were acquired in a Bruker Avance NEO spectrometer operating at 9.4 T. All spectra were acquired using 64 scans to ensure an adequate signal-to-noise ratio for the detection of minor components in the counterfeit samples.

Results and Discussion: The ^1H NMR spectra revealed several differences in chemical composition, as indicated by variations in the number, intensity, and distribution of signals across the aliphatic, oxygenated, olefinic, and aromatic regions. Figure 1 shows a representative comparison between an authentic perfume and a counterfeit sample. The authentic product exhibited a richer spectral profile, with different chemical constituents, and higher relative concentrations of several compounds. In contrast, the counterfeit sample showed a simpler profile, suggesting that

the counterfeit formulation does not reproduce the chemical complexity or the relative composition of the original product. In addition to ethanol, the major component in the matrix, several samples presented signals compatible with fragrance-related compounds, such as terpenoids, aromatic derivatives, esters, and other oxygenated substances.

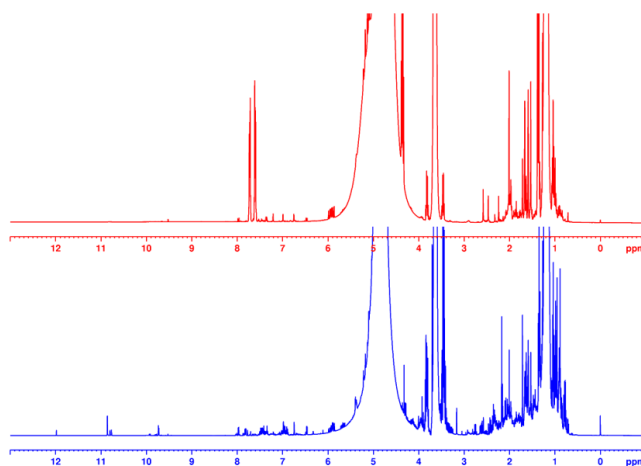


Figure 1. Representative ^1H NMR spectra of an authentic perfume (bottom, blue) and a counterfeit sample (top, red)

Conclusion: Overall, ^1H NMR spectroscopy proved to be a rapid and informative tool for screening counterfeit perfumes, allowing the detection of compositional differences and suspicious chemical profiles with minimal sample preparation.

Acknowledgements: FINEP, Fundação Araucária, CNPq, CAPES e UFPR

REFERÊNCIAS:

- ¹ Guć, M. e col. Measurement, 168, 108326, 2021.
- ² Dumont, P.-L. e col. Science & Justice, 66 (3), 101445, 2026.
- ³ Kumar, M. e col. Journal of Cosmetic Dermatology, 20, 391, 2020.



Chemometric Analysis of Aldicarb Contaminated Coffee Using NIR Spectroscopy

Hélio Milito Martins de Amorim Neto^{a*}, Rogério Araújo Lordeiro^b, Yuri Machado^b, Ricardo Mathias Orlando^a, Marcelo Martins de Sena^{a,c}

^a Chemistry Department, Institute of Exact Sciences (DQ-ICEX) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 31270-901; ^b Criminalistic Institute, Civil Police of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 30190-002;

^c Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Bioanalítica – Lauro Kubota (INCTBio-LK), Campinas, São Paulo, Brazil.

*e-mail: heliomilito@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: The use of chemical substances as poisons dates back to the origins of humankind, with prehistoric artifacts suggesting the application of plant and animal extracts to arrows and darts for hunting. Paracelsus, widely regarded as the “father of toxicology,” established that all substances can be toxic depending on the dose. In accordance with this principle, the development of toxic compounds, as well as antidotes and detection methods, has consistently accompanied the evolution of science.¹ Today, toxic compounds are primarily used in crimes driven by emotional motives and personal intent, with domestic substances being most frequently employed. In Brazil, the number of poisoning cases has been increasing annually, with the first half of 2025 recording the highest number of reports in a single semester since 2007. According to the Sistema Único de Saúde (SUS), pharmaceuticals, household products and rodenticides are the most commonly used substances for these crimes.² This work aims to propose a fast and simple method to detect coffee samples contaminated with aldicarb, a pesticide illegally commercialized as a rodenticide under informal name “chumbinho”.

Aims: Use chemometric tools coupled with near-infrared (NIR) spectroscopy to detect coffee beverage samples contaminated with aldicarb.

Methods: Fifty coffee samples were prepared following the method from the Specialty Coffee Association of America and fortified with an aqueous solution of aldicarb in a concentration range from half to five times the value of DL50 of aldicarb for humans, resulting in an analytical range from 0.0125 to 0.125 mg mL⁻¹. Pure and fortified samples were analyzed by NIR spectroscopy in the wavelength range between 908 nm and 1676 nm, with a resolution of 6 nm. Analysis was performed in a 2

mL glass vial held by a 3D printed support manufactured by the authors’ research group. For each sample, 20 scans were obtained with a time of 1 second between them. The obtained data was used to build supervised chemometric models. For each model, figures of merit were estimated for qualitative validation.

Results and Discussion: NIR spectra were obtained for the fortified and pure coffee beverage samples. Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) and Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA) models were built using obtained data with the contaminated class selected as the target class for the models. Figures of merit for discriminant analysis and class modeling methods, presented in Table 1, that PLS-DA provided perfect discrimination and had better predictions than SIMCA.

Table 1. Figures of merit for the supervised methods

Model	LVs/PCs	Training Set			Test Set		
		Sensitivity	Specificity	Efficiency	Sensitivity	Specificity	Efficiency
PLS-DA	5	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
SIMCA	5	100.00%	–	–	100.00%	78.00%	88.32%

Conclusion: NIR spectroscopy coupled with chemometric tools demonstrated a good performance within the evaluated analytical range. PLS-DA proved particularly effective in discriminating between pure and contaminated samples.

Acknowledgements: CNPQ; CAPES; FAPEMIG; INCT BIOANALÍTICA LK; REDE MINEIRA DE CIÊNCIAS FORENSES; PC-MG.

REFERENCES:

- ¹ NEPOVIMOVA, E.; KUČA, K. Archives of Toxicology, v. 93, p. 11–24, 2019.
- ² MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Transferência de Arquivos – DATASUS. SINANDATASUS, 2024.



Classificação Forense de Cigarros Comercializados no Brasil por Variáveis Orgânicas e Isotópicas Associadas à Quimiometria

Lucas Sores Rodrigues^{a,b*}, Carlos German Massone^b, José Marcus de Oliveira Godoy^b

^aInstituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Confresa, MT, Brasil, 78652-000; ^bPontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22451-900.
*e-mail: lucas.rodrigues@ifmt.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A autenticação de cigarros é uma demanda relevante da química forense, especialmente diante da circulação de produtos irregulares cuja diferenciação ainda depende, em grande parte, de inspeção visual e informações de rotulagem [1]. Nesse contexto, marcadores químicos associados à quimiometria podem fornecer suporte mais objetivo à classificação desses materiais. Entre esses marcadores, destacam-se concentrações de n-alcenos, razões diagnósticas, %C, %N e $\delta^{13}\text{C}$. Assim, a integração entre concentrações de n-alcenos, razões específicas, carbono e nitrogênio orgânico total e $\delta^{13}\text{C}$ bulk representa uma abordagem promissora para o desenvolvimento de modelos Quimiométricos aplicados à classificação forense de cigarros comercializados no Brasil.

Objetivos: Desenvolver e validar um modelo quimiométrico de análise discriminante linear (LDA) para a classificação forense de cigarros comercializados no Brasil, utilizando como descritores químicos concentrações de n-alcenos, razões diagnósticas, $\delta^{13}\text{C}$ bulk, %N e %C.

Metodologia: O tabaco de 32 amostras (em triplicata) foi separado, homogeneizado, extraído com diclorometano por banho ultrassônico e analisado por GC-FID após adição de $n\text{-C}_{24}$ deuterado (padrão interno). As variáveis $\delta^{13}\text{C}$ bulk, %N e %C foram obtidas por análise isotópica/elementar e, juntamente com os dados cromatográficos, foram utilizadas na construção do modelo LDA. O conjunto de dados foi dividido em 60 amostras para treinamento e 36 para teste. As amostras foram classificadas em cinco classes: Regional (devedoras contumazes), Multinacional, Contrabandeado (Paraguai), Falsificado (cigarros brasileiros replicando os cigarros paraguaios) e Sem Registro Sanitário (marcas sem registro na ANVISA).

Resultados e Discussões: As três primeiras funções discriminantes explicaram 91,98% da variância total do modelo, o que mostra que a estrutura dos dados foi muito bem representada nesse espaço tridimensional.

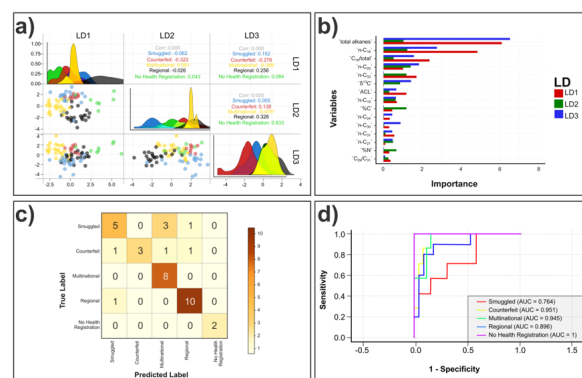


Figura 1. Gráficos diagnósticos do modelo orgânico, onde a) Funções discriminantes; b) importância das variáveis, c) Matriz de confusão do teste e d) Curva ROC das classes testadas

Na validação externa, o modelo apresentou acurácia global de 77,78%. A matriz de confusão indicou melhor desempenho para as classes Regional, Multinacional e Sem Registro Sanitário, enquanto as principais confusões ocorreram entre as classes Contrabandeado e Falsificado, além de parte das amostras de contrabandeado classificadas como multinacional. A função discriminante 1 foi fortemente influenciada pela quantidade total de n-alcenos, enquanto a função 2 foi determinada principalmente pela concentração de $n\text{-C}_{18}$ e a função discriminante 3 foi determinada pela razão $n\text{-C}_{18}/\text{total}$.

Conclusão: Os resultados indicam que as variáveis orgânicas e isotópicas avaliadas são promissoras para a classificação forense de cigarros, com bom desempenho especialmente para as classes Regional, Multinacional e Sem Registro Sanitário. Assim, a abordagem proposta apresenta potencial como ferramenta analítica auxiliar em contextos periciais.

REFERÊNCIA:

- ¹ CUI, L.; CHEN, H.; HAN, S.; FU, Y.; HOU, H.; HU, Q.; CHEN, Z. Stable isotope profiling of cigarettes assisted with chemometrics for authenticity determination. *Microchemical Journal*, [s. l.], v. 201.



Classificação Forense de Cigarros no Brasil por Perfil Multielementar e Quimiometria

Lucas Soares Rodrigues^{a,b*}, Beatriz Henrique da Rocha^b, Carlos German Massone^b, José Marcus de Oliveira Godoy^b

^a Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Confresa, MT, Brasil, 78652-000; ^b Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22451-900.

*e-mail: lucas.rodrigues@ifmt.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A autenticação de cigarros é um tema relevante tanto do ponto de vista econômico quanto da saúde pública, uma vez que diferentes marcas podem apresentar variações de preço e teores de substâncias potencialmente nocivas^{1,2}. No Brasil, a verificação da regularidade desses produtos ainda se baseia principalmente em inspeção visual e características sensoriais, além da conferência de informações obrigatórias e da presença do selo IPI. Nesse contexto, métodos analíticos associados à quimiometria podem fornecer suporte objetivo à diferenciação de produtos lícitos e ilícitos, auxiliando a triagem e a elaboração de laudos periciais.

Objetivos: Desenvolver e validar um modelo quimiométrico baseado no perfil multielementar inorgânico para a classificação de diferentes grupos de cigarros comercializados no Brasil, com potencial aplicação em contexto pericial.

Metodologia: Trinta e duas amostras de cigarros em triplicata, obtidas em tabacarias locais, foram agrupadas em cinco categorias: marcas regionais de pequena escala, marcas sem registro sanitário, marcas contrabandeadas, falsificações nacionais de marcas contrabandeadas e marcas multinacionais. As concentrações de Ba, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr e Zn foram determinadas após calcinação, dissolução ácida e análise por ICP-OES. Após a remoção de outliers, os dados foram utilizados na construção do modelo de análise discriminante linear (LDA), cuja validação foi realizada por particionamento em conjuntos de treino (60%) e teste (40%).

Resultados e Discussões: O biplot de LD1 × LD2 mostrou que as duas primeiras funções discriminantes explicaram 87,06% da variância total do modelo, indicando boa representação bidimensional. Observou-se separação mais evidente para as amostras multinacionais e, em menor grau, para as regionais, enquanto os grupos contrabandeado, falsificado e sem registro sanitário apresentaram maior sobreposição.

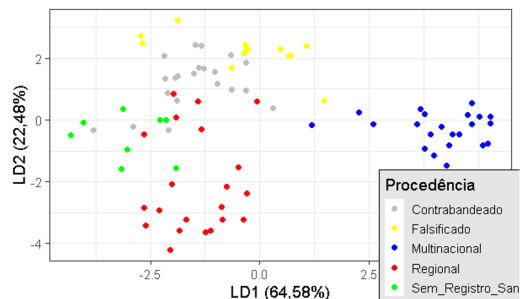


Figura 1. Biplot LD1 x LD2 do modelo quimiométrico

Na validação externa, o modelo apresentou acurácia global de 73,53%. A matriz de confusão indicou melhor desempenho para as classes multinacional e regional, enquanto as maiores confusões ocorreram entre as classes contrabandeado e falsificado.

Confusion Matrix (Accuracy = 73.53%)

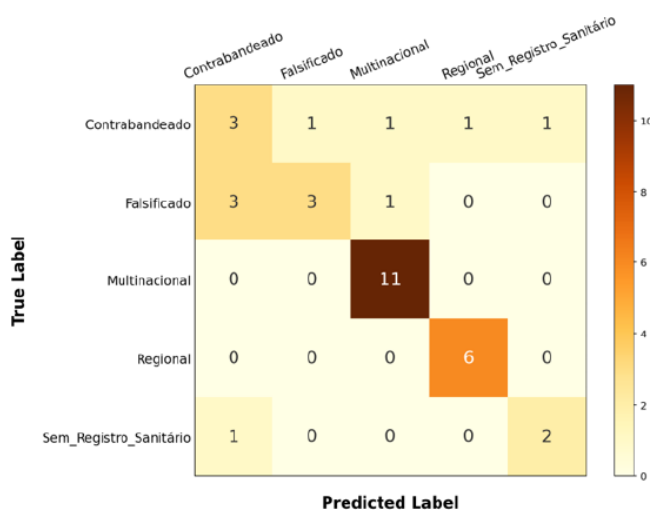


Figura 2. Matriz de confusão do teste

Esses achados indicam que o perfil multielementar apresenta capacidade de discriminar grupos com composição mais característica,

Conclusão: O modelo proposto mostrou potencial como ferramenta analítica auxiliar para a classificação forense de cigarros comercializados no Brasil, especialmente na diferenciação de marcas multinacionais e regionais. Entretanto, a discriminação entre grupos com maior similaridade composicional ainda demanda refinamento

REFERÊNCIAS:

- Adamu, C. A.; Bell, P. F.; Mulchi, C.; Chaney, R.; Environ. Pollut. 1989, 56, 113.
- Golia, E. E.; Dimirkou, A.; Mitsios, I. K.; Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2009, 40, 106.



Comparação da Resposta Eletroquímica da Benzocaína em Soro Fisiológico e Urina Sintética para Aplicações Forenses

Maria Fernanda Cavalcante Machado^{a*}, Rafael Mafra de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Rodrigo Fernando Bianchi^b, Dane Tadeu Cestarolli^a, Elidia Maria Guerra^a

^a Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del Rei – Campus Alto Paraopeba, Ouro Branco, MG, Brazil; ^b Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Física, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 35400-000.

*e-mail: nanda2017machado@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A detecção de compostos de interesse forense em matrizes biológicas representa um desafio analítico significativo devido à presença de espécies interferentes que podem afetar a resposta eletroquímica. A benzocaína, amplamente utilizada como agente de corte em drogas ilícitas, apresenta comportamento eletroativo dependente do meio, tornando a avaliação do efeito de matriz essencial para o desenvolvimento de métodos analíticos confiáveis. Nesse contexto, técnicas voltamétricas têm se destacado como alternativas promissoras devido à sua rapidez, baixo custo e potencial de aplicação em triagem forense (SHAW; DENNANY, 2017). Além disso, o impacto de matrizes complexas na resposta eletroquímica é amplamente descrito na literatura, especialmente em sistemas contendo múltiplas espécies interferentes (BRAININA et al., 2000).

Objetivos: Comparar o comportamento eletroquímico da benzocaína em soro fisiológico e urina sintética, avaliando o impacto da matriz sobre parâmetros analíticos e desempenho do método.

Metodologia: As análises foram realizadas por voltametria cíclica utilizando um sistema de três eletrodos: grafite como eletrodo de trabalho, Ag/AgCl como referência e platina como contra-eletrodo. Soluções de benzocaína foram preparadas em soro fisiológico e urina sintética na faixa de concentração de 0,25 a 5 mg mL⁻¹. As medidas foram conduzidas em potenciostato μ -Autolab tipo III, com tratamento dos dados via software NOVA.

Resultados e Discussões: A benzocaína apresentou pico de oxidação em ambas as matrizes, confirmando sua natureza eletroativa. No entanto, diferenças significativas foram observadas

entre os meios. Em urina sintética, verificou-se aumento da corrente e alargamento do pico de oxidação, indicando maior interferência de espécies presentes no meio. Em contraste, o soro fisiológico apresentou sinais mais definidos e melhor resolução do pico. As curvas de calibração obtidas evidenciaram boa linearidade em ambos os sistemas, com coeficientes de determinação (R^2) de 0,99769 para soro fisiológico e 0,99421 para urina sintética. A ligeira redução do R^2 na urina sintética reflete o efeito de matriz, associado à presença de interferentes que impactam a reprodutibilidade e a definição do sinal eletroquímico. Apesar dessas diferenças, os resultados demonstram que a técnica mantém desempenho analítico satisfatório em ambas as matrizes, sendo capaz de detectar a benzocaína mesmo em condições mais complexas.

Conclusão: O estudo demonstrou que o efeito de matriz impacta significativamente a resposta eletroquímica da benzocaína, sendo mais pronunciado em urina sintética. Ainda assim, o método apresentou desempenho satisfatório em ambas as condições, reforçando seu potencial para aplicações forenses. A comparação entre matrizes destaca a importância da validação analítica em sistemas que simulem amostras reais.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- ¹ BRAININA, K. Z.; MALAKHOVA, N. A.; STOJKO, N. Y. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 2000, 368, 307–325.
- ² SHAW, L.; DENNANY, L. *Current Opinion in Electrochemistry*, 2017, 3, 23–28.



Comparação Eletroquímica entre Benzocaína e Lidocaína como Adulterantes Forenses em Urina Sintética Usando Eletrodo de Grafite

Eliakim Chistel Leonel Evangelista^a, Alicia Chan Wei Wen^a, Rafael Mafrá de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Rodrigo Fernando Bianchi^a, Elidia Maria Guerra^a

^a Universidade Federal de São João del Rei, Campus Alto Paraopeba, Departamento de Química, Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil, 36497-899; ^b Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Física, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 35400-000.

*e-mail: eliakimevangelista@aluno.ufsj.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Benzocaína e lidocaína são anestésicos locais frequentemente utilizados como adulterantes em amostras de cocaína apreendidas, pois produzem efeitos anestésicos semelhantes à droga ilícita, mascarando sua pureza. A identificação seletiva desses adulterantes em matrizes complexas, como urina sintética, é relevante tanto para a química forense quanto para análises toxicológicas. Métodos eletroquímicos com eletrodos de baixo custo, como o grafite, tem sido explorados para essa finalidade [1]. Estudos comparativos entre diferentes anestésicos são escassos na literatura, especialmente utilizando voltametria de pulso diferencial e de onda quadrada.

Objetivos: Comparar o comportamento eletroquímico da benzocaína e da lidocaína em urina sintética (pH 5,3) utilizando eletrodo de grafite, avaliando as respostas por voltametria cíclica (VC), voltametria de pulso diferencial (VPD) e voltametria de onda quadrada (VOQ) em função da concentração (0,25 a 5,0 mg mL⁻¹).

Metodologia: Soluções de benzocaína e lidocaína foram preparadas nas concentrações de 0,25; 1,25; 2,5; 3,75 e 5,0 mg mL⁻¹ em urina sintética (pH 5,3) com acetonitrila 60/40 em v/v para solubilização. Utilizou-se sistema eletroquímico de três eletrodos: eletrodo de trabalho de grafite, auxiliar de platina e referência de Ag/AgCl (KCl 3,0 mol L⁻¹). As técnicas empregadas foram VC, VPD e VOQ.

Resultados e Discussões: As curvas de VC para benzocaína em urina sintética mostraram pico anódico entre +1,1 e +1,5 V, com corrente crescente com a concentração. Para lidocaína, o pico de

oxidação apareceu em faixa ligeiramente mais negativa (+0,9 a +1,3 V). Na VPD, a benzocaína apresentou pico principal em aproximadamente +1,2 V, enquanto a lidocaína apresentou pico em +1,0 V. A VOQ proporcionou melhor resolução para ambas as substâncias, com picos distintos que permitem diferenciar os dois adulterantes: benzocaína em cerca de +1,2 V e lidocaína em cerca de +1,0 V. A corrente de pico para lidocaína foi superior à da benzocaína nas mesmas concentrações, sugerindo maior sensibilidade do eletrodo de grafite para lidocaína nas condições estudadas.

Conclusão: O eletrodo de grafite foi capaz de discriminar eletroquimicamente benzocaína e lidocaína em urina sintética, com potenciais de pico distintos e respostas proporcionais à concentração. A técnica VOQ mostrou-se a mais adequada para diferenciação entre os dois anestésicos. Os resultados indicam potencial para aplicação forense na identificação seletiva de adulterantes em amostras de drogas ilícitas apreendidas ou em matrizes biológicas.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, RQ-MG/FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIA:

- ¹ Freitas JM. Desenvolvimento de métodos eletroanalíticos simples, portáteis e de baixo custo para aplicações em análises forenses. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, 2019.



Desenvolvimento de Dispositivos de Papel para Aplicação de Testes Colorimétricos Visando a Identificação de Feniletilaminas em Selos

Sarah de Assis Resende^{a*}, Isadora Almeida Barbosa^a, Cláudia Mancilha Rocha^a, Ângelo de Fátima^a, João Flávio da Silveira Petrucci^b, Clésia Cristina Nascentes^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química/ICEx, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901;

^b Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química, Uberlândia, MG, Brasil, 38.400-902.

*e-mail: ssarahresende@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Segundo a United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), a quantidade e variedade de drogas sintéticas aumentou notavelmente no mundo na última década.¹ As feniletilaminas, como as NBOMes e as NBOHs, ocuparam o segundo lugar nas identificações positivas de drogas sintéticas feitas pela Polícia Federal no ano de 2022.² Assim, nosso grupo de pesquisa desenvolveu testes colorimétricos para identificação de NBOHs em selos, haja vista a inexistência de um método de identificação rápida dessa substância *in loco* até então.

Objetivos: A fim de facilitar a rotina pericial em campo, o objetivo deste trabalho foi desenvolver dispositivos analíticos em papel (PADs) para aplicação do teste *in loco* e posterior confirmação por técnicas comprobatórias.

Metodologia: Os PADs foram preparados utilizando papel cromatográfico com spots delimitados por cera com dimensões aproximadas de 6 mm de diâmetro interno. A partir de um padrão de NBOH foram preparadas soluções em metanol com concentrações crescentes. Para a realização do teste, após a otimização dos volumes e concentrações e ordem de adição dos reagentes utilizados, padronizou-se a condição descrita na figura 1(a). O teste colorimétrico foi, então, adequado à análise por UV-vis, abordando dois tipos de calibração: por curva de calibração e por calibração multienergética (MEC), cujo procedimento simplificado está descrito na figura 1(b).

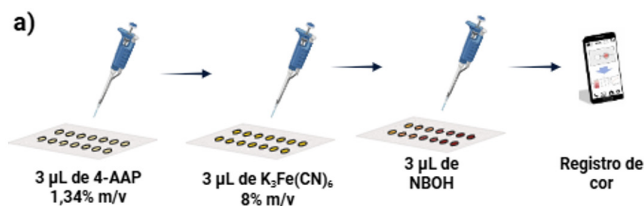


Figura 1(a). Esquema dos procedimentos colorimétricos utilizando PADs.

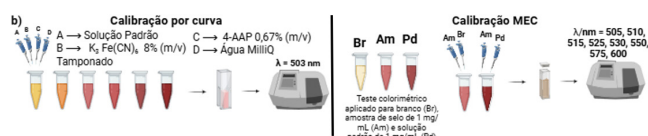


Figura 1(b). Esquema dos procedimentos colorimétricos utilizando UV-vis.

Resultados e Discussões: Os parâmetros analíticos obtidos a partir de cada método utilizado está disposto na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de validação do método para quantificação de NBOH.

Parâmetros de Validação			
Método	Curva RGB	Curva UV-vis	MEC
Faixa linear (mg/mL)	0,1 – 1,0	0,05 – 0,75	-
Equação da reta	$y = -44,34x + 170,50$	$y = 3,1375x + 0,0089$	$y = 0,3976x - 0,0649$
R ²	R ² = 0,9954	R ² = 0,9955	R ² = 0,9995
LD (mg/mL)	0,017	0,002	-
LQ (mg/mL)	0,051	0,006	-
Precisão*	6 %	9 – 19 %	-
Exatidão*	91 – 110 %	78 – 102 %	132 %

*Concentrações utilizadas: 0,25 e 0,50; 0,1 – 1,0; 0,5 respectivamente.

Conclusão: A partir dos resultados obtidos, foi possível atestar a eficácia do método desenvolvido para a identificação e quantificação de feniletilaminas da classe NBOH em selos, empregando o reagente colorimétrico aliado aos PADs e a análise UV-vis.

Agradecimentos: Agradecemos a CAPES, CNPq, FAPEMIG, INCT Substâncias Psicoativas e Rede Mineira de Ciências Forenses pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS:

- United Nations Office on Drugs and Crime - UNODC, World Drug Report 2022, United Nations publication, 2022.
- Relatório 2022: Drogas Sintéticas. Ministério da Justiça e Segurança Pública - Polícia Federal, Brasília, 2023.



Desenvolvimento de Língua Eletrônica Voltamétrica Portátil e Acessível para a Discriminação de Uísques

Anna Luiza Silveira Queiroz^{a*}, Celso Luciano de Araújo^a, Lucas Gustavo da Costa^a, Ettore Ferrari Júnior^b, Regina Massako Takeuchi^{a,c}, André Luiz dos Santos^{a,c}, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva^a

^a Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 38.400-902; ^b Polícia Civil do Distrito Federal (PC-DF), Instituto de Criminalística, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70.610-907; ^c Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil, 38.304-402.

*e-mail: anna.queiroz@ufu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O consumo de bebidas alcoólicas é uma prática no mundo todo. Entretanto, devido ao alto custo de muitas bebidas, a falsificação destes produtos é um crime recorrente, sendo o uísque um dos principais alvos.¹ Para verificar a autenticidade destas bebidas, alguns parâmetros físico-químicos (teor alcoólico, turbidez, acidez etc.) são avaliados, o que demanda tempo e/ou requer equipamentos de elevado porte e custo. Neste sentido, os métodos eletroanalíticos são mais acessíveis, miniaturizados (portáteis) e sensíveis.¹

Objetivos: Este trabalho objetiva desenvolver uma língua eletrônica para a discriminação de uísques (verdadeiro e falsificados), composta da associação das respostas voltamétricas obtidas em cada amostra em dois eletrodos de trabalho (ETs) seguida de tratamento com o método da Análise de Componentes Principais (PCA) para gerar uma interpretação simplificada.

Metodologia: Antes do uso da célula eletroquímica em cada amostra, o ET de Cobre (Cu) e grafite (Gr), imobilizados na tampa de uma minicélula impressa em 3D foram polidos com fina lixa d'água (grão 3000), seguido da imposição de dez voltamogramas cíclicos (VCs) no Cu entre 0 e + 0,75 V em NaOH 0,1 M ($n = 0,1 \text{ V s}^{-1}$) para gerar o filme de CuO/Cu(OH)_2 , mais estável do que o Cu.²

Resultados e Discussões: Como apresentado nos VCs da Figura 1A, os perfis voltamétricos das amostras (Black Label de referência e dois falsificados) e respectivos brancos (apenas eletrólito) foram semelhantes no Gr. Por outro lado, no CuO/Cu(OH)_2 o perfil da amostra de referência foi distinto dos perfis das amostras falsificadas. A partir dos VCs (potencial vs. corrente) foi aplicada uma PCA (Figura 2). No caso do eletrodo de CuO/Cu(OH)_2 foi obtida 99,87% de variância explicada com duas componentes principais (PC). Além da separação dos agrupamentos, a posição das amostras no decorrer da PC 1 sugere que a diferenciação entre a amostra de referência e as falsificadas está relacionada ao tipo de adulteração da bebida. Além disso, a compactação dos clusters no eixo da PC 2 indica boa reprodutibilidade das medidas. Entretanto, não houve agrupamento das amostras no grafite (PCs não apresentados).

Conclusão: O agrupamento e discriminação de amostras de referência e falsificada foi possível no eletrodo de CuO/Cu(OH)_2 em NaOH 0,1 M, provavelmente devido à oxidação diferenciada de açúcares e álcoois presentes nos uísques de diferentes composições. Este resultado é promissor para a discriminação de outras amostras de uísque com este sistema portátil e de baixo custo.

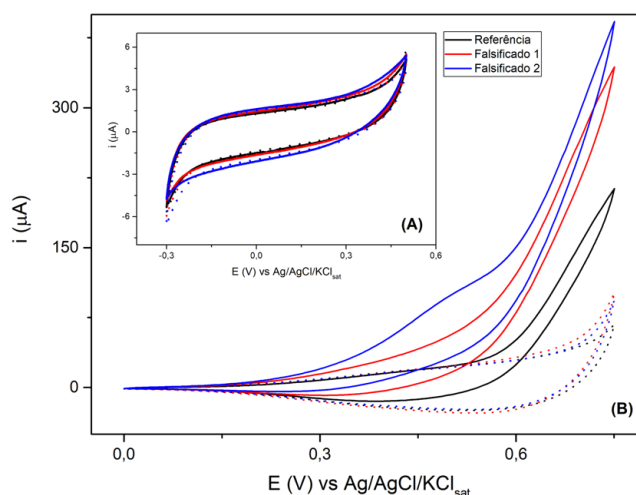


Figura 1. VC's obtidos na ausência (linha pontilhada) e presença (linha contínua) de três amostras de uísque no ET de grafite (A) e CuO/Cu(OH)_2 (B). Eletrólito: NaOH 0,1 M. $n = 0,05 \text{ V s}^{-1}$.

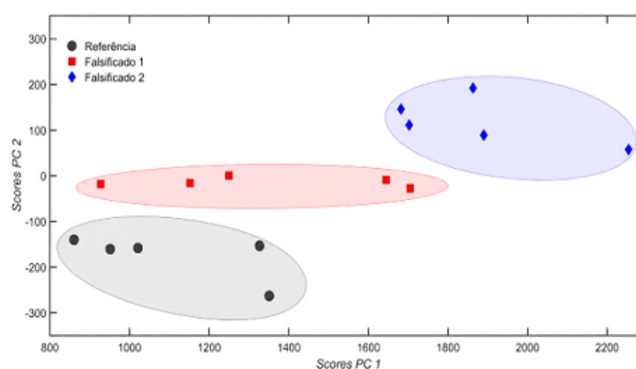


Figura 2. Gráfico de scores (PCA) gerados a partir de VCs medidos em ET CuO/Cu(OH)_2 .

Agradecimentos: FAPEMIG (Rede Mineira de Ciências Forenses - RED 00120-23), CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- Novakowsk W, Bertotti M, Paixão TRLC. Microchemical Journal, v. 99, 145-151, 2011.
- Freitas GCP, Messias VB, Takeuchi RM e Santos AL. ACS Omega, v.10, 48875, 2025.



Desenvolvimento de Métodos para Determinação de Nicotina e Canabinoides (THC e CBD) em Cigarros Eletrônicos por HPLC

Samir Yan Oliveira Silva^{a*}, Camilla Fonseca Silva Carvalho^a, Clésia Cristina Nascentes^a, Washington de Paula Xavier^b

^aDepartamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil; ^bInstituto de Criminalística, Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
*e-mail: samiryan1103@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A análise de nicotina e canabinoides (THC e CBD) tem se tornado cada vez mais relevante, tendo em vista o aumento do consumo de produtos que contenham essas substâncias, como cigarros eletrônicos^{1,2}. Com isso, o desenvolvimento de métodos quantitativos por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC) tem ganhado mais relevância no cenário nacional, visando controle, possíveis regulamentações e estudos toxicológicos.

Objetivos: Desenvolver dois métodos distintos para quantificação de nicotina e canabinoides (THC e CBD) por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

Metodologia: As análises foram realizadas em Sistema Shimadzu HPLC-UV, composto por duas bombas monocal de alta pressão, detector UV SPD-20A, amostrador automático, forno de coluna e controlador CBM-20A. A operação do instrumento e o processamento de dados foram realizados com o software LC Solutions. As separações foram conduzidas em uma coluna de fase reversa da Thermo Scientific (C18, 250 mm × 4,6 mm, 5 µm). Ambos os métodos seguiram o padrão de: modo isocrático, fluxo 1 mL/min, temperatura da coluna a 40°C e volume de injeção de 50 µL. Para a nicotina foi usada como fase móvel água ultra pura com 0,1% de trietilamina e acetonitrila (70:30)%, com detecção em 254 nm. Para THC e CBD a fase móvel foi composta por água ultra pura com 0,1% de ácido fórmico e acetonitrila (10:90)%. Soluções padrão dos analitos preparadas em metanol foram utilizadas no desenvolvimento e otimização das condições cromatográficas, considerando parâmetros como tempo de retenção, largura e simetria dos picos.

Resultados e Discussões: Ambas as metodologias permitiram a separação de forma eficaz dos analitos de interesse por condições diferentes. Para a nicotina foi observado um pico de retenção entre 9-10 minutos. Já para o CBD e THC, foram observados picos entre 3-4 minutos e 6-7 minutos, referente aos analitos citados, respectivamente. Os picos adquiridos tiveram boa simetria e resolução. Para a nicotina, foi observado um pequeno fator de cauda, provavelmente associado ao uso da trietilamina. Nas condições otimizadas, obteve-se ajuste linear para concentrações na faixa de 0,1 a 100 µg/mL de THC e CBD e de 10 a 1000 µg/mL para nicotina.

Conclusão: Os resultados indicam que os métodos possuem potencial para análises analíticas, sendo necessário finalizar a validação com avaliação do efeito de matriz e aplicação em amostras de cigarros eletrônicos.

Agradecimentos: CNPq; INCT Substâncias Psicoativas

REFERÊNCIAS:

- ¹ CAPOMACCIO, Sandra. Uso de nicotina cresce no Brasil com avanço dos cigarros eletrônicos entre jovens. *Jornal USP*, São Paulo, 4 ago. 2025. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/colunistas/joao-paulo-becker-lotufo/uso-de-nicotina-cresce-no-brasil-com-avanco-dos-cigarros-eletronicos-entre-jovens/>. Acesso em: 2 maio 2026.
- ² SIMÕES, Ana Julia Teles Riqueto. Impacto do uso recreacional da cannabis na saúde pública dos EUA, Canadá e Uruguai. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/ba56684e-8376-4274-aa69-f6d23d97454b/TCC_Ana%20Julia%20Teles%20Riqueto%20Sim%C3%B5es.pdf. Acesso em: 2 maio 2026.



Desenvolvimento de Protótipos de Baixo Custo para Análise Simultânea de Canabinoides

Juliene Moraes de Faria^{a*}, Marcelo Firmino de Oliveira^a

^a Departamento de Química - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil, 14040-901.

*e-mail: julienmf@usp.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Os canabinoides constituem uma classe de compostos de grande interesse analítico, devido à relevância da *Cannabis sativa* L. tanto no contexto toxicológico-forense quanto em aplicações terapêuticas. Embora técnicas como CLAE e CG-EM ofereçam alta sensibilidade e especificidade, seu uso é limitado pelo custo, tempo analítico e baixa portabilidade. Já os testes colorimétricos presuntivos são simples e rápidos, porém pouco seletivos¹. Nesse contexto, a integração entre cromatografia em papel e detecção eletroquímica surge como uma alternativa promissora para análises portáteis, seletivas e de baixo custo.

Objetivos: Desenvolver e otimizar um método de cromatografia em papel para separação de canabinoides, visando sua integração a um dispositivo eletroquímico de baixo custo para aplicação forense e clínica.

Metodologia: A separação cromatográfica foi realizada em papel de celulose, utilizando parâmetros experimentais previamente fixados: altura de corrida de 5,5 cm, tempo de saturação da câmara de 15 min, aplicação de 2 × 0,5 µL e revelação com *Fast Blue B* 0,1% e NaOH 0,1%. Foram investigadas diferentes composições contendo hexano, acetato de etila, diclorometano e tolueno. A avaliação foi realizada com padrões de CBG, CBN e Δ^9 -THC, a partir dos valores de fator de retenção (R_f), seletividade, repetibilidade intra-dia e precisão intermediária.

Resultados e Discussões: A separação em papel mostrou-se dependente da fase móvel. Solventes polares próticos favoreceram coeluição, enquanto misturas menos polares e apróticas promoveram maior diferenciação entre os analitos. Devido à semelhança estrutural dos canabinoides, misturas binárias foram mais adequadas que ternárias. A seleção das condições ótimas baseou-se em R_f , ΔR_f e parâmetros geométricos das manchas, sendo hexano:diclorometano (99:1) a melhor condição para CBG/CBN e tolueno:acetato de etila (97:3) para os pares envolvendo Δ^9 -THC. Nas análises voltamétricas, as misturas apresentaram respostas combinadas compatíveis com a presença simultânea dos analitos, com melhor estabilidade para o potencial de pico do que para a corrente de pico (Figura 1). A integração

entre cromatografia em papel e detecção eletroquímica mostrou-se viável, permitindo a leitura direta dos analitos após a separação e aumentando a seletividade analítica do sistema.

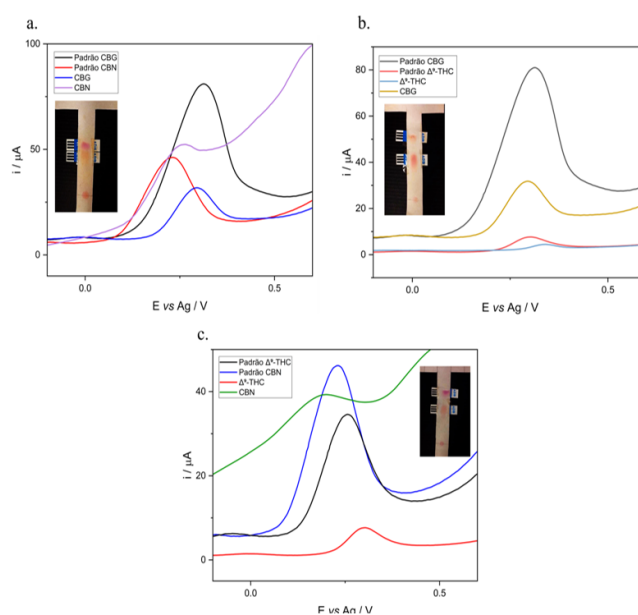


Figura 1. Dispositivos integrados após corrida cromatográfica e revelação, com os respectivos voltamogramas lineares para as misturas CBN/CBG (a), Δ^9 -THC/CBG (b) e Δ^9 -THC/CBN (c), obtidos com eletrodo impresso de carbono em tampão BR pH 7,0 contendo 30% de metanol.

Conclusão: A cromatografia em papel associada à detecção eletroquímica mostrou-se uma estratégia viável, seletiva e de baixo custo para a separação e identificação de canabinoides.

Agradecimentos: Agradecemos a agência de fomento CAPES pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIA:

¹ Menezes MMT, et al. Química Forense Experimental, p. 373-395, 2016



Desenvolvimento de Sensor Colorimétrico em Papel para Determinação de Fármacos em Contextos de Vulnerabilidade via Teste de Scott

Ana Beatriz Januário Bitencourt^{a*}, Guida Hellen Mota do Nascimento^a, William Reis de Araujo^a

^a Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

*e-mail: a236336@dac.unicamp.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O emprego de substâncias psicoativas para a incapacitação de vítimas representa um grave desafio à segurança pública, demandando métodos de detecção rápida em bebidas para proteção do indivíduo em contextos de vulnerabilidade^[1]. Esta investigação foca na clorfeniramina, um anti-histamínico sedativo que possui aminas terciárias em sua estrutura, tornando-a reativa ao teste de Scott. O princípio baseia-se na formação de complexos de coordenação azuis entre o tiocianato de cobalto(II) $[\text{Co}(\text{SCN})_2]$ e aminas terciárias^[1]. Utilizando a clorfeniramina como modelo estrutural devido à sua alta reatividade, este trabalho explora dispositivos analíticos em papel (PADs) para estabelecer as bases de um sistema portátil e versátil, capaz de detectar e, futuramente, discriminar múltiplas drogas de abuso com propriedades químicas análogas^[2].

Objetivo Desenvolver e otimizar um dispositivo analítico em papel (PAD) de baixo custo, portátil e discreto para a detecção colorimétrica de clorfeniramina, utilizando o reagente de Scott e colorimetria de imagem digital para a rápida detecção e quantificação nos pontos de necessidade.

Metodologia: O sensor foi fabricado em papel Whatman[®] nº 1 com barreiras de cera impressas (Xerox ColorQube 8570) e submetido à prensagem térmica para impermeabilização e delimitação das regiões de testes. O dispositivo foi laminado com Parafilm[®] para prover maior robustez e evitar vazamentos. A detecção baseia-se na reação do $\text{Co}(\text{SCN})_2$ com aminas terciárias, formando um complexo azul. Para fins quantitativos, as imagens dos testes colorimétricos foram capturadas com um iPhone 16 no interior de uma câmara contendo LEDs (padronização da iluminação e da distância) e analisadas com o software GIMP[®] para extração da intensidade do canal ciano (%). Foram realizados estudos de

solubilidade em etanol/água, otimização de tempo, concentração dos reagentes e pH do meio.

Resultados e Discussão: A clorfeniramina apresentou boa solubilidade em misturas hidroalcoólicas. A estabilização do reagente no spot reacional do PAD foi realizada com 5 μL de quitosana a 10% (m/v) solubilizada em 1% (v/v) de ácido acético. O tempo de resposta ideal foi estabelecido em 30 minutos, momento em que a intensidade da cor azul (ciano) se estabiliza, enquanto a concentração ótima do reagente foi de 4% (m/v). A curva de calibração para concentrações entre 0,1 e 10,0 mg mL^{-1} apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9950. Testes de pH demonstraram que o sensor é mais estável em pH 7,4. A reprodutibilidade apresentou um desvio padrão relativo de 14,7% ($n=10$ medidas), indicando a necessidade de maior controle na deposição manual das amostras.

Conclusões parciais: Os resultados preliminares demonstram a viabilidade do sensor em papel para detectar clorfeniramina. O uso de smartphones para análise de imagem permite uma quantificação simples e acessível. Etapas futuras incluem testes de seletividade em matrizes reais (bebidas) e a adaptação do sensor para formatos mais discretos, como adesivos de unha.

Agradecimentos: Os autores agradecem às agências de fomento (CAPES, CNPq e FAPESP), ao INCT-SP e à PRP/UNICAMP pela bolsa e auxílios.

REFERÊNCIAS:

¹ SOBUE, Yukika; HOTODA, Koki; ISHII, Ayumu; KUSAKABE, Kosuke; OHTA, Jun; TAKAHASHI, Ruriko; KATO, Noriyuki; SUGAYA, Tomoaki; ISHIHARA, Koji. *New on-site color test to discriminate cocaine and cathinone derivatives*. *Science & Justice*, v. 64, p. 642–648, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2024.09.008>

² NASCIMENTO, G. H. M. Dissertação (Mestrado), IQ-Unicamp, 2022.



Desenvolvimento de um Método para Quantificação de Metanol em Apreensões Forenses Utilizando a Ressonância Magnética Nuclear (RMN)

Calebe Soares Assis^a, Gilberto Lucio Benedito de Aquino^b, Jorge Marcelo de Freitas^c

^aUniversidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil, 70910-900; ^bUniversidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 20550-103; ^cCriminalística Polícia Federal, Brasília, DF, Brasil, 70610-200.

*e-mail: celebac.1@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O metanol (CH_3OH) é um líquido incolor, volátil e com odor alcoólico levemente adocicado, sendo o mais simples dos álcoois alifáticos, possuindo apenas um átomo de carbono em sua estrutura molecular (FIEDLER et al, 1994). Com o intuito de aprimorar a identificação e quantificação de metanol na rotina forense, este projeto promoveu uma alternativa para a quantificação de amostras geralmente apreendidas pela Polícia Federal, as quais geralmente são analisadas por cromatografias (GC-MS ou GC-FID), que requerem um padrão analítico e podem coeluir com outras substâncias.

Objetivos: Desenvolver um método para quantificar metanol em amostras apreendidas, utilizando a ressonância magnética nuclear (RMN).

Metodologia: Foram estudadas trinta e oito amostras apreendidas pela Polícia Federal (PF), incluindo solventes, combustíveis e bebidas. Foram preparadas duplicatas de cada amostra que utilizaram uma solução de Ácido Maleico em água como padrão interno, acrescentando 500 microlitros desta em tubos eppendorf. Posteriormente, 100 microlitros das amostras foram acrescentados em cada um destes tubos, e após homogeneização as amostras foram transferidas para tubos de RMN para que as análises fossem realizadas por RMN no equipamento Espectrômetro Bruker-80 MHz do INC. Picos característicos de metanol foram identificados e quantificados por RMN de ^1H , através de 2 métodos principais: com supressão da água e sem supressão da água.

Resultados e Discussões: As amostras apresentaram concentrações de metanol precisas e próximas do valor especulado. Foi possível também, criar uma curva analítica que demonstrou a resposta do método, a partir da sua linearidade, sensibilidade e faixa de trabalho. Os Resultados da curva e de algumas amostras estão apresentados nas imagens abaixo.

Tabela 01. Curva de Calibração

Curva de calibração		
Concentração real	Concentração da análise	Área do Pico
100%	100,25%	304,6367
70%	66,22%	220,2733
42%	38,74%	136,4133
16%	14,54%	53,6733
7%	6,84%	25,4933

Conclusão: Logo, o método se mostrou qualificado para medir a quantidade de metanol na maior parte das amostras e a curva analítica qualificou a análise. Porém, é necessário realizar mais experimentos com bebidas, visto que o pico do etanol e do metanol se sobrepõe em algumas regiões do espectro, também é importante desenvolver técnicas para contornar o problema da volatilidade das amostras. A fim de aprimorar a medida desse tipo de amostra.

REFERÊNCIA:

¹ FIEDLER et al, 1994.



Desenvolvimento e Aplicação do Pó das Conchas de Sururu para Revelação de Impressões Digitais Latentes

Jéssica H. de Souza^{a*}, Ashley S. L. Santos^a, Maria E. R. Malaquias^b, Adriana S. Ribeiro^a, Fred A. R. Nogueira^b

^a Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57072-970; ^b Instituto Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57020-600.

*e-mail: jessica.higino@iqb.ufal.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: As informações biométricas permitem identificar indivíduos de forma única, sendo amplamente utilizadas em registros civis e criminais. No entanto, muitas das impressões digitais encontradas são latentes (não visíveis), exigindo tratamento adicional para a sua revelação. Dentre os métodos convencionais de revelação, a técnica do pó é relativamente simples e prática. Entretanto, suas limitações relacionadas ao custo, dificuldade de importação e toxicidade dos pós comerciais fazem surgir a necessidade de alternativas sustentáveis¹. O processamento do sururu (*Mytella falcata*) gera toneladas de resíduos de suas cascas, que, na maioria das vezes, são descartados inadequadamente. Essa prática resulta em poluição ambiental e altos custos relacionados ao tratamento e descarte apropriado. O desenvolvimento de um pó revelador para impressões digitais utilizando a casca do sururu se conecta com o campo forense, fortalecendo a segurança pública, quanto com a preocupação ambiental de diminuir os impactos provocados pelo descarte inadequado das conchas deste molusco. Este trabalho se enquadra no objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS-12), que prioriza assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, estabelecidos pela ONU para suprir os desafios ambientais, políticos e econômicos mais urgentes que o mundo precisa.

Objetivos: Desenvolver e padronizar um pó revelador de baixo custo utilizando as conchas de sururu e avaliar sua aplicação na revelação de impressões digitais latentes em diferentes superfícies.

Metodologia: O revelador foi obtido a partir dos resíduos do sururu, tratado e transformado em pó através de processos físicos de trituração e tamisação na fração de 53 mm/μm. As impressões digitais latentes foram depositadas em aço inoxidável, vidro, alumínio e latão, avaliadas e classificadas segundo a escala UK Home Office².

Resultados e Discussões: Para avaliar a eficiência do pó obtido, o material foi aplicado na revelação de IDLs depositadas em

diferentes superfícies conforme a Figura 1. As imagens evidenciam cristas papilares bem definidas e detalhes característicos (bifurcações, presilha interna, delta e terminações), com todas as revelações classificadas como grau 4 na escala do UK Home Office o que indica que a revelação pode ser utilizada para comparação e identificação de indivíduos.

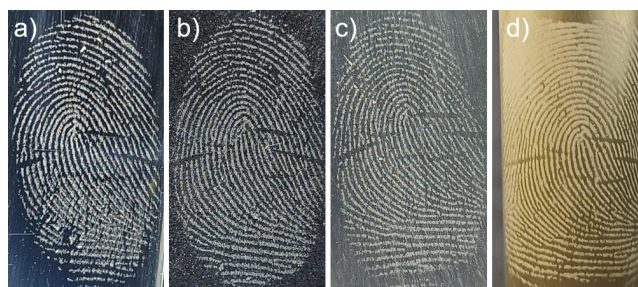


Figura 1. IDLs reveladas a partir da aplicação do pó das conchas do sururu nas superfícies de a) aço inox, b) vidro, c) folha de alumínio e d) latão.

Os resultados confirmam que o material fornece contraste adequado para a visualização dos detalhes da impressão, evidenciando seu potencial para a identificação de indivíduos e para aplicações em investigações criminais.

Conclusão: A potencialidade de aplicabilidade do material no cenário forense é notória devido ao comportamento promissor do pó frente a diversas superfícies. Além disso, o uso do pó das conchas do sururu é eficaz para garantir um direcionamento ecológico correto e sustentável de aplicação desse material.

Agradecimentos: CNPq, IFAL, PRPPI, UFAL.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Santos MEM, Moura EMO. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, v. 5, n. 3, p. 147-152, 2017.
- ² Sears VG *et al.*, Science & Justice, v. 52, n. 3, 2012.
- ³ Leitzke AF *et al.*, Química Nova, v. 45, 2022.



Desenvolvimento e Validação de Método para Análise de Canabidiol e Δ^9 -THC em Amostras de Sangue Utilizando o GC-MS

Nayna Cândida Gomes^{a*}, João Luis Queiroz Simeio^b, José Alexandre de Souza Crippa^b, Bruno Spinoso De Martinis^c

^a Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP-RP, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 14040-903; ^b Departamento de Neurociências e Ciências do Comportamento, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP-RP, Ribeirão Preto, Brasil, 14049-900;

^c Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP-RP, Ribeirão Preto, Brasil, 14040-900.

*e-mail: nayna_gomes@hotmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A determinação de Δ^9 -THC e CBD em sangue é essencial para o monitoramento terapêutico da *Cannabis* medicinal, devido à variabilidade de suas concentrações conforme a formulação e a via de administração^[1].

Objetivos: Desenvolver e validar um método analítico para determinação de CBD e Δ^9 -THC em sangue e aplicá-lo na análise de amostras de voluntários submetidos ao uso de *Cannabis* medicinal.

Metodologia: O estudo foi aprovado pelo CEP do HCFMRP-USP (CAAE- 75386823900006440) e incluiu voluntários saudáveis submetidos à administração oral de diferentes formulações de *Cannabis* medicinal contendo CBD e/ou Δ^9 -THC, terpenos e flavonóides. Amostras de sangue venoso (2 mL) foram coletadas em diferentes tempos após a administração (0 minutos; 1 hora e vinte minutos; 2 horas e 30 minutos e 3 horas e 35 minutos). 200 μ L de sangue foram submetidos à extração líquido-líquido com 700 μ L de éter etílico, seguida de agitação em vórtex por 1 minuto e centrifugação por 5 minutos. O eluato foi evaporado a 40 °C sob fluxo de N_2 , reconstituído com 40 μ L de acetato de etila e derivatizado com 20 μ L de MSTFA a 70 °C por 20 minutos. Posteriormente, 1 μ L foi injetado no GC-MS (coluna capilar de sílica fundida HP 5 – 30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m de espessura de filme) utilizando injeção *splitless*, hélio como gás de arraste (1 mL.min⁻¹) e analisador quadrupolo operado nos modos *full scan* (80–490 m/z) e SIM (íons e tempo de retenção : CBD – 390*, 337, 301 m/z; 18,143 minutos/ Δ^9 -THC : 374*, 389, 306 m/z; 19,109 minutos/ padrão interno Δ^9 -THC-d3 – íons: 371*, 386, 303 m/z; 19,033 minutos). A ionização foi realizada por impacto de elétrons (70 eV). Os parâmetros avaliados na validação do método foram os recomendados pela resolução 27/2012 e a 899/2003 da ANVISA.

Resultados e Discussões: O limite de detecção (LD) 50 ng.mL⁻¹ de sangue e o limite inferior de quantificação (LIQ) foi de 100 ng.mL⁻¹ de sangue. Não foi observado efeito residual e efeito matriz foi

de 1,75% para o CBD e de 2,01% para o Δ^9 -THC. O método foi considerado linear na faixa de concentração de 100 a 2000 ng.mL⁻¹ para ambos os analitos. Os valores de recuperação dos analitos variam de 98,45% a 97,37% para o LIQ do CBD e do Δ^9 -THC, respectivamente. A precisão intradia variou de 0,42 a 14,21%, para os valores de CQB e LIQ do CBD e Δ^9 -THC, respectivamente. A precisão interdia apresentou uma variação de 1,32 a 14,02%, que foram os valores do LIQ do CBD e CQA do Δ^9 -THC, respectivamente. Os valores da exatidão intradia variaram de -1,89% a 14,79% para os valores de LIQ e CQM do Δ^9 -THC, respectivamente. A exatidão intradia variou de -14,42%, para o LIQ do CBD, a 12,77%, para o LIQ do Δ^9 -THC. Os analitos foram estáveis no fluido oral e nas soluções padrão. O método desenvolvido permitiu a detecção e quantificação de CBD em amostras de sangue após administração de formulações de *Cannabis* medicinal, demonstrando adequada aplicabilidade analítica. As concentrações de CBD variaram entre os participantes e formulações avaliadas, enquanto o Δ^9 -THC não foi detectado. O padrão interno apresentou resposta adequada ao longo das análises, evidenciando a confiabilidade do método desenvolvido e validado.

Conclusão: O método desenvolvido atendeu aos critérios da ANVISA e permitiu a detecção e quantificação de CBD em amostras de sangue após administração de *Cannabis* medicinal, demonstrando aplicabilidade no monitoramento terapêutico.

Agradecimentos: Apoio financeiro da FAPESP – Código: 2023/16064-0.

REFERÊNCIA:

- ¹ LINARES, I.M.P.; GUIMARÃES, F.S.; ECKELI, A.; CRIPPA, A.C.S.; ZUARDI, A.W.; SOUZA, J.D.S.; HALLAK, J.E.; CRIPPA, J.A.S. No acute effects of cannabidiol on the sleep-wake cycle of healthy subjects: a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Front Pharmacol.* v. 9, p. 1-8, 2018. doi: 10.3389/fphar.2018.00315.



Desenvolvimento Teórico de Sensores Químicos Aplicados na Identificação das Novas Substâncias Psicoativas

Ana Beatriz de Souza^{a*}, Luiz Felipe Cantarino^a, Luiz Antônio Sodré Costa^a

^a NEQC-Núcleo de Estudos em Química Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, 36036-900.

*14210806641@estudante.ufjf.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Os nitazenos, opioides derivados do 2-benzilbenzimidazol, têm se destacado como uma preocupação crescente no cenário mundial, especialmente pela ausência de testes colorimétricos consolidados para sua identificação.¹

Uma das maneiras de desenvolver um reagente colorimétrico é aumentar o sistema conjugado das estruturas envolvidas, dessa forma, a dimerização produzida pela reação de diazotização² se destaca como uma possibilidade viável.

Objetivos: O presente estudo visa obter um teste colorimétrico com a ajuda de simulações computacionais que seja capaz de identificar a presença do nitazeno.

Metodologia: O trabalho envolve a redução do grupo nitro do etonitazeno, seguida da formação de um sal diazônio e posterior substituição aromática. (Figura 1). Foram realizados cálculos de otimização no nível xtb/GFN2 e estudos do caminho de menor energia pelo método NEB, no software Orca 6.1, utilizando wb97xd/6-31+g(2d,p), permitindo identificar intermediários e estados de transição da reação. Além disso, cálculos TDDFT foram realizados para avaliar os espectros eletrônicos na região do visível.

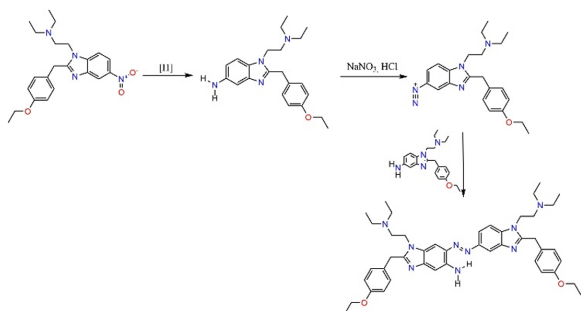


Figura 1. Formação do sal diazônio.

Resultados e Discussões: A figura 2 ilustra um perfil energético referente a reação proposta, em que se infere que a formação do composto azo ocorre em múltiplas etapas, apresentando intermediários estáveis e estados de transição bem definidos. Ademais, a redução da energia ao longo da reação indica um processo exotérmico e energeticamente favorável, sugerindo estabilidade do composto azo formado.

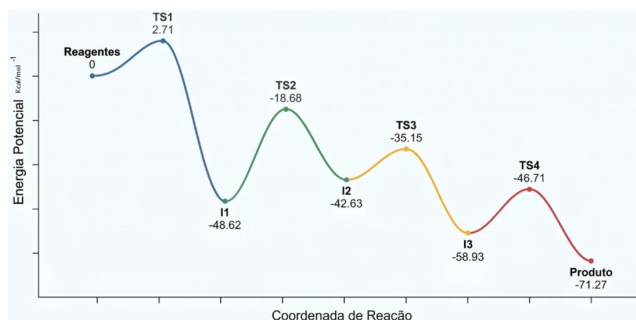


Figura 2. Diagrama de superfície de energia potencial das reações de formação dos sais diazônios, de acordo com a Figura 1.

Conclusão: Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que a reação é favorável e apresenta potencial para aplicação no desenvolvimento de um teste colorimétrico para a identificação de nitazenos.

Agradecimentos: CNPq, CAPES, PPG-Química e FAPEMIG-RMCF

REFERÊNCIAS:

- 1 UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME (UNODC). *Nitazenos: caracterização e presença no Brasil*. Brasília: UNODC, 2024.
- 2 LIAN, Peng *et al.* A Density Functional Theory Study on Diazotization and Nitration of 3,5- Diamino-1,2,4-Triazole. *International Journal of Quantum Chemistry*, 111, 10, 2251-2258, 2011. DOI 10.1002/qua.22517.



Detecção de Adulterantes de Gordura Vegetal em Manteiga Usando Espectroscopia no Infravermelho Próximo Portátil e Modelo de Classificação Semiquantitativo de uma Classe

Pedro M. C. Caputo^{a*}, Anna M. R. Diniz^a, Enrico M. P. Zago^a, Marcus V. O. Andrade^b, Marcelo M. Sena^{a,c}

^aDepartamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901; ^bPolícia Federal, Superintendência Regional de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30430-340; ^cInstituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Bioanalítica Lauro Kubota (INCTBio-LK), Campinas, SP, Brasil, 13083-970.

*e-mail: pedrocaputo@ufmg.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A adulteração de manteigas evoluiu para práticas mais sofisticadas envolvendo margarinas e gorduras vegetais, tornando sua detecção mais desafiadora¹. Assim, o desenvolvimento de técnicas capazes de identificar esses adulterantes tornou-se essencial. Nesse contexto, métodos de classificação supervisionada multivariada, especialmente a modelagem de uma classe, têm sido amplamente aplicados na autenticação de alimentos².

Objetivos: Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo detectar adulterantes de origem vegetal em amostras de manteiga por meio da Modelagem Independente Suave por Analogia de Classe (SIMCA), utilizando dados obtidos por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) com equipamento portátil.

Metodologia: Amostras de manteiga com sal puras/autênticas (MP) foram adquiridas no comércio local, fundidas e adulteradas com diferentes proporções (2–100%, m/m) de gordura de palma, margarina e óleos vegetais de algodão, canola, girassol, milho e soja. As misturas foram homogeneizadas e analisadas ainda quentes (~50 °C) utilizando o equipamento portátil MicroNIR® 1700 (Viavi Solutions, USA). Os espectros NIR foram pré-processados por derivada de segunda ordem, seguida de suavização de Savitzky–Golay (polinômio de segunda ordem e janela de 5 pontos) e centralização na média. Após a divisão das amostras em conjuntos de treinamento e teste pelo algoritmo de Kennard–Stone e remoção de *outliers*, foi desenvolvido um modelo SIMCA rigoroso. O desempenho do modelo foi avaliado por meio das figuras de mérito (FOM): sensibilidade (SEN), especificidade (SPE), eficiência (EFF), calculadas em porcentagem, limite de decisão (CC α) e capacidade de detecção (CC β)³, obtidas a partir de cinco replicatas de cada adulterante em nove níveis de adulteração. 12 amostras adulteradas apreendidas pela Polícia Federal foram testadas para detecção de adulteração.

Resultados e Discussões: Os resultados das FOM de veracidade são apresentados na Tabela 1 e os parâmetros CC α e CC β são apresentados na Figura 1, a seguir:

Tabela 1. Principais figuras de mérito do modelo SIMCA.

$n_{MP/AD}$ trein.	$n_{MP/AD}$ teste	PCs	Treinamento			Teste		
			SEN	SPE	EFF	SEN	SPE	EFF
33 / 0	17 / 350	8	100,0	-	100,0	100,0	93,1	93,1

$n_{MP/AD}$ trein e $n_{MP/AD}$ teste representam o número de amostras de manteiga autêntica e adulteradas nos conjuntos de treinamento e teste, respectivamente. PCs representam o número de componentes principais.

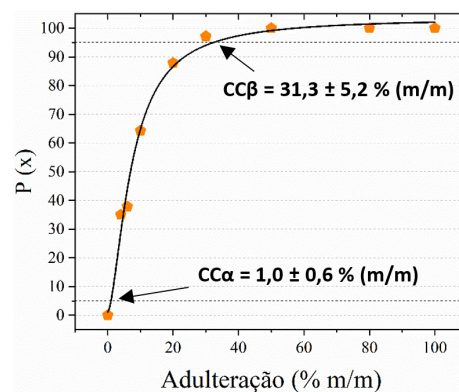


Figura 1. Curva característica de desempenho (curva PCC) usada para estimar CC α e CC β para o modelo SIMCA semiquantitativo.

Conclusão: O modelo SIMCA associado à espectroscopia NIR portátil apresentou alta eficiência na autenticação de manteiga e detecção de adulterantes vegetais. Além disso, a abordagem mostrou potencial para aplicação rápida e não destrutiva no controle de qualidade e autenticidade de alimentos, identificando todas as 12 amostras apreendidas como não autênticas.

Agradecimentos: CNPq, CAPES, FAPEMIG, INCTBio-LK, RMCF, PF-MG, GQQATE, PPG-QUI, DQ-ICEX e UFMG.

REFERÊNCIAS:

- Deelstra, H.; Burns, D. T.; Walker, M. J. *Eur. Food Res. Technol.*, v. 239, p. 725-744, 2014.
- Rodionova, O. Ye. et al. *Trends Food Sci. Technol.* v. 147, p. 104429, 2024.
- López, M. I., Callao, M. P., Ruisánchez, I. *Anal. Chim. Acta*, 891, 62-72, 2015.



Detecção de N-Ciclohexil-Metilona em Comprimidos Artesanais Apreendidos no Rio Grande do Sul

Milena Pellin Mosoletto^{a*}, Marcos Paulo Thomé^a, Bruna Gauer^a, Maria Cristina Franck^a, Ana Cláudia Dietz^a

^a Instituto-Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 90230-010.

*e-mail: milena-mosoletto@igp.rs.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A identificação confiável das Novas Substâncias Psicoativas (NSPs) é um dos grandes desafios dos laboratórios forenses, pois, além da grande diversidade de compostos químicos, há baixa prevalência em apreensões em comparação às drogas tradicionais¹. Ademais, muitas NSPs costumam desaparecer do mercado após proibidas, dificultando o acompanhamento dos órgãos periciais, tanto em relação a métodos analíticos, quanto à aquisição de padrões de referência^{1,2}.

Objetivos: Realizar a identificação da N-ciclohexil-metilona em comprimidos artesanais apreendidos, na ausência de padrão analítico de referência, por meio do uso de dados espectrais e comparação com dados da literatura.

Metodologia: Dois comprimidos artesanais provenientes de apreensões distintas foram analisados por: Cromatografia em Fase Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM), com ionização por impacto eletrônico (IE); Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detector de Arranjo de Diodos (CLAE-DAD) e Cromatografia Líquida de Ultra Alta Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas de Alta Resolução com analisador Quadrupolo Tempo de Voo (UHPLC-HRMS). Na ausência de padrão analítico de referência, não foi realizada comparação de tempo de retenção, sendo a identificação baseada na comparação de dados espectrais independentes^{3,4}.

Resultados e Discussões: O espectro de massas obtido apresentou alta similaridade com dados de referência, com valores de match superiores a 800 e presença de fragmentos característicos compatíveis com a estrutura proposta.

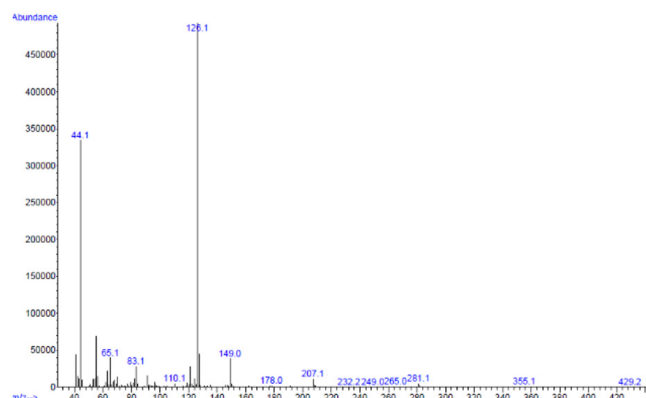


Figura 1. Espectro de massas (IE) do caso 1.

O espectro UV-VIS demonstrou concordância de λ máx com dados de biblioteca (235, 281 e 318 nm), considerando a tolerância de ± 2 nm.

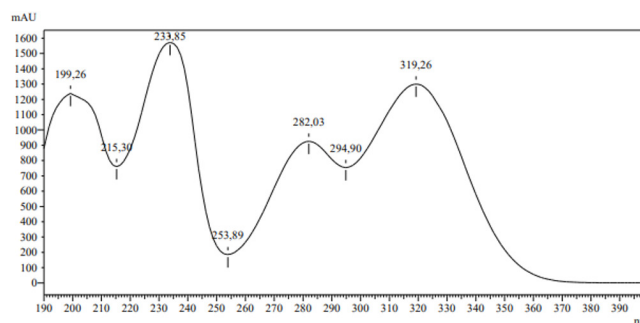


Figura 2. Espectro UV-VIS do caso 1.

Na análise por UHPLC-HRMS, a identificação foi fundamentada nos dados do espectro de massas de alta resolução, com erro de massa ≤ 5 ppm para o íon monoisotópico e fragmentos relevantes, além de distribuição isotópica compatível com a teórica.

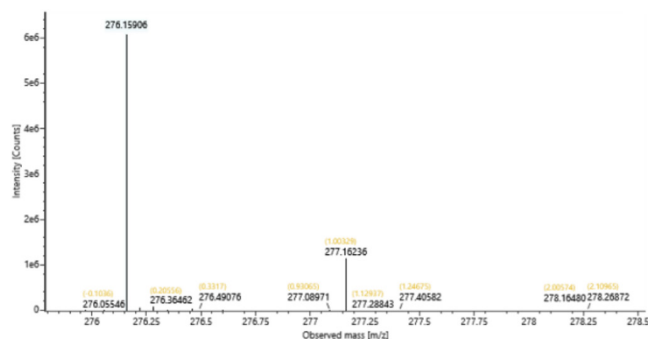


Figura 3. Espectro de HRMS do caso 2.

Conclusão: A integração de diferentes técnicas analíticas e a comparação com dados de literatura e bibliotecas espectrais permitiram a identificação consistente da N-ciclohexil-metilona nas amostras. Em conformidade com recomendações da SWGDRUG, os dados externos foram avaliados quanto à adequação ao propósito, incluindo confiabilidade da origem e comparabilidade analítica. Assim, demonstra-se a aplicabilidade de critérios espectrais combinados para a identificação de NSPs em contexto forense, embora, as limitações do uso de dados espectrais isolados devem sempre ser consideradas.

REFERÊNCIAS:

- Mardal, M., et al. Journal of Analytical Toxicology 43.7 (2019): 520-527.
- Dorta, D. J., Yonamine, M., da Costa, J. L., & de Martinis, B. S. (2018). Toxicologia forense. Editora Blucher.
- CFSRE (Center for Forensic Science Research and Education). *N-Cyclohexyl-Methylone: Chemistry Report*. 2022.
- Cayman Chemical. Item No. 35165.



Development of Water-Compatible Deep Eutectic Solvent-Molecularly Imprinted Polymers (DES-MIP) and Application as an Electrochemical Sensing Platform for Cocaine

Gustavo Soares Dias^a, Fernanda Oliveira Granjeira^a, Mariana Gava Segatelli^a, César Ricardo Teixeira Tarley^{a*}

^a Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, Km 380, Londrina, PR, 86050-482, Brasil.

*e-mail: tarley@uel.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Increasing volumes of cocaine apprehensions have been observed over the years. The use of different kinds of diluents and adulterants by illegal markets makes the proper identification of seized samples a difficult task. Therefore, analytical tools with outstanding selectivity are of paramount importance. Molecularly imprinted polymers (MIPs) are synthetic polymers that self-assemble in the presence of template molecules. Upon synthesis, a selective, complementary cavity forms. Usually, MIPs are synthesized using toxic organic porogenic solvents, and few studies have focused on the electrochemical analysis of cocaine. More recently, the synthesis using deep eutectic solvents acting as monomers in the presence of water has become an eco-friendly approach.¹ Such an approach has not been exploited for forensic sciences.

Aims: Develop a water DES-MIP for the selective electrochemical determination of cocaine in seized samples

Methods: For the preparation of the MIP, 0.1 g of EGDMA (cross-linker) and 0.05 g of AIBN (radical initiator) were added to 30 mL of water, followed by the addition of 300 μL of DES formed by a mixture of AA (acrylic acid) and TBAB (tetrabutylammonium bromide) at 2:1 molar ratio and 0.05 g of cocaine. The system was then sealed and maintained under heating at 60 °C for 24 h under a N_2 atmosphere. After synthesis, the material was ground and sieved. Slurries were then prepared and drop-cast onto a glassy carbon electrode (GCE). Cyclic voltammetry measurements were subsequently performed and compared with those obtained using an unmodified GCE.

Results and Discussion: Firstly, the electrochemical behavior of cocaine at GCE was evaluated by cyclic voltammetry in 0.1 mol L^{-1} BR buffer (pH 7.00) as the electrolyte solution. An irreversible oxidation peak at 1.1 V vs. Ag/AgCl was observed. The modification of GCE with MIP particles was accomplished using an aqueous slurry (3 mg mL^{-1}) in the presence of DHP (dihexadecylphosphate) or Nafion at different concentrations. The use of DHP suppressed the electrochemical signal of cocaine, most likely due to its insulating properties. However, when using Nafion, the sensor

modified with MIP provided an increase in the peak current of cocaine compared to GCE, as shown in Figure 1.

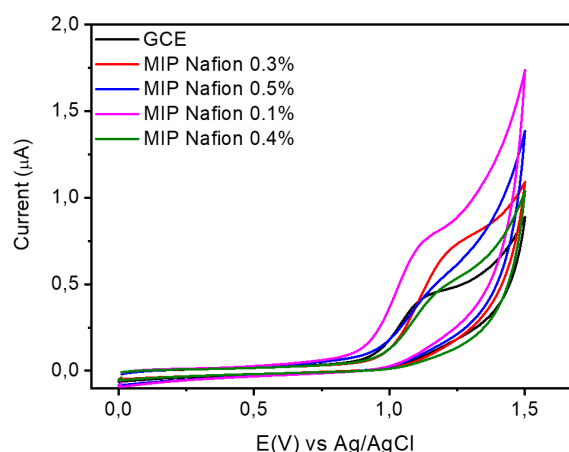


Figure 1 – Cyclic voltammograms obtained in 0.1 mol L^{-1} BR (pH 7.0) at 200 $\mu\text{mol L}^{-1}$ concentration of cocaine

At higher Nafion concentration (0.4 and 0.5%), a lower peak current and broader peak were observed. Although Nafion is considered an ion-conducting material, its higher proportion decreases the effect of MIP on the recognition of cocaine. Therefore, 0.1 % of Nafion was chosen as the best condition.

Conclusion: The initial results demonstrate the potential of the water-based DES-MIP for the development of selective materials for electrochemical sensing. Additional parameters, including slurry concentration, pH, and buffer concentration, will be further investigated to optimize the experimental conditions. Structural and spectroscopical characterization of MIP will be carried out by FT-IR, TGA and ^1H RMN.

REFERÊNCIA:

¹ Kaijia X, Wang, Y, Wei, X., Chen, J. Xu, P., Zhou, U. *Microchimica Acta*, v.185, p. 146-153. 2018.



Discriminação Colorimétrica de Aminas Utilizando Complexos Metal-Tiocianato com Aplicação em Triagem Forense

Letícia Pasquenelli Senna Gonçalves Corrêa^{a*}, Rafael Mafra de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Rodrigo Fernando Bianchi^b, Elidia Maria Guerra^a

^a Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del Rei – Campus Alto Paraopeba, Ouro Branco, MG, Brazil; ^b Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto - MG, Brazil.

*e-mail: leticiapasquenelli@aluno.ufsj.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A identificação de compostos nitrogenados em amostras apreendidas é uma etapa crítica na química forense, especialmente devido à presença de aminas em drogas ilícitas e seus adulterantes. Compostos como aminas primárias, secundárias aromáticas e terciárias apresentam comportamentos químicos distintos que podem ser explorados em testes presuntivos rápidos. Nesse contexto, sistemas colorimétricos baseados em complexos metálicos têm se destacado como ferramentas promissoras para triagem forense, devido à sua rapidez e baixo custo¹. Além disso, testes presuntivos são amplamente utilizados em análises preliminares, sendo essenciais para direcionar técnicas confirmatórias mais robustas².

Objetivos: Desenvolver e avaliar um método colorimétrico baseado em complexos metal-tiocianato para a discriminação de diferentes classes de aminas com potencial aplicação em análises forenses.

Metodologia: Foram empregados os complexos $K_2[Co(SCN)_4]$ e $Fe(SCN)_3$ como sondas químicas para interação com diferentes aminas modelo: etilamina (primária), difenilamina (secundária aromática) e trietilamina (terciária). As reações foram conduzidas em meio ácido-orgânico (HCl/acetoneitrila), com monitoramento visual das mudanças de cor e formação de precipitados ao longo do tempo.

Resultados e Discussões: Os sistemas apresentaram respostas distintas e reproduzíveis para cada classe de amina. O complexo de cobalto exibiu mudanças de cor características associadas a processos de substituição de ligantes e alterações no campo cristalino, enquanto o sistema com ferro evidenciou formação seletiva de precipitados para aminas com maior capacidade redutora. A combinação dos dois reagentes permitiu discriminação inequívoca entre as classes estudadas, evidenciando

comportamento dependente da estrutura molecular e da nucleofilicidade do nitrogênio.

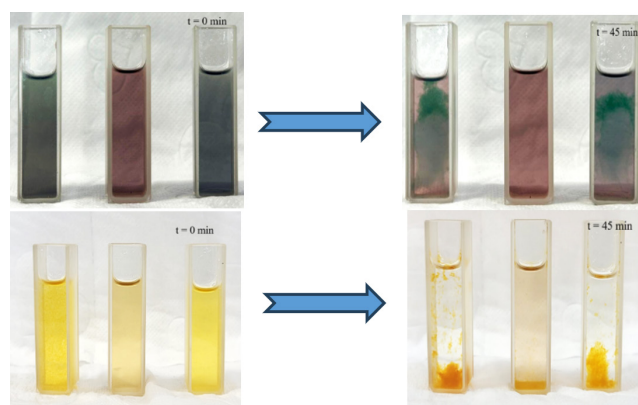


Figura 1. Resposta colorimétrica final de diferentes classes de aminas utilizando $K_2[Co(SCN)_4]$ e $Fe(SCN)_3$, evidenciando padrões distintos que permitem sua discriminação do tempo 0 a 45 min.

Conclusão: O método proposto demonstrou elevado potencial como teste presuntivo para identificação de aminas em contexto forense, apresentando baixo custo, rapidez e fácil interpretação. A abordagem dual (Co/Fe) aumenta a confiabilidade analítica, reduzindo ambiguidades típicas de testes colorimétricos isolados.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- ¹ SHAW, L.; DENNANY, L. *Current Opinion in Electrochemistry*, 2017, 3, 23–28.
- ² KARCH, S. W. *Drug Abuse Handbook*. CRC Press, 2007.



Doping Intellectual: Prevalência do Uso de Substâncias Psicoestimulantes entre Universitários

Andreza Araia Marciano^{a*}, Nayara Gomes Nunes Oliveira^b, Ana Clara Ferreira^a, Nayna Cândida Gomes^a

^a Centro Universitário Da Fundação De Ensino Octávio Bastos, São João da Boa Vista, SP, Brasil, 13874-149; ^b HC-UFU/HUBRASIL, Uberlândia, MG, Brasil, 38405-320.

*e-mail: andreza.marciano@sou.unifeob.edu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O uso de substâncias psicoestimulantes do sistema nervoso central por estudantes universitários tem aumentado, especialmente com o objetivo de melhorar o desempenho acadêmico e a concentração¹. Essa prática, denominada doping intelectual, envolve o consumo dessas substâncias por indivíduos saudáveis e está associada a potenciais riscos à saúde². Diante desse cenário, torna-se relevante investigar a prevalência e os fatores associados a esse comportamento entre universitários³.

Objetivos: Avaliar a prevalência do uso de substâncias psicoestimulantes na prática do doping intelectual entre universitários, bem como os fatores associados a esse comportamento.

Metodologia: Estudo transversal, analítico, de abordagem quantitativa, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 69352123.0.0000.9367). Os dados foram coletados por meio de questionário estruturado contendo 21 questões, aplicado a 201 estudantes universitários. Foram avaliadas variáveis sociodemográficas e relacionadas ao uso de substâncias psicoestimulantes, incluindo tipo, frequência, período e finalidade de uso. Os dados foram analisados por estatística descritiva e inferencial, utilizando teste do qui-quadrado e regressão logística, considerando nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados e Discussões: Dos 201 universitários avaliados, 50,7% relataram o uso de substâncias psicoestimulantes na prática do doping intelectual. A cafeína foi a substância mais utilizada (41,3%), seguida por chá verde/preto e derivados do tabaco (Figura 1). O consumo ocorreu principalmente na véspera de avaliações (59,1%), indicando associação com períodos de maior demanda acadêmica. Entre os efeitos percebidos, destacaram-se redução do sono (58,3%) e melhora da concentração (45,6%), enquanto os principais efeitos adversos foram agitação (62,2%) e insônia (38,9%).



Figura 1. Substâncias psicoestimulantes utilizadas na prática do doping intelectual

Observou-se associação estatisticamente significativa entre o uso dessas substâncias e o sexo masculino ($p=0,02$). Além disso, a análise indicou relação entre o consumo e variáveis comportamentais, especialmente quanto à finalidade e ao período de uso, sugerindo busca por aprimoramento cognitivo. Esses achados corroboram a literatura e apontam para a consolidação do doping intelectual no meio universitário, levantando preocupações quanto aos impactos do uso indiscriminado à saúde.

Conclusão: Conclui-se que o uso de psicoestimulantes entre universitários é frequente, caracterizando o doping intelectual, especialmente em períodos de avaliação. A prática está associada a fatores comportamentais e apresenta riscos à saúde, evidenciando a necessidade de estratégias de prevenção.

Agradecimentos: Ao Centro Universitário Da Fundação De Ensino Octávio Bastos pela bolsa e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- Majori S et al. Revista de medicina preventiva e higiene, v. 58, n. 2, p. E130–E140, 2017.
- Muniz LR et al. Revista Brasileira de Ciência Aplicada, v. 3, p. 1314–1326, 2021.
- Morgan HL et al. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 41, n. 1, p. 102–109, 2017.



Do Unidimensional ao Bidimensional: Comparação entre GC/MS e GC×GC-FID/MS no Perfilamento de Comprimidos de Ecstasy

Nathan de Souza Coelho^a, Gabriel Pardini Coelho^a, Zenilda de Lourdes Cardeal^a, Helvécio Costa Menezes^{a*}

^a Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte (MG), Brasil, 31270-901.

*e-mail: hmenezes@ufmg.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A 3,4-metilenodioximetanfetamina (MDMA) é o princípio ativo dos comprimidos de Ecstasy, uma das drogas sintéticas mais consumidas no mundo. Entretanto, esses comprimidos raramente contêm apenas MDMA, podendo apresentar uma ampla variedade de adulterantes, subprodutos de síntese, impurezas, e outras substâncias psicoativas (SP). A caracterização detalhada dessa composição química é fundamental em química forense para auxiliar na elucidação de rotas sintéticas, comparar apreensões, e identificar possíveis vínculos entre lotes. Neste trabalho foram utilizadas as técnicas GC/MS e GC×GC-FID/MS para fornecer informações relevantes sobre o perfilamento químico de comprimidos de ecstasy apreendidos no Brasil.

Objetivos: Comparar o desempenho das técnicas GC/MS e GC×GC-FID/MS na caracterização do perfil químico de comprimidos de ecstasy apreendidos no Brasil, e avaliar sua capacidade de detectar compostos majoritários e minoritários relevantes.

Metodologia: Comprimidos de ecstasy foram pulverizados, e 250,0 mg foi extraído com Diclorometano em pH=10. A fase orgânica foi filtrada e dividida em duas alíquotas de 1,0 µL¹. A primeira alíquota foi injetada no GC/MS com coluna HP-5MS 20 m x 180 µm x 0.18 µm. A segunda no GC×GC-FID/MS munido com uma coluna DB-5MS 20 m x 180 µm x 0.18 µm na D1, e uma DB-17ht de 5 m x 250 µm x 0.15 µm na 2D. Programa de temperatura inicia com 35°C por 1 min, 5 °C min⁻¹ até 260 °C, mantém por 2 min. Injeção splitless a 250 °C. Modulação 6 s. Fonte MS a 280 °C. As condições cromatográficas do GC/MS foram obtidas por tradução de método pelo EZGC Calculator da Restek. A identificação dos compostos presentes foi por comparação com os espectros de massas das bibliotecas espectrais (Similaridade > 850), e pelo índice de retenção de Kratz.

Resultados e Discussões: A figura 1 mostra o cromatograma obtido no sistema GC/MS para uma amostra de ecstasy e a figura 2 mostra o diagrama de cores obtido no sistema GC×GC-FID/MS para a mesma amostra. Com o sistema GC×GC-FID/MS foi possível identificar 37 substâncias na amostra analisada, sendo a N-Metil-3,4-metilenodioxiamfetamina mais abundante, seguida em ordem decrescente pelo N-Formil-N-metil-3,4-metilenodioxiamfetamina, ácido Octadecanoico, ácido n-Hexadecanoico, e N,N Dimetil-3,4-metilenodioxiamfetamina. Enquanto no sistema GC/MS apenas 10 compostos foram identificados.

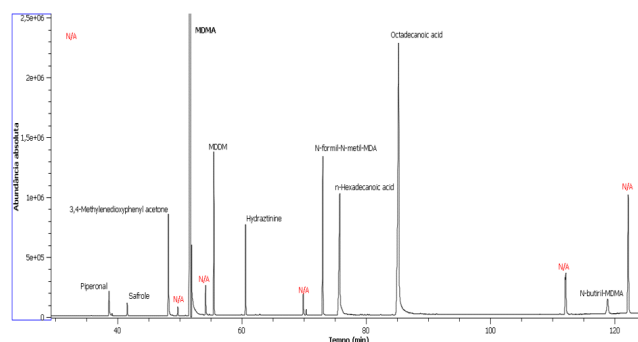


Figura 1. Cromatograma GC/MS obtido pela injeção do extrato orgânico de uma amostra de Ecstasy.

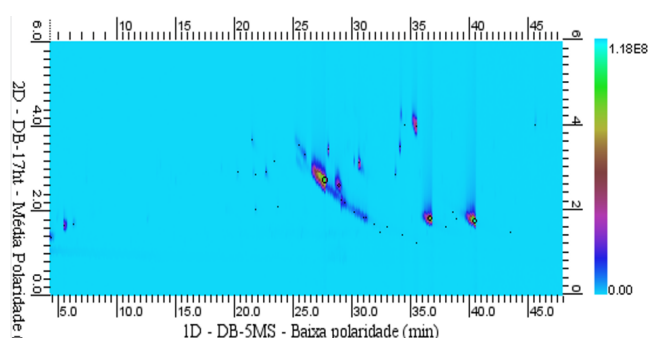


Figura 2. Diagrama de cores obtido pela injeção do extrato orgânico de uma amostra de Ecstasy no sistema GC×GC-FID/MS.

Conclusão: Devido a diversidade e complexidade das amostras de ecstasy as coeluições são recorrentes, e não podem ser resolvidas por GC/MS. A GC×GC permite uma caracterização mais detalhada da matriz, maior resolução, e capacidade de pico.

Agradecimentos: Clésia Cristina Nascentes (DQ-UFMG), e Adriano O. Maldaner (INC-PF).

REFERÊNCIA:

¹ Palhol F. et. al. Anal Bioanal Chem, 376: 486–490, 2003.



Efeitos Comportamentais da Exposição à Nicotina em Zebrafish: Análise Comparativa entre Cigarros Convencionais e Eletrônicos

Mariana de Oliveira Ramos^{a*}, Fernanda Ferreira da Silva Souza Monedeiro^b, Bruno Spinosa De Martinis^c, Antonio Vinicius Inácio Ribeiro^a, Rayssa Oliveira Betti^a, Nayna Cândida Gomes^a

^a Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos, São João da Boa Vista, SP, Brasil, 13874-149; ^b HEALTH-Institute for Biomedical Research and Technologies, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, 8010, Graz, Áustria; ^c Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP-RP, Ribeirão Preto, Brasil, 14040-900.
*e-mail: mariana1dlamos@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O tabagismo é uma das principais causas de mortes evitáveis no mundo. A nicotina atua diretamente no sistema nervoso central e pode alterar padrões comportamentais ¹. Nesse contexto, o zebrafish tem se destacado como modelo experimental em estudos de toxicologia comportamental, devido à sua similaridade genética com humanos ². No entanto, ainda são limitadas as investigações comparativas sobre os efeitos combinados das substâncias presentes na fumaça do cigarro.

Objetivos: Avaliar os efeitos da nicotina de cigarros convencionais e eletrônicos sobre o comportamento de zebrafish adulto, incluindo parâmetros de ansiedade e agressividade, comparando com grupo controle.

Metodologia: Este estudo foi aprovado pelo CEUA do UNIFEOP (Protocolo nº 2024.0012). A quantificação da nicotina presente na fumaça de cigarros convencionais e eletrônicos foi realizada por extração líquido-líquido, seguida de análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), a partir de amostras de água obtidas após a queima dos dispositivos. A quantificação foi realizada por linearidade. Para a análise comportamental, zebrafish adultos foram expostos às soluções contendo nicotina (provenientes do cigarro convencional e do cigarro eletrônico) e comparados a um grupo controle, sendo submetidos aos testes claro-escuro e do espelho para avaliação de parâmetros relacionados à ansiedade e agressividade. Ao final, os peixes foram tratados com óleo essencial de lavanda. Os dados foram analisados por estatística descritiva e inferencial, considerando nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados e Discussões: Com a linearidade foram determinadas as concentrações de nicotina no cigarro convencional (1285,7 ng.mL⁻¹) e no eletrônico (581,9 ng.mL⁻¹). No teste claro-escuro,

ambos os grupos promoveram aumento do tempo na área iluminada, sugerindo efeito ansiolítico, mais pronunciado no grupo exposto ao cigarro convencional. No teste do espelho, notou-se redução do comportamento agressivo, especialmente no grupo exposto ao cigarro eletrônico, que apresentou menor interação, além de sinais de toxicidade, como desorientação e mortalidade. Esses resultados indicam que a nicotina, dependendo da forma de exposição, pode exercer efeitos comportamentais distintos, com perfil ansiolítico em determinadas condições e efeitos tóxicos em exposições mais intensas. Ademais, a maior intensidade dos efeitos tóxicos observados no grupo do cigarro eletrônico, apesar da menor concentração de nicotina, pode estar relacionada à presença de outros compostos químicos e a diferenças na biodisponibilidade da substância, resultando em maior impacto comportamental.

Conclusão: A nicotina proveniente de cigarros convencionais e eletrônicos promove alterações comportamentais em zebrafish, com efeitos ansiolíticos e redução da agressividade. A exposição com a nicotina e demais compostos do cigarro eletrônico apresentou maior intensidade de efeitos tóxicos, apesar da menor concentração de nicotina.

REFERÊNCIAS:

- ¹ OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde. 2017. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/tabaco>. Acesso em: 23 de Abril de 2026.
- ² CAMPOS, E. G. Zebrafish como organismo-modelo para análises de efeitos comportamentais e toxicológicos da cetamina empregando cromatografia em fase gasosa e estatística multivariada. 72 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/ USP. 2016.



Eletrodo de Grafite Aplicado à Detecção Eletroquímica de Benzocaína em Urina Sintética para fins de Análise Forense

Maria Fernanda Cavalcante Machado^{a*}, Rafael Mafra de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Elidia Maria Guerra^a, Rodrigo Fernando Bianchi^a

^a Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos, Universidade Federal de São João del Rei – Campus Alto Paraopeba, Ouro Branco, MG, Brazil
*e-mail: nanda2017machado@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A adulteração de drogas ilícitas com anestésicos locais, como a benzocaína, representa um desafio relevante para a química forense, tanto pelos riscos toxicológicos associados — como a metahemoglobinemia — quanto pela complexidade analítica dessas matrizes¹. A detecção desses compostos em fluidos biológicos ou matrizes simuladas é dificultada pela presença de espécies interferentes que podem comprometer a resposta analítica. Nesse contexto, técnicas eletroquímicas têm se destacado como alternativas promissoras às metodologias cromatográficas tradicionais, devido à sua rapidez, baixo custo e potencial para análises em campo².

Objetivos: Desenvolver e avaliar um método eletroquímico baseado em eletrodo de grafite para a detecção de benzocaína em urina sintética, visando aplicações forenses com baixo custo, rapidez e adequada sensibilidade.

Metodologia: As análises foram realizadas por voltametria cíclica utilizando um sistema de três eletrodos: grafite como eletrodo de trabalho, Ag/AgCl como referência e platina como contra-eletrodo. Soluções de benzocaína foram preparadas em urina sintética na faixa de concentração de 0,5 a 10 mg mL⁻¹. As medidas foram conduzidas em potenciostato μ -Autolab tipo III, com tratamento de dados via software NOVA.

Resultados e Discussões: A benzocaína apresentou um pico de oxidação bem definido, mesmo em matriz complexa, evidenciando sua natureza eletroativa. A voltametria cíclica mostrou-se robusta, com manutenção da resposta analítica apesar do aumento da corrente de fundo e leve alargamento do pico. A curva de calibração apresentou boa linearidade ($R^2 = 0,99421$), indicando adequada correlação entre corrente e concentração. A robustez da técnica está associada à varredura contínua de potencial, que contribui para minimizar efeitos de passivação do eletrodo.

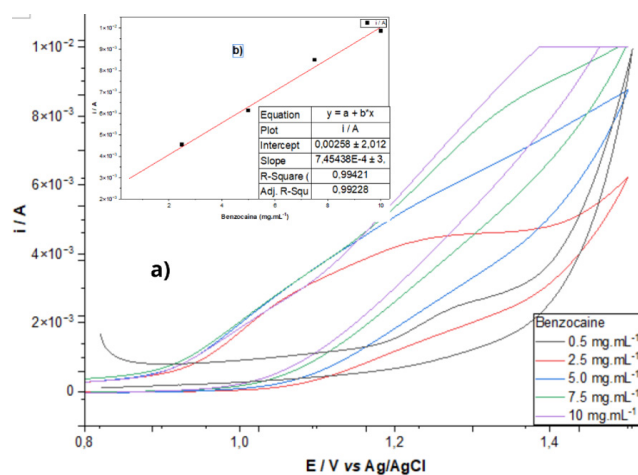


Figura 1. (a) Voltametria cíclica da benzocaína em diferentes concentrações em urina sintética, pH = 3, vs Ag/AgCl, (b) curva de calibração da benzocaína

Conclusão: O eletrodo de grafite demonstrou ser uma alternativa eficiente e de baixo custo para a detecção eletroquímica de benzocaína em urina sintética. A técnica de voltametria cíclica apresentou desempenho satisfatório em matriz complexa, com boa linearidade e estabilidade do sinal, evidenciando seu potencial para aplicações em triagem forense.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- PICHINI, S. et al. *Drug Testing and Analysis*, 2017, 9, 485–490
- PYSAREVSKA, S. et al. Voltammetry of local anesthetics: theoretical and practical aspects. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 2021, 51, 339–352



Essa Lente Tem Filtro?

Rogério Araujo Lordeiro^{a*}, José Coelho Neto^a

^a STFQL-DIVLAB-IC-PCMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

*e-mail: lordeiorogério@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A luz visível é a faixa do espectro eletromagnético entre 380 e 740 nm que sensibiliza o olho humano. Com a onipresença de tecnologias de iluminação moderna e telas de dispositivos digitais que emitem luz azul de ondas curtas, cresce a preocupação com a fadiga visual, a saúde macular e a higiene do sono. Para mitigar possíveis efeitos adversos, a indústria óptica desenvolveu tratamentos de superfície, como filtros antirreflexo (AR) e bloqueadores de luz azul, cujas propriedades dependem da composição química e da capacidade de absorção em comprimentos de onda específicos.

Objetivos: Comparar o comportamento óptico de três tipos de lentes oftalmológicas (denominadas VS, AR e CR39) para verificar a eficácia e a presença de tratamentos antirreflexo e de filtragem de luz azul.

Metodologia: Foram realizados exames não destrutivos em três amostras distintas. As técnicas empregadas incluíram: análise do comportamento sob iluminação natural e feixe de luz azul; Espectrometria de Absorção no Infravermelho (ATR-FTIR) para caracterizar quimicamente os revestimentos de superfície; Espectrometria de Fluorescência de Raios X (EDXRF) para identificação de elementos químicos específicos; e Espectrometria de Absorção no Ultravioleta-visível (UV-VIS) para medir quantitativamente a absorbância de luz em diferentes comprimentos de onda.

Resultados e Discussões: Os testes visuais mostraram que a lente VS bloqueia a passagem do feixe de luz azul e apresenta um reflexo esverdeado, indicando tratamento AR e filtro azul. A lente AR apresentou reflexo semelhante, mas não bloqueou a luz azul, enquanto a CR39 não demonstrou nenhum tratamento. A análise de ATR-FTIR confirmou que VS e AR possuem revestimentos superficiais similares, diferindo da CR39, que apresentou o espectro puro da resina. Pela técnica de EDXRF, detectou-se o elemento bromo (Br) apenas na lente VS, o que serve como marcador químico do filtro de luz azul. Os espectros de UV-VIS ratificaram a alta absorbância da lente VS na faixa do azul, comprovando sua funcionalidade.

Tabela 01. Poder de discriminação dos testes realizados nas lentes. (preenchimento amarelo indica comportamento divergente).

Tipo de lente	Testes realizados				
	Luz branca	Luz azul	ATR-FTIR	EDXRF	UV-VIS
VS					
AR					
CR39					

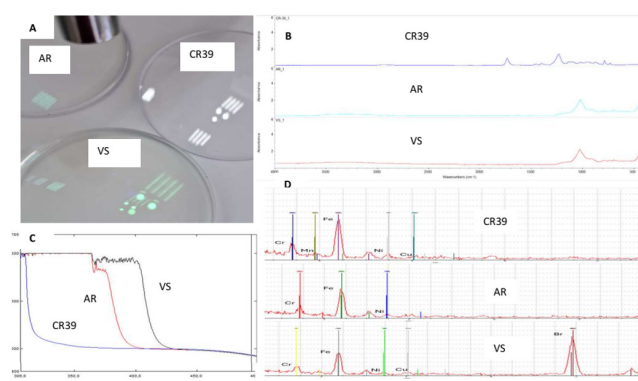


Figura 01. Resultados dos testes realizados: A) luz branca; B) ATR-FTIR; C) UV-VIS; D) EDXRF

Conclusão: Concluiu-se que a lente CR39 não possui tratamentos, a lente AR possui apenas proteção antirreflexo e a lente VS integra ambos os tratamentos: antirreflexo e filtro de luz azul. As metodologias espectroscópicas mostraram-se eficazes e reprodutíveis para a identificação objetiva dessas propriedades em materiais ópticos.

Agradecimentos: Rede Mineira de Ciências Forenses (RMCF) financiada pelos editais RED-00042-16 e RED-00120-23 da FAPEMIG.

REFERÊNCIAS:

- MORE, S. S. et al. A Comprehensive Review of UV-visible spectroscopy. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, v. 10, i. 3, p. 114-134, 2025
- SINGH, S. et al. Blue-light filtering spectacle lenses for visual performance, sleep, and macular health in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, i. 8, 2023
- DA SILVA, M. F. F. Esclarecendo o significado de “cor” em física. *Física na Escola*, v. 8, n. 1, 2007



Estratégias Analíticas para a Determinação Elemental de Cachaças por ICP-MS com Foco em Aplicações Forenses

Isadora Almeida Barbosa^{a*}, Diego Gomes Rocha^a, Alessandra Schneider Henn^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 31270-901.

*e-mail: isadoraalmeida1626@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A cachaça constitui um importante patrimônio cultural e econômico de Minas Gerais, sendo reconhecida como a bebida alcoólica destilada mais tradicional do Brasil. Sua produção desempenha papel relevante na economia do estado, contribuindo para a geração de empregos, fortalecimento da agricultura familiar e incentivo ao turismo regional. Nesse contexto, garantir a autenticidade e a qualidade da bebida é essencial para preservar a reputação da produção mineira e proteger produtores e consumidores. Entretanto, a falsificação de cachaça tem se tornado um problema recorrente no mercado de bebidas alcoólicas. Além de comprometer a qualidade do produto, essa prática representa riscos significativos à saúde pública. Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias analíticas capazes de identificar amostras adulteradas de forma confiável e sensível. A determinação elemental utilizando técnicas avançadas de análise química pode fornecer um perfil elemental (“fingerprint”) característico das amostras de cachaça, permitindo diferenciar produtos autênticos de produtos falsificados.

Objetivo: Este trabalho propõe o uso da espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) para o desenvolvimento de métodos analíticos voltados à obtenção de perfis elementares de cachaças produzidas em Minas Gerais, visando à identificação de possíveis adulterações e aplicações na área forense.

Metodologia: Foram coletadas 70 amostras de cachaça provenientes de diferentes regiões de Minas Gerais, incluindo produtos artesanais, industriais e amostras suspeitas de adulteração, com o auxílio de fiscais do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) e do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). As análises foram realizadas utilizando um espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) (Agilent Technologies, modelo 7700x, Estados Unidos). Foram avaliados parâmetros instrumentais da técnica, bem como diferentes estratégias de calibração com o objetivo de minimizar interferências de matriz associadas ao teor alcoólico (etanol) presente nas amostras. Para isso, foi empregada uma curva

analítica matrizada em etanol a 1% (v/v), bem como a adição de índio (In) como padrão interno. A curva foi construída utilizando um padrão multielementar em uma faixa de concentração de 0,05 – 100 mg.L⁻¹, de modo que foram monitorados os seguintes isótopos: ⁷Li, ²³Na, ²⁴Mg, ²⁷Al, ³⁹K, ⁴⁴Ca, ⁴⁷Ti, ⁵²Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁶Fe, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶³Cu, ⁶⁶Zn, ⁷⁵As, ⁸⁸Sr, ¹⁰⁷Ag, ¹¹¹Cd, ¹¹⁸Sn, ¹³⁷Ba, ²⁰⁸Pb. Os dados obtidos serão avaliados por ferramentas de quimiométricas (PCA, OPLS-DA e HCA), com o objetivo de investigar padrões de similaridade entre as cachaças autênticas e suspeitas de adulteração.

Resultados e Discussões: A avaliação das estratégias de calibração demonstrou a importância da correção dos efeitos de matriz associados à presença de etanol nas amostras de cachaça analisadas por ICP-MS. A utilização da curva analítica matrizada em etanol a 1% (v/v) apresentou resultados satisfatórios, proporcionando recuperações na faixa de 83–113% para os elementos Li, Mg, Al, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag, Cd, Sn, Ba, Pb. Além disso, a utilização de In como padrão interno mostrou-se eficiente para a correção de interferências instrumentais e de matriz para alguns dos elementos determinados. As recuperações obtidas utilizando essa estratégia variaram entre 80 – 122%, para os elementos Li, Na, Al, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ag, Cd, Sn, Ba, Pb. Os resultados preliminares obtidos demonstram o potencial da ICP-MS para a determinação elemental de cachaças. As análises multivariadas ainda estão em andamento e buscam diferenciar amostras autênticas e falsificadas por meio dos perfis elementares, identificando padrões químicos associados à autenticidade e ampliando o potencial forense da metodologia.

Conclusão: As estratégias analíticas avaliadas mostraram-se promissoras para a determinação elemental de cachaças por ICP-MS, especialmente quanto à minimização de efeitos de matriz causados pelo etanol. Os resultados obtidos indicam potencial aplicação da metodologia na diferenciação entre amostras autênticas e falsificadas, contribuindo para o controle de qualidade e aplicações forenses.

Agradecimentos: Os autores agradecem a FAPEMIG e a Rede Mineira de Ciências Forenses



Estudo Eletroquímico da Fenacetina em Diferentes Meios para Estudos Forenses

Patrícia Maria Gonçalves^{a*}, Rafael Mafrá de Paula Dias^a, Vagner Fernandes Knupp^a, Dane Tadeu Cestarolli^a, Rodrigo Fernando Bianchi^b, Elidia Maria Guerra^a

^a Universidade Federal de São João del Rei, Campus Alto Paraopeba, Departamento de Química, Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil, 36497-899; ^b Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Física, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 35400-000.

*e-mail: patriciagoncalves@yahoo.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A fenacetina (N-(4-etoxifenil)acetamida) é um fármaco antipirético e analgésico, atualmente proibido em diversos países devido à sua nefrotoxicidade e carcinogenicidade. Estudos epidemiológicos demonstram que o uso regular de fenacetina está associado a um aumento significativo no risco de mortalidade por doenças urol renais e câncer, além de hipertensão e doenças cardiovasculares¹. No contexto forense, a fenacetina destaca-se como adulterante de cocaína, pois mimetiza sua cor e textura, facilitando a mistura homogênea e dificultando a detecção visual ou tátil pelo usuário comum. Pesquisas recentes têm empregado métodos eletroquímicos portáteis para detecção de fenacetina e outros adulterantes em amostras de cocaína apreendidas, utilizando eletrodos de diamante dopado com boro e técnicas de análise por injeção em batelada². Por ser um composto recalcitrante, a fenacetina não é completamente metabolizada, sendo também detectada em matrizes biológicas e águas residuais.

Objetivos: Realizar um estudo eletroquímico comparativo da fenacetina usando eletrodo de grafite em soro fisiológico (SF) e urina sintética (US), avaliando a resposta voltamétrica em função da concentração do fármaco.

Metodologia: Utilizou-se voltametria cíclica (VC), voltametria de onda quadrada (VOQ) e voltametria de pulso diferencial (VPD). O eletrodo de trabalho foi grafite, auxiliar de platina e referência Ag/AgCl (KCl 3,0 mol L⁻¹). As concentrações de fenacetina foram 0,25; 1,25; 2,5; 3,75 e 5,0 mg mL⁻¹ em SF (pH 3,0 com acetonitrila) e em US (pH 5,3).

Resultados e Discussões: Na VC em SF, o pico de oxidação variou entre +1,2 e +1,5 V (para 5,0 mg mL⁻¹), com pico adicional próximo a +0,85 V (0,25 mg mL⁻¹) sugestivo de formação de acetaminofeno. A corrente anódica aumentou proporcionalmente à concentração, com curva de calibração (maior pico anódico) apresentando $r^2 = 0,992$ (Fig.1). Em urina sintética, o pico de oxidação aparece em +1,45 V (5,0 mg mL⁻¹) e +1,2 V (0,25 mg mL⁻¹), também com relação direta corrente-concentração, porém com $r^2 = 0,915$,

indicando maior interferência de íons dissolvidos e efeito do pH (Fig. 2).

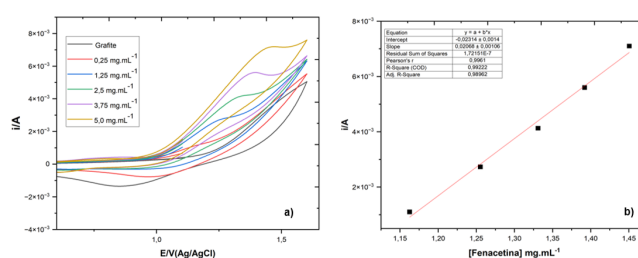


Figura 1. a) VC da fenacetina; b) curva de calibração da fenacetina, $v = 20 \text{ mV.s}^{-1}$, em soro fisiológico e ACN, pH = 3, vs Ag/AgCl.

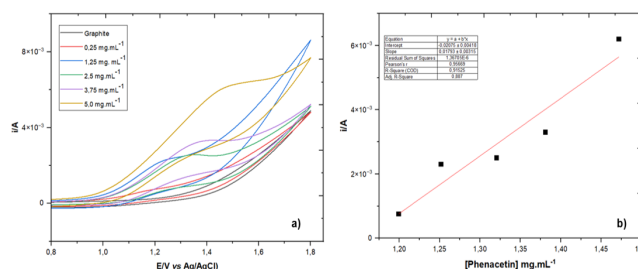


Figura 2. a) VC da fenacetina; b) curva de calibração da fenacetina, $v = 20 \text{ mV.s}^{-1}$, em urina sintética e ACN, pH = 5,3, vs Ag/AgCl.

Conclusão: A VC com eletrodo de grafite mostrou-se viável para detecção de fenacetina em ambos os meios, com resposta proporcional à concentração. Os resultados são promissores para aplicações forenses (ex.: triagem de adulterantes em drogas ilícitas), sendo necessários estudos adicionais para avaliar interferentes e otimizar as condições analíticas.

Agradecimentos: INEO, FAPEMIG, RQ-MG/FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Dubach, U. C.; Rosner, B.; Pfister, E. *Kidney Int.*, 1991, 40(4), 726-733.
- ² de Araujo, W. R.; Paixão, T. R. L. C. *Sens. Actuators B*, 2017, 243, 557-565.



Estudo Quantitativo da Presença de Fentanil em Cocaína Apreendida no Espírito Santo

Victor da Rocha Fonseca^{a*}, Nathália dos Santos Conceição^b, Alan Reinke Pereira^b, Julie Massi Magalhães Figueiredo^b, Nayara Araujo dos Santos^b, Wanderson Romão^{b,c}

^a Polícia Científica do Espírito Santo (PCIES), Vitória, Espírito Santo, Brasil, CEP 29050-625; ^b Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil, 29075-910; ^c Instituto Federal do Espírito Santo, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil, 29106-010
*e-mail: victor.fonseca@pci.es.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O fentanil é um opioide sintético cerca de 100 vezes mais potente que a morfina e 50 vezes mais potente que a heroína (WILSON et al., 2020). Essas características contribuíram para sua popularização impulsionando a sua utilização de forma ilícita, sendo atualmente um dos principais contribuintes para overdoses fatais e não fatais nos Estados Unidos (UNODC, 2017). No Brasil, a primeira apreensão de fentanil em contexto não médico ocorreu em fevereiro de 2023, no Espírito Santo (BASTOS; KRAWCZYK, 2023). Após esse marco, observou-se um aumento no número de apreensões da substância ao longo de 2024. Diante disso, torna-se fundamental que os laboratórios forenses estejam aptos a identificar e quantificar essa substância em apreensões de entorpecentes, especialmente quando misturada a outras drogas em pó como a cocaína.

Objetivos: Detecção e quantificação de fentanil em amostras de cocaína apreendidas por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS)

Metodologia: Amostras de cocaína, apreendidas pela polícia local foram devidamente amostradas, de acordo com o Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime, e extraídas em metanol e analisadas por Cromatografia Líquida de Ultra-Alta Eficiência (UHPLC) acoplada à Espectrometria de Massas em armadilha de íons linear (LTQ-MS), e um sistema Vanquish Flex UHPLC acoplado a um LTQ XLTM Linear Ion Trap, Thermo Fisher Scientific. As análises cromatográficas foram desenvolvidas com coluna ACE UltraCore SuperC18, com dimensões de 50 × 2,1 mm e partículas de 2,5 µm, e fases móveis: água (A) e metanol (B) em gradiente, acidificadas com 0,1% de ácido fórmico, fluxo de 300 µL min⁻¹, corrida cromatográfica de 10 minutos, 20 µL de injeção. A curva analítica foi construída com sete pontos, 1,0x10⁻⁴ a 1x10¹ µg mL⁻¹ de fentanil, no modo target *m/z* 337, a partir de um padrão certificado (Cerilliant®) (RDC 166/2017).

Resultados e Discussões: As análises por LC-MS permitiram a detecção e quantificação de fentanil nas amostras de cocaína avaliadas, com tempo de retenção de 4.38 min no cromatograma. A curva apresentou coeficiente de determinação (*R*²) de 0,996, que demonstra ajuste da regressão linear dos dados, e valores de LD de 0,019 ppb e LQ de 0,058 ppb. A partir das análises realizadas em triplicata, nas amostras reais analisadas foram detectadas a presença de fentanil com aproximadamente 0,085 µg/g de cocaína. Portanto, os resultados indicam que o método empregado é eficaz para aplicação forense, sendo adequados tanto para detecção quanto para a quantificação do analito monitorado (C₂₂H₂₈N₂O, *m/z* 337).

Conclusão: O estudo permitiu a padronização de um método por LC-MS para detecção e quantificação de fentanil em amostras de cocaína apreendidas. A identificação desse opioide representa um desafio para a toxicologia forense e a saúde pública, especialmente pelo caráter inesperado dessa associação. A recente e inédita apreensão de fentanil no Brasil reforça a necessidade de preparo dos laboratórios forenses frente a essa demanda emergente.

Agradecimentos: PCIES e ao Sindiperitos-ES pelo apoio financeiro, e ao Ifes (Edital 04/2025 – Picti) e ao CMVV-Ifes.

REFERÊNCIAS:

- 1 Wilson N, Kariisa M, Seth P, Smith H 4th, Davis NL. Drug and opioid-involved overdose deaths—United States, 2017–2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, v. 69, p. 290–297, 2020.
- 2 United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). *Global SMART Update*, v. 17, março 2017.
- 3 Bastos FI, Krawczyk N. Reports of rising use of fentanyl in contemporary Brazil is of concern, but a US-like crisis may still be averted. *Lancet Reg Health Am*, v. 23, p. 100507, 2023.
- 4 United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). *Guidelines on Representative Drug Sampling*. Vienna: United Nations, 2009.
- 5 Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 166, de 24 de julho de 2017. *Diário Oficial da União*, 25 jul. 2017.



Estudos para a Detecção Voltamétrica de Aldicarbe (“Chumbinho”) Empregando Diamante Dopado com Boro e Célula Impressa em 3D Miniaturizada

Gabriel Romano Soares^{a*}, Celso Luciano de Araujo^a, Fárlon Felipe Silva Xavier^a, Regis Marcus de Sousa^a, Ettore Ferrari Júnior^b, Augusto dos Santos Novais^a, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva^a

^a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, CEP 38400-902; ^b Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília, Distrito Federal, Brasil, CEP 70610-907.
*e-mail: gabriel.soares@ufu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O aldicarbe (ALD) é um inseticida e praguicida carbamato encontrado no “chumbinho”, um produto letal com venda e uso proibido no Brasil. Assim, a sua comercialização, em geral como raticida, é realizada clandestinamente em lojas de produtos agropecuários.¹ Devido a sua toxicidade,¹ o chumbinho é muito utilizado em tentativas de homicídio e suicídio, levando a intoxicações e o óbito de seres vivos. Comumente as análises de ALD e outros pesticidas é realizada por métodos cromatográficos (HPLC ou GC), que apresentam instrumentação de grande porte e dispendiosa.²

Objetivos: O objetivo desta pesquisa é o desenvolvimento de uma metodologia eletroquímica portátil e de baixo custo para a determinação voltamétrica de ALD em eletrodo de diamante dopado com boro (BDD).

Metodologia: Uma placa de BDD 8000 ppm (1 x 1 cm) foi acoplada a uma microcélula impressa em 3D com PETG (Figura 1). Conforme apresentado, a célula possui orifícios laterais na tampa para a inserção dos eletrodos auxiliar (Pt) e referência (Ag/AgCl/KCl_{sat}) e um inferior para a inserção da placa de BDD entre a base e a tampa, que são juntadas por imãs. As medidas eletroquímicas foram realizadas em um potenciostato portátil Emstat 3 BLUE (PalmSens).

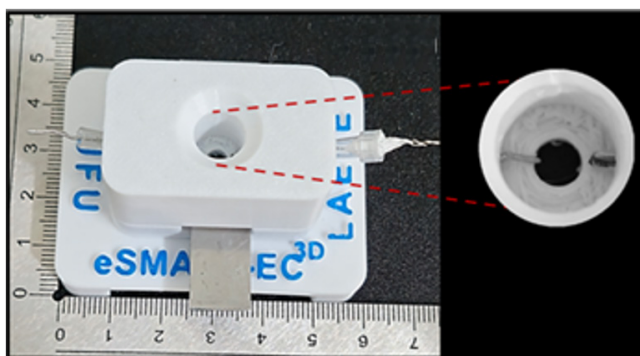


Figura 1. Imagem da minicélula eletroquímica montada com os três eletrodos (ET, EA e ER).

Antes das medidas de ALD foi realizado um pré-tratamento anódico (PTA) e catódico (PTC) da superfície do BDD² em meio H₂SO₄ 0,5 M, sendo o PTA aplicando-se + 0,04 A por 60 s e o PTC -0,04 A por 360 s.

Resultados e Discussões: Na Figura 2 são apresentados os voltamogramas cíclicos (VC's) na ausência e presença de ALD 1 mM. Conforme mostrado na Figura 2, foi observado um pico de oxidação no BDD, em aproximadamente + 1,5 V com PTA e +1,3 V com PTC. Assim, o ALD apresentou comportamento irreversível no BDD com ambos os tratamentos. Entretanto, o PTC apresentou uma corrente de pico mais intensa (3 vs 2,5 µA), além de menores correntes de fundo e menor potencial de oxidação.

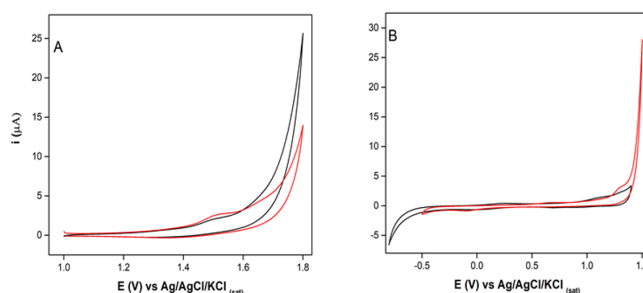


Figura 2. VC's na ausência e presença de ALD 1 mM em BDD após (A) PTA e (B) PTC. $v = 50 \text{ mV s}^{-1}$. Eletrólito: Na₂SO₄ 0,1 M.

Conclusão: Os resultados iniciais apresentados são promissores para a detecção de ALD utilizando o eletrodo de BDD após PTC por métodos voltamétricos de pulso.

Agradecimentos: FAPEMIG (Rede Mineira de Ciências Forenses - RED 00120-23), CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- Xavier FG, Righi DA, Spinosa, HS, Ciência Rural, v. 37, p. 1206–1211, 2007.
- Selva TMG, Paixão, TRLC. New Journal of Chemistry, v. 40, p. 2514-2520, 2016.



Estudos para Detecção Voltamétrica do Rodenticida Bromadiolona Empregando Célula Eletroquímica Verde e de Baixo Custo

Gustavo Gregory Barbosa Machado^{a*}, Allanda Victoria Santos Moraes^a, Celso Luciano de Araujo^a, Ettore Ferrari Júnior^b, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva^a

^a Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química, Uberlândia, MG, Brasil, 38400-902; ^b Polícia Civil-DF, Instituto de Criminalística, Brasília, DF, Brasil, 70610-907.
*e-mail: gustavo.gregory@ufu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A Bromadiolona (BMD) é um potente rodenticida cumarínico de segunda geração, classificado como uma supervarfarina. Seu mecanismo de ação baseia-se na inibição do ciclo da vitamina K, essencial para o processo de coagulação sanguínea, podendo provocar hemorragias severas.^{1,2} Assim, a ingestão de elevadas doses de BMD pode causar intoxicações graves até o óbito. Devido a isso, a ingestão de BMD vem sendo relatada em tentativas de suicídio e homicídio, além de intoxicações acidentais em crianças e animais não alvos. Considerando que os métodos analíticos para a determinação de BRM utilizam instrumentação dispendiosa (p.ex. HPLC² e GC), o desenvolvimento de metodologias eletroanalíticas é interessante devido ao baixo custo, portabilidade e elevada sensibilidade.^{1,3}

Objetivos: Desenvolver uma metodologia voltamétrica usando uma célula eletroquímica verde, portátil e acessível para a determinação de BRM em amostras forenses.

Metodologia: Para as medidas eletroquímicas foi usado um potenci-ostato portátil EmStat3-BT (PalmSens®) acoplado a agitador magnético e notebook (software PsTrace 5.12), além de uma célula eletroquímica miniaturizada impressa em 3D que utiliza dois eletrodos de grafite reaproveitados de pilhas (trabalho, ET e auxiliar, EA) e Ag/AgCl/KCl_{sat} (referência, ER). A solução estoque foi preparada pela dissolução de BMD (Sigma-Aldrich) em dimetilformamida (DMF) e as soluções de medida pela diluição no estoque no eletrólito (Tampão Britton–Robinson, TBR 0,1 M).

Resultados e Discussões: Os estudos iniciais foram realizados empregando voltametria cíclica (CV) em solução de TBR 0,1 M em diferentes valores de pH (1,0–12,0) na presença de 400 µM de BMD. Em todos os eletrólitos um pico anódico em aproximadamente + 0,8 V foi observado, sendo obtidas os maiores valores em pH 4,0.³ Além disso, decaimentos sucessivos nas correntes entre CV's foram observados, sugerindo a adsorção da BMD na superfície

do grafite. Posteriormente foi avaliada a detecção de BMD por Voltametria de Onda Quadrada (SWV) e Voltametria de Pulso Diferencial (DPV) devido à maior detectabilidade em relação à CV. Os melhores resultados foram obtidos por DPV ($E_{step} = 0,01$ V, $E_{pulse} = 0,15$ V, $t_{pulse} = 0,02$ s e Scan rate = $0,04$ V s⁻¹). Além disso, foi aplicado um potencial de limpeza de 0 V por 150 s sob agitação magnética antes de cada varredura para aumentar a reprodutibilidade. Nessas condições otimizadas, foram realizadas medidas de soluções de BMD em diferentes concentrações para a construção de uma curva de calibração, sendo obtida uma faixa linear de 1,0 a 30,0 µM com equação de reta de $i(\mu A) = 0,208 [BMD] (\mu A \mu M^{-1}) - 0,049$ ($R^2 = 0,992$) e limite de detecção (LD) de 2,62 µM. Ademais, a precisão (reprodutibilidade) desta metodologia foi adequada para medidas sucessivas de BMD (DPR = 11,67 %; n = 3). Esta metodologia será utilizada para a determinação de BMD em fluidos biológicos simulados (p.ex. estomacal e urina) e alimentos.

Conclusão: O método portátil proposto com eletrodo de grafite e célula impressa em 3D miniaturizada é portátil, de baixo custo e apresentou resposta boa sensibilidade, velocidade e precisão, sendo promissor para a determinação de BMD em amostras forenses.

Agradecimentos: FAPEMIG (Rede Mineira de Ciências Forenses - Processo RED 00120-23, e bolsa de iniciação científica PIBIC concedida), CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS:

- Conrado TT, Pedão ER, Ferreira VS, Silva RAB, Petroni JM, Lucca BG. *Electroanalysis*, v. 37, e202400146, 2024.
- Krizkova S, Beklova M, Pikula J, Adam V, Horna A, Kizek R. *Sensors*, v. 7, p.1271-1286, 2007.
- Beklova M, Krizkova S, Supalkova V, Mikelova R, Adam V, Pikula J Kizek R. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*, v. 6, p. 459-469, 2007.



Evaluation of a Fast and Novel Chromatography-Free Workflow for Urine Toxicology Screening Using DART-MS/MS

Marlene Moskowitz^a, Matthew Clabaugh^a, François Espourteille^a, Marc Yves Chalom^{b*}

^a Bruker Daltonics Inc., 40 Manning Road, Manning Park, Billerica, MA 01821, USA; ^b Bruker do Brasil, od. Dom Pedro I, KM 87,5, Atibaia, SP 12954-260.

*e-mail: marc.chalom@bruker.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: In conventional forensics testing, toxicology urine screening typically employs Immunoassay-based (IA) tests which are prone to several limitations including false negatives and cross-talking, to name a few. Further, the frequent addition of new test targets results in slow test improvements and the IA-based assay industry cannot adequately respond to this fast-moving introduction of new substances

Aims: Herein, we report on a rapid, simple, chromatography-free, mass spectrometry-based urine screening method using Direct Analysis in Real Time-MS/MS (DART-MS/MS) for six common forensic compound groups, which vastly improves the acquisition of positive results without false-positive consequences, and one which is amenable to quick response for new drug targets.

Methods: The screening workflow includes the following compound groups: (1) Stimulants (amphetamine, methamphetamine, MDA), (2) Opiates (codeine, oxycodone, oxymorphone, tapentadol), (3) Benzodiazepines (alprazolam, diazepam, oxazepam, temazepam), (4) Benzodiazepine metabolites (7-aminoclonazepam, alpha-hydroxyalprazolam), (5) Illegals (benzoylecgonine, 6-MAM, THC-COOH), and (6) Opioids (fentanyl, acetylfentanyl, nor-fentanyl). Analysis was performed using the EVOQ[®] DART-TQ+ platform (Bruker Daltonics). DART parameters, including temperature, scan type, and scan time, were optimized to maximize both sensitivity and precision. Calibration series and QCs were prepared in pooled human urine with deuterated internal standards. Liquid-liquid extraction was performed by Concentrating the organic layer across a 2h preparation time. Aliquots of 2 μ L were loaded onto a

Bruker QuickStrip[™] HTS-96 plate and ionized using the integrated DART-MS

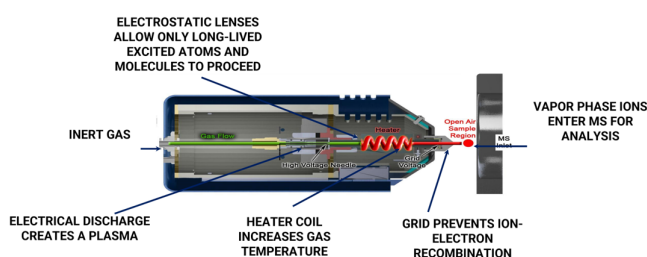


Figure 1. DART Source - Direct Analysis in Real-Time

Results and Discussion: All drugs investigated were analyzed via linear regression curves in the range tested, with R² values of 0.98 or better for screening. Over 80% of the drugs analyzed passed the validation protocol following traditional FDA requirements. QC recoveries were 100.9 $\pm$ 7.6% for the screen, well within the traditional 20% range. LC-MS platforms are the traditional workhorse of the production laboratory. DART screening combines on a single platform screen and confirmation, reducing complexity of the workflow and operation costs.

Conclusion: LC-MS platforms are the traditional workhorse in many toxicology laboratories, DART screening combines in a single platform the possibility of screen and confirm many compound classes in urine with reduced complexity and an improved turn around time of less than 24 hours.



Evaluation of a SERS-Based Approach for Detecting Psychoactive Substances in Spiked Beverages

Alice Moreira Lima^{a*}, Ezgui Akin de Oliveira Savas^a, Mariana Ramos Almeida^a

^a Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 31270-901.

*e-mail: alicemlima@ufmg.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: In the field of Forensic Science, drug-facilitated crimes, popularly known in Brazil as 'Boa noite, Cinderela', involve the spiking of beverages with psychoactive substances that impair the victim's cognitive capacity. Within this context, the primary challenge in detecting such agents lies in their low concentrations and the inherent complexity of the sample matrices. In this scenario, Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) is a highly sensitive analytical technique. The incorporation of metallic nanoparticles enhances local electromagnetic field, resulting in a significant increase in the intensity of the analytical signals.

Objectives: To evaluate the use of SERS in the detection of spiked drinks, as well as the impact of sample preparation strategies.

Methodology: Commercial gin samples were used as the matrix, while the spiked samples were prepared in the laboratory with various concentrations of scopolamine, ketamine, clonazepam and zolpidem hemitartrate. Initially, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized following the method described by Lee and Meisel¹. The samples then underwent extraction using acetonitrile², followed by pre-concentration and pH optimization prior to analysis. For the liquid-state substrate, the AgNPs solution and a sodium chloride solution, used as an aggregating agent³, were added to the samples. A solid-state substrate was also prepared, by depositing the AgNP solution onto a glass slide covered with aluminum tape. Measurements were acquired using a Cora 5001 (Anton Paar) Raman spectrometer, with an excitation wavelength of 532 nm. The obtained spectra were pre-processed and analyzed using Python 3.11. An initial data exploration was conducted using chemometric tools to assess the differentiation among the sample spectra.

Results and discussion: The liquid-state substrate outperformed the solid-state substrate, likely due to improved nanoparticle rearrangement, which enhances interparticle interactions and the SERS effect, resulting in higher-resolution spectra. It was noticed that weak or non-existent peaks in the Raman spectra of spiked samples were revealed in the SERS spectra, illustrating the amplification of the analytical signal. Finally, the SERS enhancement factor was calculated, revealing an increase in the vibrational signal of the drugs studied. Principal Component Analysis (PCA) showed clear separation of the samples in the scores plot, while the loadings plot indicated that the Raman shifts responsible for the clusters' formation correspond to the characteristic bands of the investigated drugs.

Conclusion: The SERS effect was demonstrated in this study, as the addition of the silver nanoparticles to the samples increased the intensity of the drugs' analytical signal. Furthermore, associating these results with chemometric tools allows the clear and robust differentiation between samples. In conclusion, this approach is a strong candidate for implementation in forensic analysis, particularly in the context of drug-facilitated crimes.

Acknowledgements: Rede Mineira de Ciências Forenses (FAPEMIG); CNPq; INCT-SP; PROCAD.

REFERENCES:

- ¹ LEE, P. C.; MEISEL, D. J. *Phys. Chem.* 1982, 86, 3391–3395;
- ² GOULART, Adilson Correia et al. Liquid-liquid and solid-liquid extractions with low-temperature partitioning – A review. *Analytica Chimica Acta*, v. 1316, p. 342795, ago. 2024;
- ³ LI, Lingwei et al. Updated Insights into the Mechanism of Salt-Induced Aggregation-Based Single-Molecule Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. *Advanced Science*, v. 12, n. 17, p. 2417025, 13 mar. 2025



Gel Lifter Fluorescente Obtido a partir do Óleo de Mamona

Maria da Graça Bressan Scotti^a, Victória Santos Gomes^a, Ana Rita Oberrather Silva^a, Henri Stephan Schrekker^a, Leandra Franciscato Campo^{a*}

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química. Porto Alegre, RS, Brasil, 91501-970.
*e-mail: leandra.campo@ufrgs.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: As impressões digitais constituem evidências fundamentais para a identificação forense. Muitas vezes, as impressões digitais encontradas em cenas de crime são latentes, ou seja, não podem ser vistas a olho nu e necessitam de técnicas adequadas para serem reveladas. Os métodos mais comuns utilizados pela perícia criminal para revelar impressões digitais latentes são o método do pó, cianoacrilato, vapor de iodo, ninidrina entre outros. Neste trabalho, utilizamos um adesivo sintetizado a partir do óleo de mamona como um gel levantador (*lifter*) de impressões digitais. Ao adesivo foi incorporado um composto fluorescente que emite luz quando excitado com luz UV.

Objetivos: Avaliar a eficiência de um gel *lifter* fluorescente derivado de óleo de mamona na coleta e visualização de impressões digitais latentes.

Metodologia: O gel foi sintetizado conforme a literatura.¹ A incorporação do corante foi realizada por imersão do adesivo em uma solução (10^{-3} mol/L) do corante por 24 horas e posterior secagem ao ar. Os espectros de FTIR foram obtidos em um Espectrofotômetro FTIR marca Bruker modelo Alpha II com acessório de reflexão total atenuada (ATR). As fotografias foram registradas com um celular iPhone 15.

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra uma impressão digital depositada sobre o gel *lifter* fluorescente que, sob luz UV (365 nm) apresentou fluorescência intensa, permitindo a visualização de impressões digitais com definição. A análise de FTIR-ATR do adesivo com e sem corante revelou a presença de bandas características dos principais grupos funcionais do adesivo (Figura 2). Pode-se observar uma banda larga em 3342 cm^{-1} atribuída ao estiramento da ligação O-H. As bandas de 2920 cm^{-1} e 2850 cm^{-1} referem-se ao estiramento C-H de alcanos em cadeias alifáticas. A banda em 1742 cm^{-1} é atribuída ao estiramento C=O, e a banda em 1694 cm^{-1} refere-se ao estiramento C=O em amidas.

Conclusão: O gel *lifter* mostrou desempenho promissor como alternativa sustentável e de baixo custo para coleta e levantamento de impressões digitais latentes, com potencial aplicação em perícia de campo.

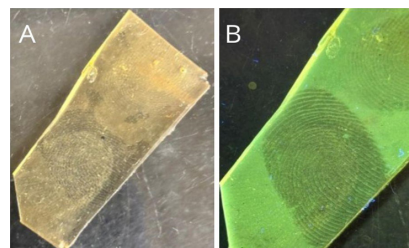


Figura 1. Fotografias de uma impressão digital coletada com o gel *lifter* fluorescente A) sem e B) com aplicação de luz UV (365 nm).

O gel *lifter* combina a capacidade de levantamento físico da impressão digital com realce óptico induzido por UV, configurando uma plataforma dual para coleta e visualização forense.

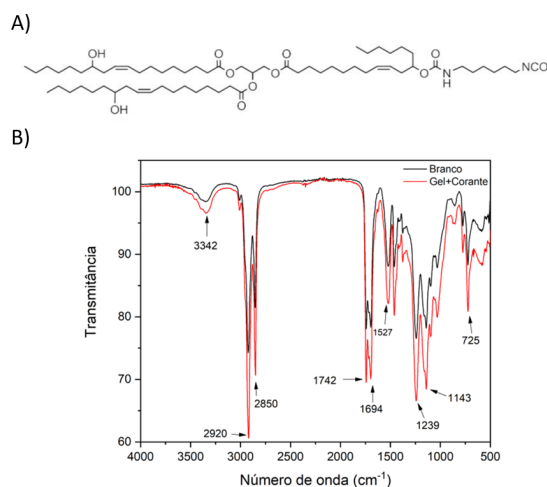


Figura 2. A) Estrutura química do gel de óleo de mamona e B) espectro FTIR-ATR do gel com e sem corante (em vermelho e preto, respectivamente).

REFERÊNCIAS:

- ¹ RAGHUNANAN, Latchmi C.; FERNANDEZ-PRIETO, Susana; MARTÍNEZ, Inmaculada; VALENCIA, Concepción; SÁNCHEZ, M. Carmen; FRANCO, José M. *European Polymer Journal*, v. 101, p. 291–303, 2018.



Hybrid Material Based on BiVO₄/Graphene Oxide/MIP-Iniferter Electrode for Selective electrochemical sensing of 1-(3-chlorophenyl)piperazine illicit drug

Luan Pereira Camargo^a, Mariana Gava Segatelli^a, César Ricardo Teixeira Tarley^{a*}

^a Universidade Estadual de Londrina (UEL), Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, Km 380, Londrina, PR, 86050-482, Brasil.
*e-mail: tarley@uel.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Most piperazines act as central nervous system stimulants, mimicking the effects of cocaine, amphetamine, methamphetamine, and ecstasy.¹ Among these compounds, 1-(3-chlorophenyl)piperazine (mCPP) has gained attention due to increasing reports of distribution and use across Europe, Oceania, and Asia over the past few decades, combined with the lack of accessible monitoring strategies. The presence of mCPP in clandestine formulations is also of special concern, as it is frequently incorporated into tablets containing other psychoactive agents, such as 3,4-methylenedioxymethamphetamine (MDMA).² These practices not only intensified the risk of intoxication and adverse reactions but also complicated forensic identification and regulatory monitoring, reinforcing the need for sensitive and selective detection tools. In this manuscript, we developed an electroanalytical method for detecting mCPP as an adulterant in seized ecstasy samples, using a hybrid material BiVO₄/graphene oxide/MIP-iniferter, as a selective electrochemical platform based on molecularly imprinted technology.

Aim: Develop a hybrid material based on the nanocomposite using the semiconductor BiVO₄ and graphene oxide modified with molecularly imprinted polymer (GO/MIP) for detecting mCPP as an adulterant in ecstasy samples.

Methods: Synthesis of BiVO₄ (BVO) was carried out according to Gorla et al. (2024)³ and the GO/MIP as Silva et al. (2025)⁴. The sensor preparation was performed using an FTO conductive glass substrate (1.0 × 2.5 cm), which was cleaned by ultrasonication in deionized water, ethanol, and acetone for 30 min each. Then, for BVO:GO/MIP electrode preparation, 10 µL of a suspension containing 1.5 mg of BiVO₄, 1.0 mg of dihexadecyl phosphate (DHP), and 0.5 mg of GO/MIP in 1 mL of DMF was drop-cast onto the fluorine-doped tin oxide (FTO) surface (1 cm²). Afterward, the modified FTO electrode was dried in an oven at 50 °C for 60 min. Cyclic voltammetry (CV, from -0.2 to +1.2 V at 20 mV s⁻¹), chronoamperometry, and electrochemical impedance

spectroscopy (EIS) were performed in a typical one-compartment electrochemical cell (20 mL) equipped with a platinum wire and an Ag/AgCl electrode (3.0 mol L⁻¹ KCl), used as the auxiliary and reference electrodes, respectively.

Results and Discussion: mCPP exhibited an irreversible oxidation peak at +0.90 V vs. Ag/AgCl on BVO:GO/MIP electrode in 0.3 mol L⁻¹ HEPES buffer (pH = 7.00) as electrolyte solution. Under optimized conditions, amperograms showed a linear response ($R^2 = 0.99942$) over 2.33–220 µmol L⁻¹, with a limit of detection = 0.7 µmol L⁻¹ and a limit of quantification = 2.3 µmol L⁻¹. Interference studies were performed for adulterants and other classes of drugs of abuse found in seized samples, including lidocaine (LID), acetaminophen (APAP), acetylsalicylic acid (ASA), caffeine (CAF), benzocaine (BZC), procaine (PCA), phenacetin (PHEN), methamphetamine (METH), methylone (MDMC), and mephedrone (4-MMC). As observed, no interference was noticed. The method was applied to an ecstasy sample, and accuracy was confirmed by comparison with HPLC-DAD as the reference method.

Conclusion: The developed method shows strong potential as a selective and straightforward screening tool for mCPP in forensic samples, with reduced environmental impact according to the AGREE score.

Acknowledgements: CNPQ – grant no. 406958/2022-0, 307432/2017-3, 307505/2021-9, 420097/2021-0, 190434/2017-1, 311113/2019-2, 408338/2024-5, 408547/2024-3, 408782/2024-2, 405054/2025-4). Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG – grant no. APQ-03984-24)

REFERENCES:

- ¹ Romanelli, M.N. et al. *Molecules*, v. 29, 68. 2023.
- ² Lanaro, et al. *Química Nova*, 33, 725–729. 2010.
- ³ Gorla, F.A. et al. *Talanta*, v. 266, p. 125044. 2024.
- ⁴ Silva, M.A. et al. *Electrochimica Acta*, v. 524, p. 145941. 2025.



Identificação de Amostras de Whey Protein Adulteradas Empregando ATR-FTIR e Modelo PLS-DA

Melina Luiza Vieira Diniz^{a*}, Ana Júlia Oliveira Takahaschi^a, Mariana Ramos de Almeida^a, Clésia Cristina Nascentes^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, BRASIL, 31270-901.

*e-mail: melinadiniz@outlook.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Nos últimos anos, houve um crescimento geral no consumo de suplementos alimentares, principalmente *whey protein*, a fim de estimular a síntese proteica muscular¹, aumento de massa magra e melhora na performance esportiva². O amplo consumo destes suplementos os torna alvos de adulterações pelo alto valor agregado, especialmente por diluentes de menor custo. Nos últimos 5 anos, são 57 suplementos alimentares considerados irregulares na página de consultas da ANVISA e mais de mil relatórios emitidos pela Polícia Federal sobre suplementos alimentares³. Destarte, a identificação rápida de adulterações nestes suplementos é de extrema relevância não somente para atletas, mas para todos os consumidores, de forma a garantir a eficácia, a segurança e a qualidade destes produtos. A técnica de ATR-FTIR é uma técnica rápida, não-destrutiva e relativamente simples, que permite a identificação dos grupos funcionais de diferentes compostos. Aliada a uma ferramenta quimiométrica de classificação, como o PLS-DA, é possível identificar as amostras como autênticas e adulteradas.

Objetivos: Identificar amostras de *whey protein* adulteradas com pó de sorvete, fécula de mandioca e extrato de soja puros, em misturas binárias e terciárias de adulterante, em diferentes concentrações, utilizando ATR-FTIR e modelo PLS-DA.

Metodologia: Foram preparadas 100 mg de misturas de 8 lotes diferentes de *whey protein concentrate* (WPC) com pó de sorvete (PS), fécula de mandioca (FM), extrato de soja (ES), PS + FM, PS + ES, FM + ES e PS + FM + ES, nas concentrações de 0% a 90%, de 15% em 15%. As misturas foram homogeneizadas em almofariz e pistilo de ágata e analisadas por ATR-FTIR na faixa de 4000 cm⁻¹ a 550 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹ e 16 varreduras por amostra. Os espectros obtidos foram analisados no software MatLab versão 7.11.0, utilizando SNV + Mean Center como pré-processamento e *random subsets* como validação cruzada.

Resultados e Discussões: O modelo PLS-DA apresentou alta taxa de acerto na classificação das amostras autênticas e adulteradas, com apenas 10 amostras adulteradas com ES, FM+ES, PS+ES e PS+FM+ES nas concentrações de 15%, classificadas como autênticas, e uma amostra adulterada com ES 30%, também falso positiva, como mostrado na Figura 1. O modelo apresentou uma especificidade de 0,825 e sensibilidade de 0,960 e um erro de classificação de 0,107.

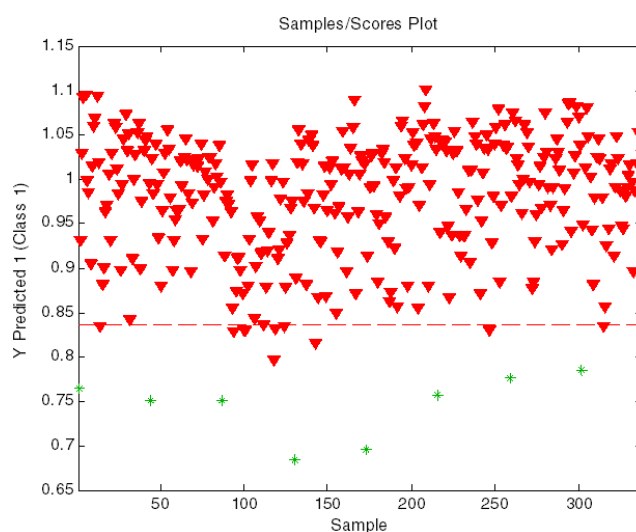


Figura 1. Gráfico y predito para a classe 1 (autêntica) de amostras de WPC adulteradas.

Conclusão: O modelo de classificação para classes autênticas de WPC e adulteradas com pó de sorvete, fécula de mandioca e extrato de soja apresentou boa sensibilidade e especificidade, com baixa taxa de erro de classificação, e baixa sensibilidade apenas para algumas amostras adulteradas com extrato de soja, sendo passível de aplicação em amostras suspeitas de adulteração.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Rede Mineira de Ciências Forenses, ao INCT Substâncias Psicoativas, à CNPq e à FAPEMIG pelo fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS:

1. AJDARI, Laura et al. Application of an ICP-MS method for determination of metal content in whey protein supplements. *Macedonian Pharmaceutical Bulletin*, v. 71, n. 2, p. 87–94, 2025. DOI: 10.33320/maced.pharm.bull.2025.71.02.009.
2. MARTINS, M. S et al. Detection and quantification using ATR-FTIR spectroscopy of whey protein concentrate adulteration with wheat flour. *LWT*, v. 172, art. 114161, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.114161.
3. JUSTA NEVES, D. B.; CALDAS, E. D. Dietary supplements: International legal framework and adulteration profiles, and characteristics of products on the Brazilian clandestine market. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 73, n. 1, p. 93–104, 2015.



Identificação de Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC) e Canabidiol (CBD) em Diferentes Concentrações Utilizando LC-Q-TOF.

Hayse Biarari de Farias^a, Khyllmara Luhanny Fernandes^a, Liat Pérola Venturas^a, Thiago Araújo de Medeiros Brito^a, Beatriz Rodrigues Pereira^a, Sócrates Golzio dos Santos^{a*}

^a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, BRASIL, 58.051-900.

*e-mail: socratesgolzio@ltf.ufpb.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae) apresenta um amplo potencial terapêutico devido à presença de diversos compostos bioativos, especialmente os canabinoides, principal classe de metabólitos secundários da espécie, entre eles temos o Δ^9 -tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC) e o canabidiol (CBD), que são isômeros de grande interesse farmacológico. Entretanto, a variação química entre as amostras dificulta sua padronização. Nesse contexto, a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas por quadrupolo e tempo de voo (LC-Q-TOF) destaca-se como uma ferramenta analítica eficiente para a separação e identificação de compostos, contribuindo para a caracterização química e o controle de qualidade de amostras de *Cannabis sativa*.

Objetivos: Este estudo teve como objetivo desenvolver um método por LC-Q-TOF para identificar o Δ^9 -THC e o CBD em diferentes concentrações.

Metodologia: As amostras de Δ^9 -THC e CBD foram preparadas a partir de soluções mãe contendo aproximadamente 4 mg em 100mL e 5 mg em 10mL, respectivamente, e submetidas a diluições seriadas, obtendo-se concentrações de 2.262; 5.655; 8.483; 11.310; 16.965; 22.620 e 25.448 ng/mL para Δ^9 -THC e 5.760; 14.400; 21.600; 28.800; 43.200; 57.600 e 64.800 ng/mL para CBD. As análises foram realizadas em sistema LC-MS/MS Shimadzu (LC-40D X3 acoplado ao LCMS-9050 Q-TOF, fonte ESI), utilizando coluna C18 Ascent. A separação cromatográfica empregou água acidificada e acetonitrila em gradiente linear de 15,5 min. A detecção ocorreu em modo ESI+, com aquisição MS/MS em MRM, monitorando o íon precursor m/z 315,2319 e os íons produtos m/z 193,1217 e 123,0433.

Resultados e Discussões: Conforme demonstrado no Cromatograma de Íons Totais (TIC) da Figura 1, que engloba todas as concentrações analisadas, foi possível realizar a identificação e a diferenciação do tetrahydrocannabinol (THC) e do canabidiol (CBD), embora sejam isômeros estruturais. Apesar de ambos os fitocanabinoides apresentarem o mesmo padrão de fragmentação em espectrometria de massas (Espectros 1 e 2, Figura 2), a

separação cromatográfica prévia permitiu a distinção inequívoca entre as moléculas com base em seus tempos de retenção (TR). Observou-se que o CBD eluiu com TR médio de 5,36 minutos, enquanto o THC apresentou TR médio de 7,62 minutos, com elevada reprodutibilidade em todas as faixas de concentração avaliadas. Ademais, o método demonstrou excelente sensibilidade, permitindo a identificação dos fitocanabinoides mesmo nas menores concentrações testadas, como 2,262 ng/mL para o THC e 5,760 ng/mL para o CBD.

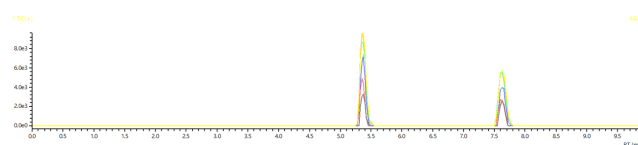


Figura 1. Cromatograma de Íons Totais (TIC) de todas as concentrações.

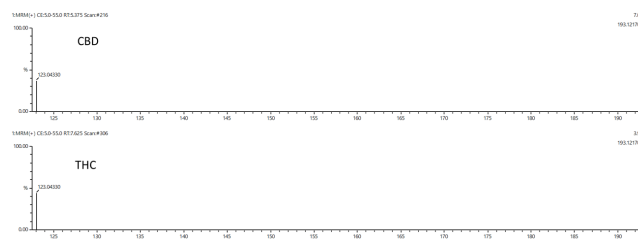


Figura 2. Espectros de MRM do CBD e do Δ^9 -THC.

Conclusão: O método desenvolvido por LC-Q-TOF/MS mostrou-se rápido, sensível e seletivo para diferenciar os isômeros Δ^9 -THC e CBD. A separação cromatográfica prévia foi essencial para superar a limitação da espectrometria de massas isolada, permitindo a identificação inequívoca dos fitocanabinoides mesmo em baixas concentrações (ng/mL).

Agradecimentos: Agradecemos à UFPB, à Pró-Reitoria de Pesquisa, ao LMCA-UFPB e ao GPat pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho, bem como à organização do evento pela concessão da isenção da inscrição.



Impact of Hydrogen Carrier Gas on the Spectral Differentiation of Isomeric Cathinones By GC-MS

Ettore Ferrari Júnior^{a*}, Júlio César Cardoso da Silva^b

^a Instituto de Criminalística/DF, Brasília, Distrito Federal, 70.610-907; ^b Nova Analítica Imp. Exp. LTDA, São Paulo, SP, 09941-202.

*e-mail: ettoreferrarijr@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introduction: Synthetic cathinones are an important class of new psychoactive substances (NPS). The differentiation of isomeric cathinones remains challenging due to their highly similar electron ionization mass spectra at 70 eV (EI-MS) and closely overlapping retention times under conventional gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) conditions. At the same time, the increasing scarcity and cost of helium (He) have stimulated the use of hydrogen (H₂) as a carrier gas in GC-MS, although its impact on EI fragmentation patterns remains poorly explored.

Aims: To evaluate the impact of H₂ as a carrier gas on the fragmentation patterns of the isomeric cathinones N-ethylpentylone and dipentylone by GC-MS with an AEI source, investigating the potential of H₂ to enhance spectral differentiation between these isomers at different ionization energies.

Methods: GC-MS: Thermo Trace 1600 GC - ISQ 7610 MS, Axial Electron Ionization (AEI) source. DB-5ms column (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). Inlet temperature: 280 °C, split 20:1. GC conditions: oven temperature program: 100 °C, held for 1 min; ramped to 312 °C at 20 °C/min; held for 4.3 min. Total run time: 15.9 min. MS conditions: quadrupole (250 °C); ion source (280 °C); transfer line (280 °C). Methanolic reference solutions of N-ethylpentylone (100 µg/mL) and dipentylone were analyzed using He (AEI at 45 eV, default) and H₂ at different ionization energies (45-70 eV). The obtained spectra were compared based on the relative abundances of diagnostic fragment ions.

Results and Discussion: With helium, both substances exhibited similar fragmentation patterns, with m/z 100 as the base peak and the remaining fragments (e.g., m/z 121 and 149) showing relative abundances below 10%. Using H₂, m/z 100 remained the base peak at all evaluated ionization energies. At 45 eV, fragments such as m/z 70, 98, 121, 149, 202 and 231 showed consistently higher relative abundances for N-ethylpentylone, allowing the

differentiation of the isomers. As the ionization energy increased, a reduction in the relative abundance of several secondary fragments was observed, concomitant with improved match scores against conventional EI libraries and with spectra becoming more similar to those obtained using helium as the carrier gas. These results suggest that the combination of H₂ and lower ionization energies (45 eV) promoted distinct relative abundance patterns between the isomeric cathinones, potentially enhancing their differentiation in forensic applications.

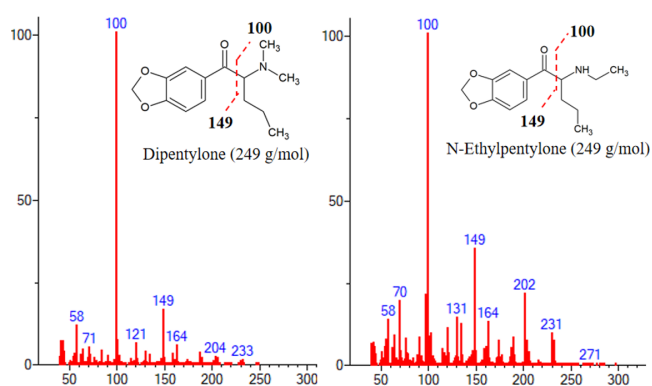


Figure 1. AEI-MS (45 eV) of dipentylone and N-ethylpentylone.

Conclusion: The use of hydrogen as a carrier gas significantly influenced the fragmentation patterns observed for dipentylone and N-ethylpentylone in GC-MS with an AEI source, suggesting a potentially innovative analytical application of H₂ beyond its role as merely a chromatographic alternative to helium.

REFERENCE:

¹ Nnaji IA, et al. Hydrogen as a GC/MS carrier and buffer gas for use in forensic laboratories. *Science and Justice*, v. 3, p. 162-167, 2015.



Implementação de Análise Isotópica de MDA em Laboratório da Polícia Federal

Fernanda Costa de Aquino^a, Sueli Alves dos Santos^a, Jorge Marcelo de Freitas^a

^a Instituto Nacional de Criminalística - Polícia Federal, Brasília-DF, Brasil, 70610-902.

*e-mail: aq.fernanda.unb@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O MDA é uma droga de abuso muitas vezes vendido como ecstasy, sendo que, pelo menos no Brasil, dados recentes indicam que o MDA vem substituindo o MDMA na formulação, o que se reflete na casuística da Polícia Federal. Diante deste cenário é necessário o desenvolvimento de metodologias científicas para caracterização química, para possíveis inferências sobre rotas e precursores utilizados na síntese. Estudos demonstram¹ que a análise de isótopos estáveis em MDMA é uma ferramenta útil para inferências sobre rotas de síntese, e no presente estudo, utilizou-se a técnica analítica de Cromatografia Gasosa com Combustão acoplado a Espectrômetro de Massas de Razão Isotópica (GC-C-IRMS) para análises isotópicas em MDA. Analisou-se parâmetros como linearidade, repetibilidade e limite de detecção para validação dos métodos de análise de razão isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) no Serviço de Perícias de Laboratório (SEPLAB) da Polícia Federal.

Objetivos: Desenvolvimento de técnica analítica de razões isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) em MDA por GC-C-IRMS, com a finalidade de acrescentar ao projeto Perfil Químico (PeQui) da Polícia Federal uma nova ferramenta com a capacidade de estabelecer ligações e inferir rotas de síntese em diferentes apreensões.

Metodologia: O estudo foi desenvolvido com a utilização de um controle interno de MDA do SEPLAB, proveniente de apreensão, que foi previamente homogeneizada, avaliada quanto à estabilidade e caracterizada com o teor de MDA com média de 99%. Efetuou-se a extração básica¹ de 4 réplicas do controle interno e, a partir dos extratos, foram realizadas diluições seriadas (total de 8 concentrações) para o teste de linearidade, repetibilidade e determinação do limite de detecção, sendo todas injetadas em triplicatas. Utilizou-se métodos cromatográficos testados anteriormente no laboratório na análise isotópica de MDMA.

Resultados e Discussões: O método de extração básica mostrou-se efetivo para as análises dos isótopos, pois permite a obtenção de uma maior concentração de analito, principalmente em relação ao $\delta^{15}\text{N}$, uma vez que a molécula de MDA contém apenas

um átomo de nitrogênio. Aplicaram-se métodos (Tabela 01) de cromatografia gasosa previamente utilizados na análise de MDMA para $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, os quais demonstraram serem apropriados para a análise de MDA, pois permitiram o equilíbrio entre sensibilidade e repetibilidade dos valores dos dois isótopos.

Tabela 01. Métodos cromatográficos utilizados.

Parâmetros	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Split ratio	100	Splitless: 1 min
Volume de injeção	1 μL	1 μL
Temperatura do injetor	280°C	260 °C
Fluxo de Hélio na coluna	1,4 mL / min	1,2 mL / min
Temperatura inicial	2 min a 150°C	1 min a 60°C
Taxa	40 °C / min	17°C / min
Temperatura final	315°C	260°C
Tempo total	8,5 min	14 min

As respostas do equipamento para as massas 28 e 44 ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, respectivamente) se mostraram lineares em todas as diluições avaliadas. As melhores faixas de repetibilidade de valores de δ ficaram em torno de 5000 mV. O limite de detecção observado para os dois isótopos é de 600 mV, valores inferiores apresentaram repetibilidade insatisfatória.

Conclusão: O presente estudo demonstra a viabilidade da análise isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em MDA por GC-C-IRMS, o que permite a expansão do escopo analítico do projeto PeQui para amostras de MDA. Estudos adicionais foram realizados utilizando 32 amostras de MDA apreendidas pela PF e os resultados comprovam a eficácia do método.

Agradecimentos: A equipe do SEPLAB/PF pela oportunidade e contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Palhol F, et al. 15N/14N isotopic ratio and statistical analysis: an efficient way of linking seized Ecstasy tablets. *Analytica chimica Acta* 510: 1-8, 2004.



Integração de Imagens Digitais e Métodos Quimiométricos para Aprimoramento de Testes Colorimétricos na Identificação de Substâncias Ilícitas em Comprimidos

Esther Jardim Machado^{a*}, Cleiton Antônio Nunes^b, Rogério Araújo Lordeiro^c, Elisângela Jaqueline Magalhães^a

^a Universidade Federal de Lavras, Departamento de Química, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200-000; ^b Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 37200-000; ^c Instituto de Criminalística da Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 30190-002. *esther.machado@estudante.ufla.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: No contexto pericial, a rápida identificação de substâncias ilícitas em comprimidos apreendidos é fundamental para que seja realizada a prisão em flagrante dos indivíduos suspeitos. Entre as técnicas de triagem, os testes colorimétricos se destacam pela rapidez, simplicidade e baixo custo. No entanto, limitações como baixa especificidade e subjetividade na interpretação dos resultados são apresentadas, podendo gerar falsos positivos ou negativos.

Objetivos: Este estudo visou aprimorar a confiabilidade de testes colorimétricos por meio da integração entre imagens digitais, dados RGB e métodos quimiométricos.

Metodologia: Foram analisadas 280 amostras, incluindo 139 de substâncias ilícitas e 141 de excipientes. As amostras ilícitas, provenientes da Polícia Civil de Minas Gerais, foram previamente caracterizadas por técnicas confirmatórias, como IR e GC-MS. As reações colorimétricas foram registradas, via smartphone, para obtenção de imagens digitais, das quais foram extraídos os valores RGB. Os dados foram organizados em um banco de dados e analisados por métodos quimiométricos de classificação supervisionada (LDA e PLS-DA), com e sem pré-tratamento por autoescalonamento. Os modelos foram avaliados por validação cruzada, y-randomization e predição, utilizando métricas como acurácia (ACU), precisão (PRE), seletividade (SEL) e especificidade. A validação do modelo com melhor ajuste foi realizada por meio da análise de 27 amostras cegas, ou seja, sem conhecimento prévio de sua composição.

Resultados e Discussões: As modelagens quimiométricas aplicadas aos dados RGB apresentaram elevados desempenhos na classificação das amostras, com a superioridade do modelo PLS-DA em relação ao LDA, especialmente com autoescalonamento dos dados. O modelo PLS-DA selecionado apresentou ACU, PRE e SEL próximas de 99% nas etapas de calibração, validação cruzada e predição, com baixos desvios padrão (Tabela 1).

Tabela 1. PLS-DA com autoescalonamento

Parâmetros	Calibração	y-randomization	Validação Cruzada	Predição
SEL	99.06 ± 0.39	57.95 ± 0.70	98.77 ± 0.46	99.00 ± 1.18
PRE	99.06 ± 0.38	58.11 ± 0.72	98.78 ± 0.44	99.04 ± 1.12
ACU	99.05 ± 0.39	57.97 ± 0.69	98.76 ± 0.46	99.00 ± 1.18

Na validação externa com 27 amostras cegas, o modelo obteve taxa de acerto de 70,4%, com 19 classificações corretas. A correta classificação do modelo não ocorreu para as demais amostras de comprimidos, porque tratava-se de substâncias lícitas que não foram previamente incluídas ao banco de dados.

Conclusão: A combinação de dados RGB e métodos quimiométricos mostrou-se eficiente na identificação de substâncias ilícitas e excipientes, com potencial para aplicação na triagem preliminar, apesar da necessidade de ampliação do banco de dados.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Philp, Morgan; Fu, Shanlin. A review of chemical 'spot' tests: a presumptive illicit drug identification technique. Drug Testing and Analysis, v. 10, n. 1, p. 95–108, 2018. DOI: 10.1002/dta.2300.



Intoxicações por Medicamentos Sujeitos a Controle Especial no Brasil: Uma Análise Integrada dos Aspectos Conceituais, Normativos, Epidemiológicos e Periciais da Toxicologia Forense

Fernanda Nerys Mota^{a*}, Nicole Lopes Ferreira^a, Gabriella Galliac Santos^b, Ricardo Romão dos Santos^b, Lahra Villaméa Cotta Patricio^c

^aCentro Universitário Una, Itabira, Minas Gerais, Brasil, 35903-089; ^bSeção Técnica Regional de Criminalística de Itabira, Minas Gerais, Brasil; ^cUniversidade Federal de Itajubá, Itabira, Minas Gerais, Brasil, 35903-087.

*e-mail: fernandanerysmotaa@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: As intoxicações por medicamentos sujeitos a controle especial, especialmente opioides e benzodiazepínicos, representam um problema relevante na interface entre saúde pública, vigilância sanitária e toxicologia forense, em razão de sua gravidade potencial, do risco de uso indevido e das repercussões jurídico-legais associadas. No Brasil, os medicamentos figuram entre os principais agentes implicados em intoxicações exógenas notificadas, respondendo por 49,9% dos casos confirmados entre 2008 e 2022, com predomínio de tentativas de suicídio (71,1% dos casos), maior concentração no sexo feminino e na faixa etária de 20 a 39 anos. Os medicamentos de prescrição também responderam por 97% das hospitalizações e apresentaram mortalidade aproximadamente 50 vezes superior à dos medicamentos isentos de prescrição. Os dados encontram-se plotados nos Gráfico 1, 2, 3, 4 e 5 (Anexo A).

Objetivos: Analisar, de forma integrada, a interface entre a toxicologia forense e as intoxicações por medicamentos sujeitos a controle especial no Brasil, abrangendo suas dimensões conceitual, normativa, epidemiológica e prático-pericial, com vistas a identificar lacunas e subsidiar a prática da perícia criminal e da vigilância sanitária.

Metodologia: Revisão integrativa da literatura, de natureza descritivo-analítica, com buscas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO e LILACS, com uso complementar do Google Scholar e técnica de *snowballing*. Foram incluídos 54 documentos organizados em quatro eixos: definição e abrangência da toxicologia forense; legislação aplicável; panorama epidemiológico; e procedimentos periciais. A análise foi conduzida por síntese temática narrativa.

Resultados e Discussões: A revisão evidenciou que a toxicologia forense aplicada a medicamentos controlados demanda abordagem simultaneamente laboratorial, interpretativa, sanitária e jurídica. No plano normativo, o regime da Portaria SVS/MS nº 344/1998 e a RDC nº 873/2024 estruturam o controle especial, mas apresentam limitações periciais relevantes,

como a possibilidade de falsificação de receituários e ausência de integração em tempo real entre o SNCR e os sistemas de saúde. No plano analítico, a escolha da matriz biológica é determinante: sangue femoral é preferível para quantificação *post mortem*; humor vítreo oferece maior estabilidade; cabelo e unhas permitem avaliação retrospectiva (Anexo B; Quadro 1). Imunoensaios (ELISA, FPIA, CLIA) apresentam limitações de especificidade para benzodiazepínicos de nova geração, exigindo confirmação por técnicas analíticas robustas como LC-MS/MS. A interpretação *post mortem* requer cautela ante a redistribuição e a tolerância farmacológica em usuários crônicos. Vestígios não biológicos da cena (FTIR, Raman) complementam a investigação quando o material biológico é insuficiente. A tendência crescente de mortalidade por autointoxicação intencional (+264% entre 2003 e 2022) e a subnotificação sistemática dos controlados nos bancos de dados nacionais reforçam a necessidade de integração entre a vigilância sanitária, a CIATox e os laboratórios forenses.

Conclusão: A robustez da prova toxicológica depende da articulação entre dado laboratorial, matriz analisada, cadeia de custódia e contexto do caso, não de tabelas isoladas de concentração. A padronização dos protocolos de coleta nos institutos de criminalística estaduais, com base em POPs de Perícia Criminal (SENASP) e diretrizes internacionais (ASB/NIST), é condição essencial para equivalência técnica entre jurisdições. A qualificação da investigação toxicológica e a melhoria dos registros epidemiológicos, aliadas à articulação entre perícia, vigilância sanitária e assistência, são medidas indispensáveis para a elucidação e prevenção de eventos graves.

REFERÊNCIAS:

Referências e material suplementar em anexo (acesse o QR CODE)





Integração de Processamento Digital de Imagens, Espectroscopia Raman e Aprendizado de Máquina para Classificação de Amostras de Cocaína

Roberta Cristina Testa^a, João Gabriel S. Soethe^a, Isabella F. Melo^b, Vânia Tortato^b, Paulo José dos Reis^a, Vanderlei Aparecido de Lima^c, Andressa Galli^{a*}

^a Universidade Estadual do Centro-Oeste/UNICENTRO, Guarapuava, Paraná, Brasil, 85040-167; ^b Polícia Científica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 82821-030; ^c Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil, 85503-390.

*e-mail: agalli@unicentro.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

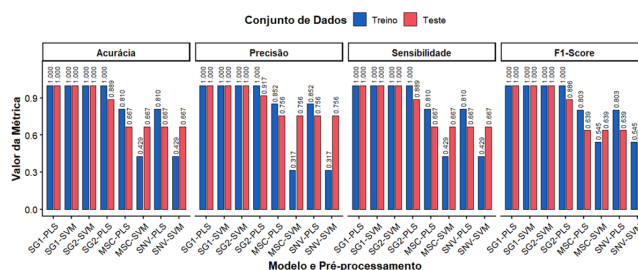
Introdução: A cocaína é uma das drogas ilícitas mais consumidas mundialmente, representando um desafio significativo para a saúde pública e segurança. A elevada demanda por identificação de substâncias apreendidas exige o desenvolvimento de metodologias rápidas, de baixo custo e com adequada capacidade discriminante. Nesse contexto, técnicas de triagem como o teste de Scott são amplamente utilizadas, porém apresentam limitações quanto à seletividade. Assim, a integração de ferramentas analíticas e computacionais surge como alternativa promissora para aprimorar a confiabilidade dos resultados forenses [1].

Objetivos: Desenvolver e avaliar uma abordagem integrada baseada no teste de Scott, processamento digital de imagens, espectroscopia Raman e aprendizado de máquina para classificação de amostras de cocaína com diferentes níveis de pureza.

Metodologia: Foram analisadas 30 amostras de cocaína apreendidas no estado do Paraná, previamente classificadas em três grupos: baixa (LPC), média (MPC) e alta pureza (HPC). O teste de Scott foi aplicado, seguido da aquisição de imagens digitais em condições controladas. As imagens foram processadas com extração de variáveis nos canais de cor RGB e L, gerando um conjunto de dados numéricos. Esses dados foram tratados por Análise de Componentes Principais (PCA) e submetidos a algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo XGBoost, LightGBM, CatBoost, Random Forest, SVM e KNN. Paralelamente, espectros Raman das amostras foram pré-processados por técnicas como SNV, MSC e filtro de Savitzky-Golay, sendo posteriormente classificados por PLS-DA e SVM.

Resultados e Discussões: A PCA demonstrou que as duas primeiras componentes principais explicaram 97,20% da variabilidade dos dados, evidenciando separação consistente entre as classes. Os modelos de aprendizado de máquina aplicados aos dados de imagem apresentaram acurácia média superior a 88%, com destaque para XGBoost, LightGBM e CatBoost, que atingiram até

95%. Para os espectros Raman, o pré-processamento por Savitzky-Golay de primeira derivada (SG1) resultou em desempenho máximo, com 100% de acurácia, precisão, sensibilidade e F1-score (Figura 1). Os resultados indicam que a integração entre técnicas colorimétricas, espectroscópicas e computacionais aumenta significativamente a capacidade de discriminação das amostras, superando limitações dos métodos convencionais.



SG1= Savitzky-Golay Primeira Derivada; SG2= Savitzky-Golay Segunda Derivada; MSC= Multiplicative Scatter Correction; SNV= Standart Normal Variate; SVM= Support Vector Machines; PLS= Partial Least Squares.

Figura 1. Métricas de Desempenho dos Algoritmos para os Espectros Raman com Diferentes Modelos de Pré-Processamento

Conclusão: A metodologia proposta demonstrou capacidade de classificação de amostras de cocaína em diferentes níveis de pureza, aliando rapidez, baixo custo e potencial aplicação em campo. A integração entre processamento digital de imagens, espectroscopia Raman e aprendizado de máquina constitui uma estratégia robusta para triagem forense, contribuindo para o aprimoramento das análises periciais e suporte às ações de segurança pública.

Agradecimentos: CAPES; CNPq; Fundação Araucária; UNICENTRO; NAPI-Segurança Pública e Ciências Forenses; Polícia Científica do Paraná.

REFERÊNCIA:

¹ Conceição VN *et al.* Química Nova, v. 37, n. 9, p. 1538–1544, 2014



“Lab-made” Capillary Zone Electrophoresis Methods for Scopolamine and Cocaine Analysis

Thiago da Costa Oliveira^{a*}, Rodrigo A. A. Muñoz^a, Eduardo M. Richter^a

^a Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil, 38400-902.

*e-mail: thiago.oliv.costa@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introduction: Cocaine (COC) is one of the most widely used illegal drugs in the world, and analysis of seized samples reveals its chemical profile and origin¹. Purity varies between 16% and 91%, and it can be in salt or freebase form². The addition of diluents (such as carbohydrates, starch, and bicarbonate) and adulterants [such as phenacetin, levamisole (LEV), lidocaine (LID), and caffeine]³ to modify its effects is common. Scopolamine (SCO), an alkaloid used medically, can also be used as a sedative in crimes⁴. Its derivative, butylscopolamine (BSCO) (Buscopan®), is safe and used for abdominal pain. However, there are reports that scopolamine can be obtained from butylscopolamine by heating, increasing the risk of unauthorized access and contamination⁵.

Objectives: This study describes the applicability of methods, with forensic relevance, based on capillary electrophoresis with capacitively coupled contactless conductivity detection (CE-C⁴D), using a “lab-made” equipment (made in USP, São Paulo), for the quick (2.5 min) and simultaneous quantification of COC, levamisole, lidocaine, carbonate, borate, chloride, nitrate, nitrite, and sulfate; and for simultaneous quantification of SCO and BSCO in adulterated beverages and in pharmaceutical formulations. The results presented were published in *Talanta* and *Microchemical Journal*.

Methodology: For COC and its adulterants, anions were separated in co-electroosmotic mode and cations in counter-electroosmotic mode employing a solution composed by 10.0 mM TAPS, 12 mM NaOH and 0.2 mM CTAB as background electrolyte (BGE), pH = 8.8. For the simultaneous quantification of SCO and BSCO, a BGE composed by 20 mM butyric acid and 7 mM NaOH (pH = 4.5) was used as BGE. The sample preparation step for both works required just dissolution, filtration and dilution in water.

Experimental conditions: Separation voltage: +25 kV (inlet site); hydrodynamic injection: 25 kPa for 1.0 s; Capillary: total and effective length: 50 and 40 cm, respectively.

Results and Discussion: Under optimized conditions, method performances were evaluated in terms of linear range, intra and inter-day precision, LOD and LOQ, and addition/recovery studies. Electropherograms registered for standard and samples solutions, for both methods, are shown in Figure 1.

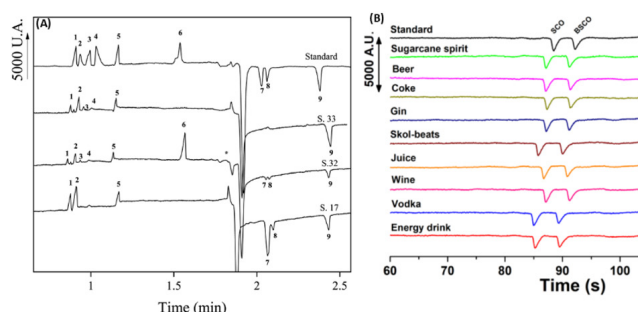


Figure 1. (A) Electropherograms for standard solution and three samples. The superscript numbers indicate the analytes according to (1) Cl⁻; (2) NO₂⁻; (3) NO₃⁻; (4) SO₄²⁻; (5) CO₃²⁻; (6) BO₃³⁻; (7) LEV; (8) LID; and (9) COC. (B) Electropherograms obtained for a standard solution containing both SCO and BSCO (100 μM each) and nine beverages sample spiked with 1.0 mmol L⁻¹ of both SCP and BSCO and diluted ten times in water.

Conclusion: While simultaneous determinations of cocaine, levamisole, and lidocaine by CE-C⁴D have been previously reported, the method using the lab-made equipment, enabled additionally, the simultaneous detection of six inorganic anions (Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, BO₃³⁻ and CO₃²⁻) in seized cocaine samples. Spiked and recovery tests were performed in the six samples for all species studied. Recoveries values were obtained in the range of 72–118%. The separation of SCO and BSCO performed in <110 s by CZE is described. The analytical method was employed for the determination of SCO and BSCO in different types of beverages and pharmaceutical samples without any sample pretreatment. Recovery values obtained for SCO (average of 106±5%) and for BSCO (105 ± 3%). The results obtained for the presented methods attest the applicability of a lab-made device in forensic analysis and the versatility of the detection of organic and inorganic species in the same run.

Acknowledgement: Capes, FAPEMIG, CNPq e INCT-SP.

REFERENCES:

- Violante, N., *et al.* *Microchemica Journal*, 45.1 (1992): 79-89.
- Maldaner, A., *et al.* *Journal of the Brazilian Chemical Society* 26 (2015): 1227-1231.
- Martello, Simona, *et al.* *Journal of psychoactive drugs* 49.5 (2017): 408-412.
- Van Sassenbroeck, Diederik K., *et al.* *Clinical Toxicology* 43.7 (2005): 861-865.
- Jalali, F. *et al.* *Substance use & misuse* 49.7 (2014): 793-797.



Laser Treatment of a User-Friendly 3D-Printed Electrochemical Microcell for Procaine Detection

Celso Luciano de Araujo^{a*}, Gabriel Romano Soares^a, Marcos Vinícius Faria^a, Ana Clara Santos Oliveira^a, Eduardo Borgato Barbedi^b, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva^a

^a Chemistry Institute, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, MG, Brazil, 38400-902; ^b Regional Technical Section of Criminalistics of Uberlândia, Civil Police, Uberlândia, MG, Brazil, 38402-324.

*e-mail: celso.araujo@ufu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Procaine (PRO) is a local anesthetic drug and a cutting agent used in street-level cocaine. Thus, its detection and determination are relevant in pharmaceutical and forensic chemistry. For this, most methods for PRO detection are colorimetric which exhibits many false positive results, whereas the determination is performed by expensive chromatographic methods. On the other hand, electroanalytical methods using three-electrode integrated (TEI) devices are good alternatives due to good selectivity and sensitivity, portability and friendliness.¹ This area has benefited by 3D-Printing, enabling the development of novel TEI. In this scenario, conductive filaments are required for electrode production, which has limited electrochemical performance due to the low content of conductive particles (e.g. Protopasta: carbon black with polylactic acid, CB-PLA). Thus, surface treatment is required, in which blue laser treatment stands out due to its rapid, low-cost, eco-friendly, and automated nature.²

Aims: This work proposes a low-cost, compact and user-friendly TEI 3D-printed electrochemical cell activated by a diode blue-laser (DBL) machine for procaine detection.

Methods: The microcell was fabricated in a multi-material 3D printer (Bambu Lab A1 with AMS), which prints the body and three electrodes/tracks using PLA and CB-PLA (Protopasta), respectively. This device is quickly printed (≈ 7 min), uses low sample solutions in measurements (50 to 300 μ L) and is user-friendly (direct plug to wireless USB connectors). After printing, the microdevice was treated using a DBL engraving machine ($P = 5.5$ W, $\lambda = 450$ nm), where three key DBL parameters (laser-device distance, laser power and scan speed) were varied and combined through two factorial designs (2^3). The electrochemical measurements were conducted in a tiny potentiostat (SensitSmart, Palmsens).

Results and Discussion: The response of each microcell ($n = 18$) was assessed via cyclic voltammetry (CV) in 1 mM ferricyanide and 0.5 M KCl. The lowest peak-to-peak separation ($\Delta E_p = 117$ mV) and better I_{pa}/I_{pc} ratio (1.00) was achieved using 11 mm, 2,75 W, and 10 mm s^{-1} . This condition promoted a suitable burn of PLA excess and increasing the exposure of CB in the surface of electrodes and conductive tracks. Good intra-activation ($n = 5$ devices) and inter-day ($n = 30$ days) reproducibility were obtained for ferricyanide in 0.1 M KCl (RSD < 5 %). Moreover, the microcell was stable in

acid (0.1 M H_2SO_4) and neutral (0.1 M KCl) electrolytes. The microdevice was evaluated for the detection of procaine, being the first study conducted by CV. As in Figure 1, PRO exhibits a more intense anodic peak at $\approx +0.7$ V and two redox pairs between 0 to 0.3 V. The same peaks were noted in a commercial carbon screen-printed electrode (CSPE). These initial results were exciting considering that the 3D-printed TEI has a considerably lower cost (US\$ < 0.10 vs. 5.00).

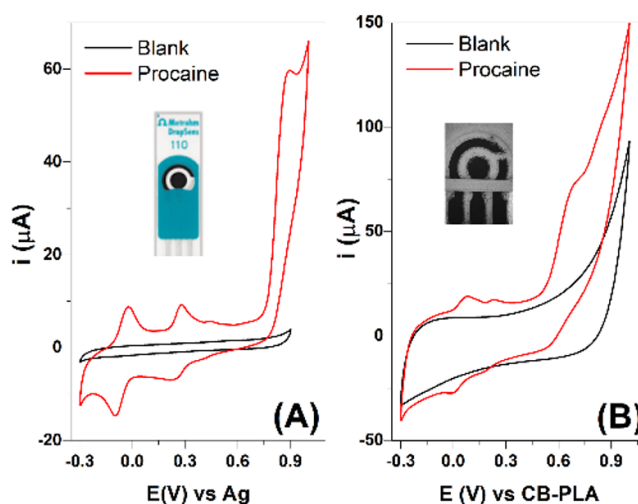


Figure 1. CV's in absence (Blank) and presence of PRO 185 μ M PRO in CSPE (A) and 3D-printed microcell after DBL treatment (B). Electrolyte: H_2SO_4 0,1 M.

Conclusion: The proposed laser-activated 3D-printed microcell is a mobile, practical and low-cost tool produced in a fully automated way, which exhibited good responses for the detection of procaine, which may be extended the on-site screening of other drugs.

Acknowledgements: FAPEMIG (Rede Mineira de Ciências Forenses - RED 00120-23), CNPq and CAPES.

REFERENCES:

- Khizar S, Zine N, Sigaud M, Elaissari A, Errachid A. *Electroanalysis*, v. 37, e12034, 2025. ce)
- Carvalho MS, Rocha RG, Nascimento AB, Araujo DAG, Paixão TRLC, Lopes, OF, Richter EM, Munoz RAA. *Electrochimica Acta*, v. 506, 144995, 2024.



Luminescent Taggants for Forensic Identification of Non-Toxic Ammunition

Larissa Silva de Azevedo^a, Marcelo Firmino de Oliveira^{b*}

^a Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo (IQSC/USP), São Carlos, São Paulo, Brasil; ^b Departamento de Química – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
*e-mail: marcelex@usp.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Non-toxic ammunition reduces environmental and health risks associated with heavy metals such as lead and antimony; however, it hinders conventional forensic detection of gunshot residues. Traditional GSR analysis relies on the presence of metallic elements, making their absence a significant analytical challenge. To address this limitation, luminescent organic dyes are proposed as chemical markers capable of enabling residue detection under alternative conditions. In this context, Rhodamine B, Orange 5, and Yellow 10 are evaluated as potential markers for traceability and forensic identification¹.

Aims: To develop and evaluate luminescent organic dyes as chemical markers for forensic identification of non-toxic ammunition.

Methods: Luminescent red, orange, and yellow dyes were modified with titanium dioxide (TiO₂) to improve thermal stability and incorporated (5% w/w) into .380 NTA (CBC) propellant. Cartridges were opened with an inertia puller for marker insertion (Figure 1).

Results and Discussion:

1. Ammunition Modification



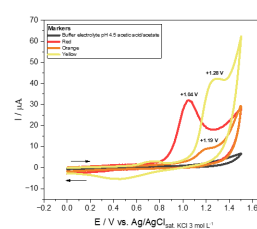
Figure 1. NTA ammunition modified with yellow, orange, and red dyes.

2. Post-Discharge Sampling



Figure 2. Gunshot residues collected from: (A) target, (B) hands, and (C) firearm.

3. Electrochemical Tests (A)



(B)

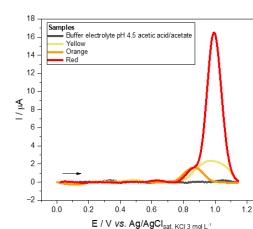


Figure 3. Voltammograms: (A) cyclic voltammetry of the dye standards; (B) square-wave voltammetry of GSR collected from the shooter's hands containing the marker.

Table 1 presents the oxidation peaks of the dyes and the gunshot residue samples collected from the shooter's hands. Minimal shifts in oxidation potentials between CV (standard) and SWV (GSR samples) indicate that the markers remain electrochemically stable after discharge. The consistency of the signals across different dyes indicates reliable detectability even in complex matrices.

Table 1. Results obtained from cyclic voltammetry (CV) of the dye standard and square-wave voltammetry (SWV) of the collected GSR samples

Dye	Oxidation Peak (V vs. Ag/AgCl)	
	CV (Standard)	SWV (GSR sample)
Red	+1.04	+0.98
Orange	+1.19	+1.19
Yellow	+1.28	+1.28

Conclusion: The dyes exhibited stable electrochemical behavior and detectable signals in GSR, confirming their suitability as forensic marking. Square-wave voltammetry proved sensitive and selective under real-world conditions. These findings demonstrate a viable alternative to traditional metal-based GSR detection.

Acknowledgements: FAPESP 2022/12189-0; CAPES - PROCAD-SPCF - 88887.613955/2021-00

REFERENCE:

¹ AZEVEDO, L. S. *Sensores eletroquímicos e marcadores luminescentes na detecção de resíduos de disparo (GSR): inovações para a ciência forense*. 2025. Tese (Doutorado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2025.



Materiais Híbridos Magneto-Fluorescentes - Reveladores para Marcas Papilares

Maria de Fátima Fernandes Rodrigues^b, Cassio F. Reis^{a*}, Elisa M. N. de Oliveira^{a,b}, Michèle O. de Souza^b, Leandra Franciscato Campo^b

^a Magnolumi; ^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 90010-150.

*e-mail: mariadffr@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A pesquisa em materiais para ciência forense tem impulsionado o desenvolvimento de pós reveladores inovadores e sustentáveis, produzidos no Brasil, para superar as limitações dos materiais comerciais. Sintetizados a partir de matérias-primas ecologicamente viáveis e passíveis de modificação estrutural, esses materiais ampliam a aderência aos resíduos de impressões digitais e elevam a qualidade de visualização das cristas papilares[1].

Objetivos: Produção de pós-reveladores contendo o corante benzoxazol (HBO) imobilizado na zeólita A (ZA-HBO), posteriormente misturado à partículas magnéticas e ácido esteárico. Esses materiais foram avaliados quanto à eficiência na adesão de impressões digitais latentes.

Metodologia: Prepararam-se três formulações com ZA-HBO:

- **Formulação 1:** ZA-HBO (10%); limalha de ferro (85%); ácido esteárico (5%)
- **Formulação 2:** ZA-HBO (10%); limalha de ferro (80%); ácido esteárico (10%).
- **Formulação 3 (Branco):** ZA-HBO (10%); limalha de ferro (90%).

Essas misturas foram aquecidas em estufa à 100 °C por 2 horas, com agitação manual a cada 20 minutos. As 3 formulações foram testadas e comparadas com o revelador comercial XXX, através da técnica de pó, tanto em temperatura ambiente, quanto após aquecimento a 100 °C, empregando como substratos placas de alumínio e de vidro, nas quais foram depositadas impressões digitais écrinas, naturais e sebáceas, seguindo as Diretrizes internacionais [2], totalizando 96 testes.

Resultados e Discussões: Os resultados obtidos superaram os do revelador comercial, independentemente das variações de

temperatura aplicadas e do tipo de substrato utilizado. Observou-se que as impressões digitais sebáceas depositadas em substratos de vidro apresentaram contraste significativamente superior após o processo de revelação, evidenciando maior sensibilidade do método nessas condições. Além disso, verificou-se que o aumento da proporção de ácido esteárico nas formulações reduz perceptivelmente a intensidade de fluorescência e a visualização das cristas papilares, indicando que sua adição à composição química exerce influência direta sobre a eficácia do revelador. O revelador correspondente à formulação 3 (branco) apresentou o desempenho mais eficiente na visualização das cristas das impressões digitais, destacando-se tanto pela elevada intensidade de fluorescência.

Conclusão: A imobilização do corante fluorescente HBO na zeólita A resultou na obtenção de um revelador eficiente, configurando um material promissor para aplicação na revelação de impressões papilares. As formulações com menores proporções de ácido esteárico apresentaram desempenho visual superior ao do produto comercial utilizado como referência. Dessa forma, o material à base de ZA-HBO demonstrou maior eficácia do que o revelador comercial nas condições avaliadas, caracterizando-se como uma alternativa potencialmente viável para o desenvolvimento de pós destinados à revelação de impressões digitais latentes.

Agradecimentos: Magnolumi e CNPQ.

REFERÊNCIAS:

¹ Oliveira, L. F. A. RSC Adv., p. 22504-22512, 2024.

² International Fingerprint Research Group (IFRG), 2014.



Mercury Isotope Records of Sources and Transformations in Amazon River Mouth Sediment Cores

Gabriela Santos Caldeira^{a*}, David Amouroux^b, Jeremie Garnier^c, Cristina Barbieri^d, Pedro Costa Evangelista^a, Alina Kleindiens^b, Emmanuel Tessier^b, Pascale Louvat^b, Cláudia Carvalhinho Windmüller^a

^aDepartment of Chemistry, Institute of Exact Sciences (ICEx), Federal University of Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 31270-901;

^bUPPA-IPREM, Environmental Chemistry and Microbiology Unit, Pau, France; 64053; ^cInstitute of Geosciences, University of Brasília (UNB), Brasília, Brazil, 70919-970; ^dEnvironmental Advisory Unit, Rio Grande do Sul State Public Prosecutors' Office, Porto Alegre, RS, Brazil, 90050-190.

*e-mail: gcaldeira.q@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Mercury stable isotopes are valuable tracers of Hg sources, transport pathways, and transformation processes in environmental forensic studies. In large tropical river systems such as the Amazon, Hg cycling is influenced by atmospheric deposition, forest uptake, soil erosion, riverine transport, plume dynamics, and marine sedimentation. The Amazon River mouth represents a major continental–oceanic interface, receiving large inputs of freshwater and suspended sediments to the Atlantic Ocean. Although geochemical proxies have been widely used to investigate sediment provenance and depositional processes in this region, Hg isotope records in Amazon margin sediment cores remain poorly explored. Combining Hg isotopes with core-based geochemical proxies can therefore provide evidence of Hg sources, particulate transport, and biogeochemical transformations preserved in the sedimentary archive ¹⁻³.

Aims: This study aims to trace Hg sources and transformation processes in Amazon River mouth sediment cores using Hg stable isotopes and geochemical proxies along a shelf–slope transect.

Methods: Marine sediment cores from the Amazon River mouth were collected during the AMARYLLIS-AMAGAS II campaign along a shelf–slope transect at 70, 695, and 1696 m water depth. Three of these cores were analyzed using a multi-proxy approach, including total Hg, Hg stable isotopes, major and trace elements, carbon proxies, and REE provenance indicators. Hg isotopes, including $\delta^{202}\text{Hg}$, $\Delta^{199}\text{Hg}$, and $\Delta^{201}\text{Hg}$, were applied to evaluate Hg sources and mass-dependent and mass-independent fractionation processes.

Results and Discussion: The three sediment cores showed distinct Hg isotope records along the Amazon shelf–slope transect. In the

70 m shelf core, MDF and MIF variations suggest a distinct Hg pool in the upper interval core, potentially linked to Amazon plume dynamics, recent inputs, and sediment reworking. In the 695 m core, negative $\delta^{202}\text{Hg}$ and $\Delta^{199}\text{Hg}$ values in the Hg-enriched detrital interval indicate particle-bound Hg exported or reworked from the Amazon margin. In the 1696 m core, more negative $\delta^{202}\text{Hg}$ and $\Delta^{199}\text{Hg}$ values, combined with near-zero to slightly positive $\Delta^{200}\text{Hg}$, suggest distinct Hg pools possibly influenced by atmospheric inputs and selective preservation of Hg-bearing particles. Overall, Hg isotopes reveal multiple Hg sources and transformation pathways controlled by particulate transport, sediment reworking, and depositional processes.

Conclusion: Hg stable isotopes combined with geochemical proxies reveal that Hg distribution at the Amazon River mouth is mainly controlled by particulate transport, sediment reworking, and selective preservation of Hg-bearing particles. These results highlight the potential of Hg isotopes as environmental forensic tracers to distinguish Hg pools, sources, and transformation processes in complex sedimentary systems.

Acknowledgements: The authors acknowledge the Brumadinho Project, CAPES, FAPEMIG and the AMARYLLIS-AMAGAS campaign for their support and contribution to this research

REFERENCES:

- ¹ Filizola N, Guyot JL, Wittmann H, Martinez JM, Oliveira E. Hydrological Processes, 2011.
- ² Araujo M, Noriega C, Hounsou-gbo GA, Veleda D, Araujo J, Bruto L, et al. Nature Communications, 2017.
- ³ Silva ACG, Vital H, Stattegger K, Schwarzer K. Marine Geology, 2021.



Metonitazene: A Novel Colorimetric Method for an Emerging Forensic Threat

Danielle da Silva Alves dos Reis^{a*}, Ângelo de Fátima^{a,b*}

^a Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil; ^b Department of Organic Chemistry, Faculty of Science, Atatürk University, Erzurum, Türkiye.
*e-mail: dosreis.dsa@gmail.com (DSAR); adefatima.geqob@gmail.com (AdF)

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Nitazenes are a class of emerging synthetic opioids derived from structural modifications of the 2-benzylbenzimidazole scaffold. Originally developed as potent analgesic agents, they were never clinically approved due to their narrow therapeutic index and high toxicity¹. Currently, nitazene consumption often occurs unintentionally, as these compounds are frequently used as adulterants in other psychotropic substances or misrepresented as traditional opioids². In Brazil, forensic laboratories face significant challenges in identifying these substances due to limited analytical infrastructure and a lack of standardized methodologies³. To address these limitations, the present study developed a novel colorimetric method for the qualitative and quantitative detection of metonitazene, the most frequently encountered nitazene analog in the Brazilian illicit drug market³.

Aims: The aim of this study was to develop a colorimetric method for the qualitative (visual color development) and quantitative (UV-vis spectrophotometry) detection of nitazenes in forensic samples, with a particular focus on metonitazene.

Methods: The metonitazene hydrochloride used in our experiments was synthesized and purified by our research group. The colorimetric method developed by us consists of preparing an ethanol-based solution of metonitazene hydrochloride, followed by the sequential addition of equal volumes of *Reagent A* and *Reagent B*. For quantitative analysis, the colorimetric assay was performed over a concentration range of 0.1 to 1.0 mg/mL, employing a 1:20 dilution factor. Spectrophotometric measurements were carried out at a wavelength of 541 nm using a UV-Vis spectrophotometer.

Results and Discussion: The colorimetric test produces a distinct pink coloration in the presence of metonitazene (Fig. 1). Blind testing demonstrated true positive results at concentrations exceeding 10 µg/mL, with no false positives reported. Furthermore, quantitative analysis confirmed that the method exhibits linearity, accuracy, and precision in accordance with regulatory guidelines⁴ (Table 1). The proposed method exhibited high selectivity for metonitazene when tested against a panel of structurally related substances and common adulterants typically associated with nitazene-containing seized samples, including cocaine, lidocaine and classical cannabinoids.

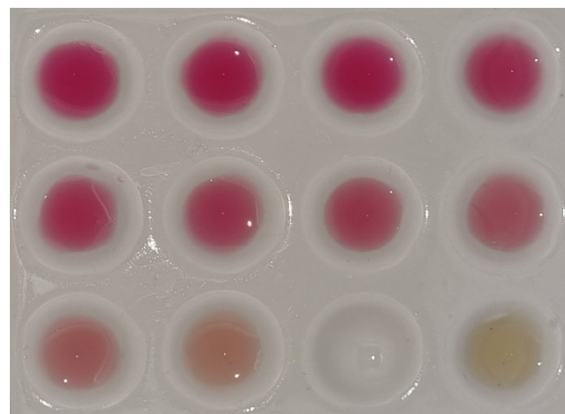


Figure 1. Color results in the range of 10-100µg/mL.

Table 1. Analytical performance parameters for the colorimetric determination of metonitazene by UV-vis spectrophotometry

Working range	5.1 – 40.0 µg/mL	
R-squared	0.9941	
LOD	1.7 µg/mL	
LOQ	5.1 µg/mL	
Concentration Levels	Accuracy (%Error)	Error (%RSD)
Low (10 µg/mL)	9.3	2.9
Medium (25 µg/mL)	2.8	2.3
High (40 µg/mL)	2.1	9.3

Conclusion: The proposed method exhibits a distinct color change across a wide range of nitazene concentrations and is also suitable for quantification by UV-vis spectrophotometry. Future work includes the analysis of seized samples and evaluation of the method's applicability to other synthetic nitazene analogs.

Acknowledgements: CNPq, CAPES, FINEP, MCTI, SEDE-MG, SES-MG, FAPEMIG, ANVISA, PCMG, RMCF and INCT-SP.

REFERÊNCIAS:

- PERGOLIZZI JR, J. et al. *Cureus*, v. 15, n. 6, p. e40736, 2023.
- CAPRARI, C. et al. *Archives of Toxicology*, v. 99, n. 10, p. 3877–3896, 2025.
- GIUDICE et al. Nitazenos: caracterização e presença no Brasil. ISBN 978-85-5506-232-2, 2025.
- INMETRO. DOQ-CGCRE-008, 2020



Micro (Multimaterial, Integrated, Compact, Ready-to-Plug, One-Step 3D-Printed): A Simple To-Use Electrochemical Cell for On-Site and Forensic Analysis

Tiago Morais Zavarize^a, Fálton Felipe Silva Xavier^a, Augusto dos Santos Novais^a, Celso Luciano de Araújo^a, Edmar Isaias de Melo^a, Ettore Ferrari Júnior^b, Bruno Gabriel Lucca^c, Lucas Franco Ferreira^d, Rodrigo Amorim Bezerra da Silva^{a*}

^aInstitute of Chemistry, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, MG, Brazil, 38400-902; ^bCivil Police of the Federal District (PC-DF), Institute of Criminalistics, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70.610-907; ^cInstitute of Chemistry, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brazil, 79074-460; ^dInstitute of Science and Technology, Federal University of Jequitinhonha Mucuri Valleys, Diamantina, MG, 39100-000.
*e-mail: rabsilva@ufu.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: In electroanalysis, three-electrode integrated (TEI) electrochemical cells such as disposable screen-printed electrodes (SPE) are better accepted by unexperienced analysts due to their user-friendliness, portability and low sample volumes ($\approx 100 \mu\text{L}$). Due to this, SPE has been used for several on-site forensic analysis (e.g. drug screening). However, the cost of most commercial SPE is high (e.g. $\approx \text{US\$ } 5.00/\text{device}$ in Brazil). Otherwise, 3D printing by Fused Filament Fabrication (FFF) is an alternative technology for the low-cost, rapid and reproducible mass production of TEI.¹

Aims: This work proposes MICRO (Multi-Material, Integrated, Compact, Ready-to-plug, and One-step 3D-printed cell) as a low-cost tool for convenient analysis and forensic analysis.² As-proof-of-concept we demonstrate the screening of oxymetholone (OXM) in seized samples, an anabolic androgenic steroid (AAS) with prohibited use by ANVISA and World Anti-Doping Agency (WADA).

Methods: MICRO was fabricated in an automated process using a low-cost dual-extruder 3D printer (Sovol SV04, IDEX). This machine prints the body containing an embedded solution reservoir at nozzle 1 using PETG and three electrodes/tracks at nozzle 2 using Protopasta (a commercial conductive filament with carbon black and polylactic acid, CB-PLA). The image of the device and fully portable system is shown in Figure 1.

Results and Discussion: Is well known that electrodes printed with Protopasta exhibit poor electrochemical performance due to low proportion of CB in filaments ($\approx 20 \text{ wt } \%$), which requires activation procedure(s) to partially remove the PLA from the electrode surface. Here, the best result of MICRO was reached after immersion in 5.0 M NaOH for 3 min followed by amperometric treatment in 0.5 M NaOH ($+1.4 \text{ V}$ and -1.0 V for 200 s each). Using this treatment, the device was evaluated for the electroanalysis of OXM. Cyclic voltametric studies revealed the presence of an irreversible oxidation peak at $\approx +0.7 \text{ V}$ in 0.1 M acetate buffer solution (pH 5.0). Using square-wave voltammetry (SWV) due to higher detectability, a linear range from 1.0 to 5.0 μM ($R^2 = 0.99$) and a limit of detection (LOD) of 0.21 μM were obtained. Using the optimized SWV, the screening of OXM was performed in seized, in which OXM was detected in two of three samples. These results were consistent with those obtained by gas chromatography–mass spectrometry.

Conclusion: MICRO exhibits low-cost ($\text{US\$ } < 0.10$), is quickly printed ($\approx 8 \text{ min}$), requires low sample volumes in measurements (50 to 300 μL) and is easy-to-use (plug to wireless USB connector). When operated with handy apparatus (as in Figure 1B) is an attractive tool for on-site drug screening as well as in other routine forensic analysis.

Acknowledgements: FAPEMIG (Rede Mineira de Ciências Forenses - RED 00120-23), CNPq e CAPES.

REFERENCES:

- Castro SVF, Rocha RG, João AF, Richter EM, Muñoz RAA. Brazilian Journal of Analytical Chemistry. v. 9, p. 79-105, 2022.
- Zavarize TM, Xavier FFS, Novais AS, Araújo CL, Melo EI, Ferrari Júnior E, Lucca BG, Ferreira LF, Silva RAB. ACS Omega, v. 11, p. 13074-13083, 2026.

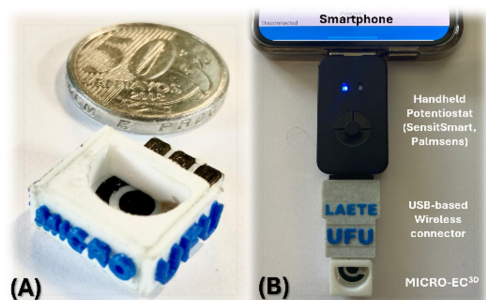


Figure 1. Image of (A) MICRO and (B) Fully mobile system.



Otimização de Método para Análise de Tinta Automotiva Empregando Fluorescência de Raio X Portátil

Davi Aguilar de Matos^a, Marcus Vinicius de O. Andrade^b, Clésia Cristina Nascentes^a

^a Departamento de Química – UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 31270-901; ^b Superintendência da Polícia Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 30380-435.

*e-mail: daviaguilar.ufmg@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Na avaliação de tintas automotivas para fins forenses utiliza-se diversas técnicas para análise e perfilamento de amostras ao longo dos anos, sendo a espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) uma das mais descritas na literatura. Também são relatadas a espectroscopia Raman, espectrometria de emissão óptica (ICP OES) e espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS), e a fluorescência na Raio X (XRF).^{1,2} Esta última, apresenta resultados promissores, devido ao fato de ser uma análise não destrutiva e com menor custo. Com o surgimento de instrumentação portátil, houve um grande interesse das ciências forenses, devido a sua praticidade de ser efetuada em campo e pela rapidez da obtenção dos resultados.³ Existem estudos que demonstram a aplicação dos equipamentos portáteis (PXRF) em diversas áreas de interesse forense.⁴

Objetivos: Avaliar a aplicabilidade da fluorescência de Raio X portátil para a construção de um banco de dados para fins forenses.

Metodologia: As análises foram realizadas diretamente sobre a superfície de veículos cedidos para o estudo. Utilizou-se o pXRF modelo Titan, Brüker, e após testes iniciais determinou-se a utilização do método Geomiling de calibração interna do equipamento. Os dados quantitativos e espectrais foram utilizados para o tratamento quimiométrico.¹ O estudo foi composto de 3 testes, sendo: *teste de homogeneidade*, o qual em um único veículo foram realizadas leituras em triplicata em 9 pontos distribuídos no seu entorno; *teste de variabilidade*, realizado na coleta de leitura unitária nos mesmos 9 pontos, em 4 veículos da cor prata de modelos e anos diferentes; e por fim, o *teste de representatividade*, no qual foram feitas em um veículo 20 leituras em um único ponto, em seguida foram removidos fragmentos da tinta, feitas 5 leituras no ponto após a remoção, e os três fragmentos foram analisados em quintuplicata.

Resultados e Discussões:

- *Teste de homogeneidade* – Os dados obtidos foram avaliados por meio de Análise de Componentes Principais (PCA). Em ambos os casos, pode-se observar que utilizando uma componente principal (PC) já se obtém a separação entre os pontos de lataria

e para-choques (pintado), e avaliando os *loadings* pode-se chegar à conclusão de que há uma grande influência do suporte da tinta. Logo, nos testes seguintes foram separados os pontos de lataria dos de para-choque.

- *Teste de variabilidade* – Novamente os dados foram analisados por meio de PCA, nos quais pode-se observar que com no máximo 4 PC's, em ambos os suportes houve a diferenciação entre os veículos individualmente. Desta forma, infere-se que apesar de apresentarem a mesma cor, os veículos apresentam diferença significativa de forma que é possível sua distinção. Também pode-se observar em pontos anômalos ao longo do teste que é detectável a presença de reparos utilizando massa plástica ou regiões repintadas.
- *Teste de representatividade* – Na análise prévia por PCA, observa-se que há uma separação na primeira PC entre a região sem tinta das demais. Com os dados da região do veículo com ou sem tinta construiu-se o conjunto de calibração por PSL-DA, e validação com os fragmentos de tinta, obtendo-se especificidade e seletividade ambas iguais a 100%. Desta forma, pode-se concluir que os fragmentos obtidos podem ser identificados como pertencentes ao veículo do qual foram removidos.

Conclusão: Os estudos para otimização apresentaram resultados promissores para construção de um banco de dados de tintas para identificação de veículos por PXRF.

Agradecimentos: Ao grupo de pesquisa LaQAFor e a Polícia Federal pelo auxílio nas análises. Pelo Fomento a Fapemig (RMCF), CAPES e CNPq.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Haag LC. Journal of the Forensic Science Society. 1976;16(3):255-263.
- ² Duarte JM. Quimiometria aplicada à discriminação de veículos pela análise de fragmentos de tintas automotivas por atr-ftir. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília (UNB); 2021.
- ³ de Araujo WR, Cardoso TMG, da Rocha RG, et al.. Anal Chim Acta. 2018;1034:1-21.
- ⁴ Kobylarz D, Michalska A, Jurowski K. TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 2023;169(October):117355.



Otimização do Procedimento de Derivatização de THC, CBD e CBN para Análise por GC/MS

Hairton Costa Ferreira^{a*}, Gabriel Pardini Coelho^b, Zenilda de Lourdes Cardeal^b, Helvécio Costa Menezes^b, Clésia Cristina Nascentes^a, Letícia Malta Costa^a

^aLaboratório de Química Analítica Instrumental e Ciências Forenses (LaQAFor), Departamento de Química, ICEx, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901; ^bRede Mineira de Cromatografia Avançada, Departamento de Química, ICEx, UFMG.

*e-mail: hairtoncf@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A crescente demanda por análises confiáveis de canabinoides em diferentes matrizes tem impulsionado o desenvolvimento de métodos analíticos rápidos, seletivos, robustos e ambientalmente sustentáveis. Entre as técnicas de determinação empregadas, destaca-se a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC/MS), devido à sua elevada sensibilidade, reprodutibilidade e ampla aplicabilidade em laboratórios de química forense¹. Entretanto, a análise de canabinoides por GC/MS apresenta limitações associadas à baixa volatilidade e à degradação térmica dos compostos, especialmente para analitos polares e termolábeis². Nesse contexto, a derivatização química surge como estratégia para aumentar a estabilidade térmica e ampliar a detectabilidade dos analitos por GC/MS. Os reagentes derivatizantes BSTFA (N, O-bis [trimetilsilil] trifluoroacetamida) e MSTFA (N-metil-N-(trimetilsilil)trifluoroacetamida) são os mais utilizados para análise de canabinoides³. A derivatização pode ser realizada off-line ou diretamente no injetor (*"in-port derivatization"* – IPD). Esse procedimento apresenta vantagens operacionais relevantes em relação aos convencionais, incluindo redução do tempo de preparo de amostra, menor consumo de reagentes e diminuição das etapas analíticas³.

Objetivos: Otimizar procedimento de derivatização IPD utilizando diferentes derivatizantes para a análise de canabinoides por GC/MS.

Metodologia: Para a otimização foram utilizados padrões analíticos de tetrahidrocanabinol deuterado (THC-d₃), canabidiol deuterado (CBD-d₃) e canabinol deuterado (CBN-d₃), em uma mistura de padrões com acetonitrila na concentração de 1 µg/mL cada. As derivatizações foram realizadas utilizando BSTFA-1%TMCS, BSTFA e MSTFA na proporção de 1:1 com a mistura dos padrões analíticos. As análises foram conduzidas em sistema GC/MS no modo SIM (*Single Ion Monitoring*). A etapa de otimização foi conduzida por planejamento fatorial completo 2³ com ponto central, avaliando os fatores temperatura do injetor, modo

de injeção (split e splitless) e tempo de purga, totalizando 14 experimentos. A resposta experimental foi obtida pela média geométrica das áreas cromatográficas dos padrões deuterados.

Resultados e Discussões: Os resultados preliminares demonstraram comportamento semelhante entre BSTFA e BSTFA-1%TMCS quanto à intensidade das respostas cromatográficas dos canabinoides avaliados. Em contraste, MSTFA apresentou redução da intensidade dos sinais cromatográficos em comparação aos demais derivatizantes. Portanto, BSTFA puro foi selecionado para continuidade da etapa de otimização, pois apresenta menor complexidade química no sistema. Além disso, a adição de 1 % de TMCS pode diminuir a vida útil da coluna por reações paralelas. Os resultados do planejamento fatorial permitiram avaliar os efeitos individuais e as interações entre temperatura do injetor, modo de injeção e tempo de purga sobre a eficiência da derivatização na resposta cromatográfica dos canabinoides deuterados. Isso possibilita a escolha das melhores condições experimentais para análise de canabinoides nas amostras de extratos vegetais.

Conclusão: Os resultados preliminares indicam que o procedimento IPD utilizando BSTFA apresentou potencial para aplicação em análises de canabinoides por GC/MS, permitindo simplificação do preparo analítico. O planejamento fatorial contribuiu para o desenvolvimento de um método robusto, reprodutível e de alta confiabilidade.

Agradecimentos: LaQAFor, RMCA, INCT Inibidores de Urease - UFMG, INCT em Substâncias Psicoativas – UFMG, SBCF, FAPEMIG, ANVISA, CAPES, CNPq

REFERÊNCIAS:

- ¹ Forensic Chemistry. BELL, S. Forensic Chemistry. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2013.
- ² Marijuana and the Cannabinoids. ELSOHLY, M. A. Marijuana and the Cannabinoids. Totowa: H. P., 2007.
- ³ ORATA, F. Derivatization reactions and reagents for gas chromatography analysis. A. G. C. – P. A., B. and I. A., p. 83–108, 2012.



p-Sulfonic Acid Calix[4]arene as an Efficient Catalyst for the Synthesis of (-)-CBD

Laura Patricia Rocha Figueroa^{a,*}, Samuel Teixeira dos Reis^a, Ângelo de Fátima^{a,b*}

^a Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil; ^b Department of Department of Organic Chemistry, Faculty of Science, Atatürk University, 25240, Erzurum, Türkiye.
*e-mail: 0304laurarocha@gmail.com (LPRF) and adefatima.geqob@gmail.com (AdF)

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introduction: Cannabidiol (-)-CBD is a non-psychoactive cannabinoid widely used in pharmaceutical, forensic, and regulatory contexts¹. The increasing demand for reliable analytical measurements has highlighted the need for high-purity certified reference materials (CRMs)². Traditional synthetic routes for CBD may present limitations regarding selectivity, yield, or scalability³. In this context, supramolecular catalysts such as *p*-sulfonic acid calix[4]arene have emerged as promising alternatives due to their ability to promote selective transformations under mild conditions⁴.

Aims: This work aims to develop a synthetic route to cannabidiol using *p*-sulfonic acid calix[4]arene (*p*C4SO₃H) as a Brønsted acid catalyst, targeting high-purity material for certified reference applications.

Methods: Cannabidiol (-)-CBD was synthesized through a *p*C4SO₃H-catalyzed condensation between *cis*-isolimonenol (**1**) and olivetol (**2**) (Fig. 1).

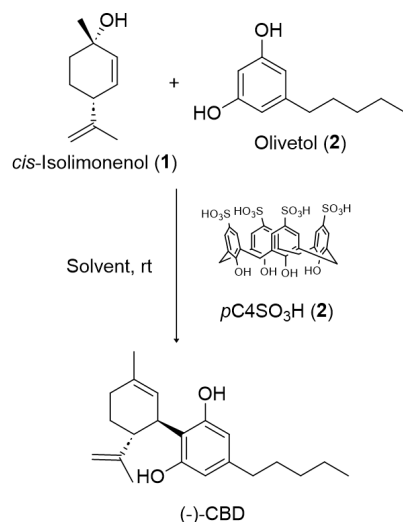


Figure 1. Reaction scheme for the synthesis of (-)-CBD promoted by *p*C4SO₃H as a Brønsted acid catalyst.

The reaction was carried out in an organic solvent under controlled temperature and catalyst loading (Table 1). Reaction progress was monitored by chromatographic techniques. After completion, the product was purified by column chromatography and characterized by NMR (¹H, ¹³C).

Results and Discussion: The synthesis of (-)-CBD was successfully achieved using *p*C4SO₃H as catalyst. Both solvent and catalyst loading significantly influenced the reaction outcome (Table 1). Lower catalyst loading (1 mol%) and dichloromethane as solvent provided the best performance. The observed trends suggest a supramolecular effect of the catalyst on reaction selectivity, but more studies are needed to confirm this conclusion.

Table 1. Optimization of reaction conditions for the synthesis of (-)-CBD

Reaction Parameter Optimization Data				
Reagents		Reaction conditions		Yield
1	2	Catalyst	Solvent	
1.4 eq	1.0 eq	10mol%	Toluene	14%
1.4 eq	1.0 eq	1mol%	Toluene	17%
1.4 eq	1.0 eq	1mol%	DCM	32%
1.4 eq	1.0 eq	1mol%	CHCl ₃	13%
1.4 eq	1.0 eq	1 mol%	CH ₂ NO ₂	14%

Conclusion: *p*-Sulfonic acid calix[4]arene (*p*C4SO₃H) at 1 mol% was efficient to furnish (-)-CBD in 32% yield. The determination of the purity of (-)-CBD using quantitative Nuclear Magnetic Resonance (qNMR) is underway in our laboratory.

Acknowledgements: The authors acknowledge FAPEMIG, CAPES, CNPq, MCTI, SEDE-MG, SES-MG and FINEP for financial.

REFERENCES:

- Chiurciu E., et al. *European Journal of Organic Chemistry*, p. 1286-1289, 2021.
- SO – ISO Guide 34 / ISO 17034
- Anad R., et al. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 87, p. 4489-4498, 2022.
- da Silva, Fernandes, Sabino, de Fatima. *Tetrahedron Letters*, v. 52, p. 6328–6330, 2011.



Portable Raman Spectroscopy for the Identification of Methanol in Distilled Beverages

Darlei G. Dantas^{a*}, Paulo E. T. Firmo^a, Erklaylle G. C. Silva^a, Mirelly A. Gomes^a, Karen A. B. Pereira^b, Ricardo Saldanha Honorato^b, Fernanda A. Honorato^a, Claudete F. Pereira^a, M. Fernanda Pimentel^a

^a Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco Brazil, 50740-560; ^b Federal Police, Recife, Pernambuco Brazil, 51010-000.

*e-mail: darlei.gutierrez@ufpe.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introduction: In 2025, cases of distilled beverages adulterated with methanol were reported in Brazil, posing significant public health and criminal concerns due to the risks associated with methanol ingestion¹. Given the high number of cases and the need for enforcement, an analytical approach capable of rapidly and reliably identifying the presence of methanol in distilled beverages in the field can support decision-making during inspections. In this context, Portable Raman spectroscopy, combined with chemometrics, offers promising analytical capabilities to meet this demand².

Aims: Develop one-class chemometric models using Raman spectroscopy to identify methanol in distilled beverage.

Methods: Distilled beverages (cachaça, gin, vodka and whiskey) were adulterated with methanol (0–16% v/v) using two experimental designs. One was a pseudocomponent mixture design, varying the volume of beverage, ethanol and methanol. In the second case, the beverage composition was kept constant, and a mixture of water, ethanol and methanol was added. Spectra were then acquired in the 200–2500 range (Raman shift cm^{-1}) using a Rigaku portable Raman spectrometer (ResQ CQL PROG-1021453). A total of 120 samples without methanol (WM) and 172 samples with methanol (M) were analyzed. Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) and Data-Driven SIMCA (DDSIMCA) models were built using 85 WM samples for training, while 207 samples (35 WM and 172 M) were used for testing. Predictive performance was then evaluated based on sensitivity, specificity, and accuracy during the testing phase.

Results and Discussion: Table 1 presents the predictive performance of the models. Classification errors were associated with samples with methanol content lower than 2.0% (v/v), as shown in Figure 1, which presents the loadings of the first two components (PC1 and PC2) of the model.

Table 1. Metrics for the DDSIMCA and SIMCA models

Model Preprocessing		PC's	Sn	Sp	Acc _{test}
DDSIMCA	SG15-WLS	02	0.91	0.81	83.0
	1 st D-SG15	02	1.00	0.70	75.3
	SG15-SNV	02	0.97	0.72	76.8
SIMCA	SG15-WLS	03	0.97	0.76	79.1
	1 st D-SG15	04	0.97	0.71	75.8
	SG15-SNV	03	0.94	0.76	79.2

* Sn = Sensitivity; Sp = Specificity; Acc = Accuracy

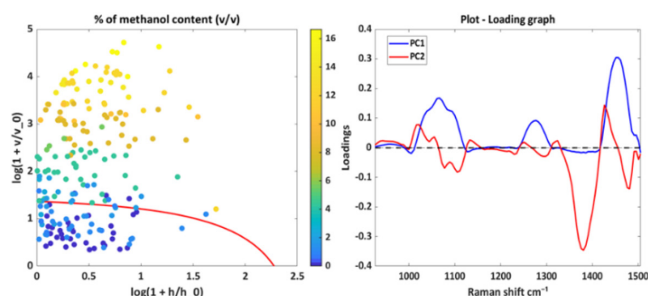


Figure 1. DDSIMCA (SG15-WLS)

Regions most important for predictive performance were around 1050 and 1450 (Raman shift cm^{-1}), which correspond to C–O stretching and antisymmetric CH_3 stretching, respectively².

Conclusion: The results show that Raman spectroscopy combined with chemometrics is capable of identifying samples adulterated with methanol at concentrations of $\geq 2.0\%$ (v/v). Although efficiency is lower at lower concentrations, the strategy shows potential for practical application, as a screening method. Since Raman spectrometers are already available to regulatory agencies and police units, the proposed strategy aims to improve the efficiency of inspection activities.

Acknowledgements: UFPE, PF, CAPES, CNPq, FACEPE, LAC

REFERENCES:

- ¹ Brasil MS, Ministério da Saúde, gov.br, 2025
- ² ZADE, Somaye Vali et al. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, p.126993, 2025.



Quantificação de Arginina em Creatina Utilizando FTIR-ATR e Regressão por PLS

Ana Júlia Oliveira Takahaschi^{a*}, Melina Luiza Vieira Diniz^a, Clésia Cristina Nascentes^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, BRASIL, 31270-901.

*e-mail: anajuliaoliveirtaka@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A creatina é produzida a partir de três aminoácidos: glicina, metionina e arginina¹, sendo um bom recurso ergogênico na nutrição esportiva e na prevenção de lesões². Por ter um alto valor agregado na suplementação alimentar, torna-se alvo de adulterações. A Anvisa regulamenta que o teor de creatina “não pode ter uma variação maior do que 20% em relação ao declarado na rotulagem nutricional”³, porém é comum encontrar esse produto fora dos padrões determinado, como na operação feita pela polícia federal em que foram apreendidas 4 toneladas de *whey protein* e creatina adulterados⁴. Um dos adulterantes utilizados é a arginina, por já fazer parte da composição da creatina, aumentando sua concentração no produto. O uso da espectroscopia de infravermelho com módulo de reflexão atenuada (FTIR-ATR) e a regressão por PLS é favorável pela rapidez na análise, com um bom custo-benefício.

Objetivos: Quantificar o adulterante arginina em amostras de creatina fortificadas, utilizando a técnica de (FTIR-ATR) e regressão por PLS.

Metodologia: Foram preparadas amostras adulteradas de creatina com arginina nas concentrações de 0 a 100%, variando de 10% em 10%. As misturas foram homogeneizadas com o auxílio de um almofariz e um pistilo de pedra de Ágata, por 3 minutos. As amostras foram submetidas à análise por FTIR-ATR, na faixa de 4000 e 550 cm^{-1} , em triplicata. Os espectros obtidos foram submetidos à regressão multivariada pelo método dos Mínimos Quadrados Parciais (PLS), utilizando como pré-processamento SNV e dados centrados na média em X e dados centrados na média em Y. A validação cruzada foi feita utilizando os subconjuntos aleatórios. Também foi utilizado o algoritmo de Kennard-Stone para separar o conjunto de dados em conjuntos de calibração (22 amostras) e validação do modelo (11 amostras).

Resultados e Discussões: O modelo obtido (Figura 1) apresentou um resultado satisfatório, com erro de calibração (RMSEC) igual a 8,75 e de predição (RMSEP) igual a 11,57. O coeficiente de regressão (R^2) foi igual a 0,922. A regressão por modelo PLS teve como principal vetor de regressão a banda em 1500 cm^{-1} , característica do dobramento N-H das amins presentes tanto na molécula de creatina quanto na de arginina, sendo duas amins secundárias na primeira molécula e duas amins primárias e duas secundárias na molécula de arginina. O estiramento -C-H em 2900 cm^{-1} também é representativo da maior extensão carbônica na molécula de arginina.

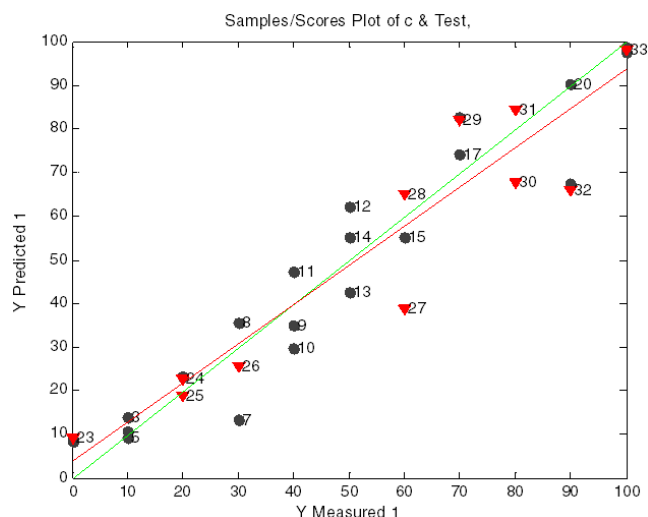


Figura 1. Gráfico de y predito versus y medido para calibração de misturas de creatina e arginina.

Conclusão: O modelo apresentou capacidade preditiva promissora para a arginina, com coeficiente de regressão superior a 0,90 e caracterização do modelo de acordo com as bandas de absorção, principalmente, do adulterante.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Rede Mineira de Ciências Forenses, ao INCT Substâncias Psicoativas, à CNPq e à FAPEMIG pelo fomento à pesquisa

REFERÊNCIAS:

- ¹ Oliveira T. et al., Assessing the authenticity of the sport supplement creatine using spectroscopic techniques and multivariate analysis, *Food Chemistry*, Vol. 484, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144282>.
- ² Buford, T. W. et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2007. 4. 1. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-6>.
- ³ BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020.
- ⁴ Polícia apreende 4 toneladas de creatina e whey protein adulterados em distribuidora no interior de SP, G1, Campinas e região, de 1 de setembro de 2025.



Reagente Colorimétrico para a Identificação de Canabinoides Sintéticos, Uma Abordagem *In Silico*

Luiz Felipe Cantarino Adriano^{a*}, Luiz Antonio Sodré Costa^a

^a NEQC-Núcleo de Estudos em Química Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, BRASIL, 36036-900.

*e-mail: luizfelipe.cantarino@estudante.ufjf.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: A evolução e alta potência de canabinoides sintéticos, como o MDMB-4en-PINACA, impõem desafios à triagem forense.¹ Nesse contexto, a formação de complexos de transferência de carga (EDA) destaca-se por induzir absorção no visível², fundamentando o desenvolvimento de testes colorimétricos presuntivos.

Objetivos: O objetivo principal é avaliar a interação entre o canabinoide sintético MDMB-4en-PINACA (doador) e um derivado nitrado de DDQ (aceptor), como um reagente colorimétrico para detecção presuntiva da droga.

Metodologia: As estruturas do doador (MDMB-4en-PINACA) e aceitor (DDQ nitrado) foram otimizadas no Gaussian 09 via Teoria do Funcional da Densidade (DFT) no nível ω B97X-D/6-31+G(2d,p), com o modelo de solvatação implícito PCM (acetonitrila). A busca conformacional do complexo foi realizada no programa CREST (GFN2-xtb), selecionando-se cinco conformêmeros que representam aproximadamente 96% do *ensemble* em solução. Estes foram reotimizados no mesmo nível DFT usado anteriormente, com cálculo de frequências harmônicas para validar os mínimos de energia e obter o ΔG , a 298 K. Os espectros UV-Vis foram simulados via TD-DFT. A distribuição eletrônica e interações não covalentes foram avaliadas por mapas de potencial eletrostático (ESP) e pelo método de gradientes independentes (IGM) no software Multiwfn. Por fim, a natureza das excitações eletrônicas foi analisada por meio de orbitais naturais de transição (NTOs).

Resultados e Discussões: O doador MDMB-4en-PINACA apresenta sítios ricos em elétrons, destacando-se o oxigênio carbonílico e o anel indazol, enquanto o DDQ nitrado atua como um aceitor com forte deficiência eletrônica (LUMO de $-0,133$ eV). A análise termodinâmica e conformacional demonstrou que a formação do complexo é espontânea em solução, com o conformêmero mais estável (C1) apresentando energia livre de Gibbs (G) de $-3,98$ kcal·mol⁻¹ e governando o *ensemble* conformacional (Tabela 1). As principais interações ocorrem entre as carbonilas da droga e o núcleo aceitor, com contribuições de empilhamento nas estruturas mais estáveis.

Tabela 1. Energias livres de Gibbs (ΔG) e constantes de equilíbrio associadas.

Conf.	ΔG^a	ΔG^b	K	Pop.%
C1	-3,98	-17,08	$9,82 \times 10^2$	40
C2	-0,98	-4,19	5,42	29
C3	-1,46	-6,26	$1,25 \times 10^1$	18
C4	-2,50	-10,74	$7,61 \times 10^1$	6
C5	-2,07	-8,88	$3,60 \times 10^1$	3

a. Energias em kcal·mol⁻¹; b. Energias em kJ·mol⁻¹.

A complexação promove o surgimento de uma nova e ampla banda de absorção entre 350 e 500 nm, ausente nos fragmentos isolados (Figura 1). Essa nova banda, resultante de transições de transferência de carga (CT), constitui a assinatura óptica fundamental que valida o uso do sistema como reagente colorimétrico.

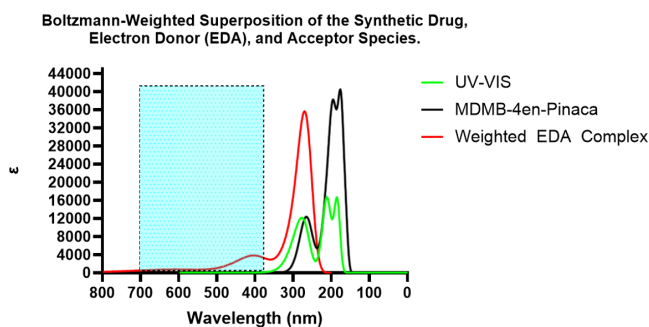


Figura 1. Espectro teórico ponderado e resposta colorimétrica.

Conclusão: O derivado de DDQ nitrado validou-se como um reagente colorimétrico promissor para o MDMB-4en-PINACA. A formação espontânea do complexo EDA gera uma nova banda de absorção no visível (350-500 nm), viabilizando testes forenses de triagem rápidos, com potencial expansão para outros canabinoides.

Agradecimentos: CAPES e RMCF-FAPEMIG.

REFERÊNCIAS:

- DEVENTER, Marie H. and STOVE, Christophe P. *Archives of Toxicology*, v. 99, n. 12, p. 4757–4784, 2025.
- YANG, Z. et al. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, v. 17, p. 771–799, 2021.



Seleção de Solvente para Análise de Comprimidos de Misoprostol por Direct Infusion Electrospray Ionization Mass Spectrometry (DIESI-MS) visando à Identificação do Princípio Ativo em Formulações Comerciais

Fabiana de Moura^{a*}, Yuri Machado^b, José Coelho Neto^b, Washington Xavier de Paula^b, Rodinei Augusti^a

^a Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 30421-169; ^b Seção Técnica de Física e Química Legal – Divisão de Laboratório, Instituto de Criminalística Superintendência de Polícia Técnico-Científica, Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 30110-017. *e-mail: mourafabi1@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O misoprostol é um Ingrediente Farmacêutico Ativo (IFA) de interesse forense devido ao seu uso como abortivo. As formulações farmacêuticas que contêm esse IFA possuem concentração máxima de 0,200 mg do ativo por comprimido.¹ Representam obstáculos significativos para a análise dessa substância em materiais apreendidos: a baixa concentração de IFA por comprimido, o baixo coeficiente de extinção e sua degradação pela umidade.^{2 e 3}

Objetivos: Escolher um solvente para a dissolução de comprimidos de misoprostol, visando à obtenção de espectros de massas por Direct Infusion Electrospray Ionization Mass Spectrometry (DIESI-MS), permitindo a identificação do princípio ativo na faixa de concentração presente nas amostras comerciais.

Metodologia: Os comprimidos foram macerados e, do pó obtido, uma alíquota de 200 mg foi pesada em microtubos. À amostra, adicionou-se 1 mL do solvente em avaliação. O microtubo foi agitado em vórtex a 1500 rpm por 1 minuto e, em seguida, centrifugado a 12000 rpm por 1 minuto. Posteriormente, uma alíquota de 200 µL do sobrenadante foi transferida para um vial, ao qual se adicionaram 800 µL do mesmo solvente. O conteúdo do vial foi analisado por ESI-MS nos modos positivo (+) e negativo (-). Os solventes avaliados foram metanol, etanol, clorofórmio, acetato de etila, metanol: água (3:1) e etanol: água (3:1). Apenas a amostra diluída em clorofórmio necessitou de filtração prévia antes da diluição no vial. Todos os ensaios foram realizados em duplicata, tanto na pesagem quanto na leitura analítica.

Resultados e Discussões: As amostras diluídas em metanol, etanol, metanol: água (3:1) e etanol: água (3:1) geraram espectros de massas com sinais de m/z 183 e 205, atribuídos ao sorbitol (presente na formulação do comprimido), com intensidades elevadas. Resultados opostos foram observados para os íons de m/z 365 ([misoprostol-H₂O]⁺), 400 ([misoprostol+NH₄]⁺) e 405, ([misoprostol+Na]⁺). A diluição em clorofórmio não solubilizou

completamente os constituintes do comprimido. Após a filtração, os espectros de massas apresentaram diversos íons interferentes de elevada intensidade. As amostras diluídas em acetato de etila resultaram em espectros de massas com menor número de íons interferentes, nos quais se identificaram nitidamente os íons de m/z 365, 400 e 405 (Figura 01).

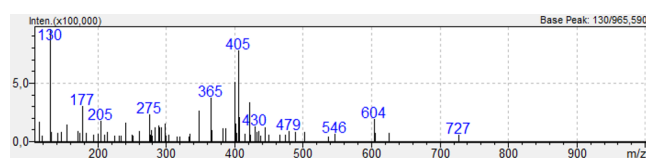


Figura 01. Espectro ESI-MS (+) para amostra diluída em acetato de etila

Conclusão: O acetato de etila foi o solvente que apresentou o melhor desempenho, resultando em espectros de massas com íons de interesse de alta intensidade. Tal fato favorece a identificação do misoprostol na faixa de concentração presente nos comprimidos comerciais.

Agradecimentos: A HEBRON – indústria farmacêutica. A Superintendência de Polícia Técnico-Científica - Polícia Civil de Minas Gerais. A Rede Mineira de Ciências Forenses FAPEMIG (RED-00120-23).

REFERÊNCIAS:

- 1 ANVISA. Consulta por princípio ativo: Misoprostol, 2023C. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br/#/medicamentos/250000139349919/?substancia=6378..>
- 2 MANIKYA RAO, T. et al. Development and validation of simple and very sensitive HPLC method with UV detection for Misoprostol- 0.1 mg tablets. World Journal of Pharmaceutical Research, v. 2, n. 2, p. 410-421, 2013.
- 3 SZPOT, P.; WACHEIKO, O.; ZAWADZKI, M. Forensic Toxicological Aspects of Misoprostol Use in Pharmacological Abortions. Molecules, v. 27, n. 19, p. 65-34, 2022.



Síntese e Aplicação de Polianilina como Pó Revelador de Impressões Digitais Latentes

Tarcísio Nunes de Oliveira^{a*}, Jéssica Higino de Souza^a, Rosanny Christhinny da Silva^b, Maria Luiza Torres Gaia Leite^b, Alexandro Mangueira Lima de Assis^{a,c}, Adriana Santos Ribeiro^a

^a Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57072-970; ^b Instituto Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57020-600; ^c Setor Técnico científico da Polícia Federal em Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil, 57025-080.
*e-mail: tarcisio.oliveira@iqb.ufal.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A maioria das técnicas aplicadas na visualização de impressões digitais latentes (IDLs) são baseadas em reações químicas ou interações entre o material revelador e os componentes das IDLs, fornecendo contraste entre a superfície e as cristas da impressão digital. Porém, tais métodos podem ser limitados pelo tamanho da partícula, seletividade ou sensibilidade do material revelador¹. Desta forma, o uso de materiais inovadores, como os polímeros condutores, pode trazer maior interação com os resíduos da impressão digital latente, melhorando a aderência do material e, portanto, a qualidade da impressão digital revelada.

Objetivos: Avaliar a interação do pó da polianilina (PAni) sintetizada quimicamente com os resíduos da impressão digital latente e avaliar a qualidade das imagens reveladas.

Metodologia: A síntese química da PAni foi realizada a partir da metodologia descrita por Silva e col.². As IDLs de um único doador foram depositadas sobre as superfícies de vidro e aço inoxidável, seguindo o protocolo descrito por Sears e col.³ e armazenadas por 1 dia. Após este período, as IDLs foram reveladas utilizando o pó da PAni. As imagens das impressões digitais reveladas foram fotografadas e a interação entre a PAni e os resíduos da impressão digital (seletividade do método) foi avaliada por microscopia óptica e por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Resultados e Discussões: As impressões digitais reveladas a partir da aplicação da PAni, mostraram uma excelente interação com os resíduos da impressão digital conforme apresentado na Figura 1. A partir da análise da imagem representativa da impressão digital presente em superfície de aço inoxidável revelada usando PAni, é possível observar os detalhes das cristas e as minúcias com clareza, Figura 1a.

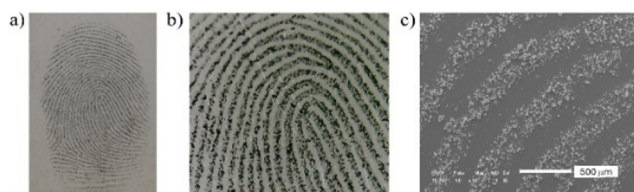


Figura 1. Imagem representativa da impressão digital em aço inoxidável revelada com PAni (a) e magnificações por microscopia óptica (b) e MEV (c).

A partir dos resultados de microscopia óptica (Figura 1b) é possível identificar que o material se distribui de maneira uniforme ao longo das cristas da impressão digital, mostrando uma aderência preferencial aos resíduos da impressão digital, conforme evidenciado pela imagem obtida por MEV (Figura 1c). Os resultados das análises morfológicas demonstram a seletividade da PAni, proporcionando um excelente contraste e visualização nítida das impressões reveladas.

Conclusão: Os resultados demonstram que a PAni na forma de pó foi seletiva ao aderir preferencialmente ao resíduo da impressão digital, apresentando resultados promissores para aplicação como revelador de impressões digitais latentes.

Agradecimentos: CNPq, CAPES, FAPAL, Polícia Federal - Instituto Nacional de Criminalística

REFERÊNCIAS:

- ¹ Assis AML, Costa CV, Alves, MS, Melo JCS, Oliveira VR, Tonholo J, Hilman AR, Ribeiro AS. *Wires Forensic Sci*, v. 5, p. 1-34, 2022.
- ² Silva RC, Sarmento MV, Faez R, Mortimer RJ, Ribeiro AS. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, V. 27, p. 1847-1857, 2016.
- ³ Sears VG, Bleay SM, Bandey HL, Bowman VJ. *Science and Justice*, v. 52, p. 145-160, 2012.



Uso de Catálise por Ácidos de Lewis e Brønsted na Síntese de Canabidiol (-)-CBD

Samuel Teixeira dos Reis^{a*}, Laura Patricia Rocha Figueroa^a, Ângelo de Fátima^{a,b*}

^a Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil; ^b Department of Department of Organic Chemistry, Faculty of Science, Atatürk University, 25240, Erzurum, Türkiye.

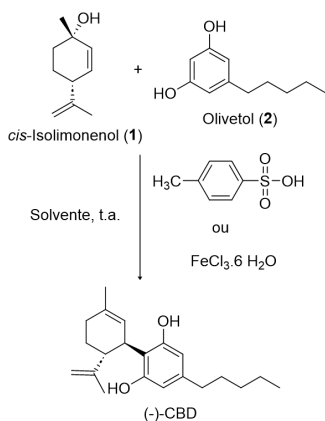
*e-mail: samu.reis33@gmail.com (STR); adefatima.geqob@gmail.com (AdF)

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O canabidiol ((-)-CBD) é um fitocanabinóide não psicoativo originado da planta *Cannabis sativa* L.¹, com grande relevância nas áreas medicinal, farmacêutica e forense. Essa substância tem sido cada vez mais utilizada na clínica médica; no entanto, seu uso exige amostras de alta pureza, pois a presença de outros compostos presentes na *Cannabis* pode ter efeito deletério ou psicoativo (notadamente o Δ^9 -THC)². Existem diversas rotas sintéticas para a obtenção do (-)-CBD, empregando diferentes tipos de catalisadores ácidos³. Portanto, é fundamental compreender as rotas mais eficientes para a produção de (-)-CBD com alta pureza química ($\geq 95\%$).

Objetivos: O objetivo deste trabalho é avaliar o ácido *p*-toluenossulfônico (*p*-TsOH), um ácido de Brønsted, e o cloreto de ferro(III) hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), um ácido de Lewis, como catalisadores na síntese do (-)-CBD a partir da condensação entre *cis*-isolimonenol (**1**) e olivetol (**2**) (Esquema 1).

Metodologia: Canabidiol ((-)-CBD) foi sintetizado a partir de uma catálise ácida de condensação entre *cis*-isolimonenol (**1**) e olivetol (**2**) usando *p*-TsOH ou $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Esquema 1).



Esquema 1. Síntese do (-)-CBD sob catalisação do *p*-TsOH ou $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

A reação foi realizada em solvente orgânico, submetida a temperatura ambiente na presença de *p*-TsOH ou $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Tabela 1) e monitorada por meio de técnica de cromatografia em camada delgada (CCD). O (-)-CBD foi purificado por meio de coluna cromatográfica (CC) e caracterizado por RMN (^1H , ^{13}C).

Resultados e Discussões: A síntese de (-)-CBD sob a catálise de *p*-TsOH ou de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ conduziu à formação do produto desejado, sendo o ácido de Lewis $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em tolueno o mais eficiente (47%; Tabela 1).

Tabela 1. Síntese do (-)-CBD na presença de ácido *p*-toluenossulfônico (*p*-TsOH) ou $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em tolueno ou diclorometano (DCM)

Reagentes		Condições de Reação ^a			Rendimento
1	2	Catalisador	Solvente	Tempo	
1.4eq	1.0eq	<i>p</i> -TsOH	Tolueno	90 min	36%
1.4eq	1.0eq	<i>p</i> -TsOH	DCM	60 min	21%
1.4eq	1.0eq	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	DCM	15 min	22%
1.4eq	1.0eq	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Tolueno	45 min	47%
1.4eq	1.0eq	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Tolueno	15 min	18%

^aTodas as reações foram realizadas à temperatura ambiente.

Conclusão: O (-)-CBD foi eficientemente obtido em 15 min empregando-se tolueno como solvente e $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ como catalisador. A determinação da pureza do (-)-CBD por Ressonância Magnética Nuclear quantitativa (qRMN) está em andamento em nosso laboratório.

REFERÊNCIAS:

- CARDOSO, S. R. Canabidiol: Estado da Arte e os Caminhos para a Regulamentação no Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Farmacologia, Fortaleza, 2019.
- Mistry L N. et al., Cannabis: What We Use, Why It Matters, and When It Is Prescribed (Ethics, Policy, and Practice). *Cureus*, 17(7), e89073, 2025.
- Anad R., et al. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 87, p. 4489-4498, 2022



Uso de Processamento Digital de Imagens para a Determinação de Fraudes em Agentes Redutores Catalíticos à Base de Ureia (ARLA 32)

Amanda Cristina de Jesus Cunha^{a,b*}, Maria Lurdes Felsner^b

^a Polícia Científica do Paraná, Curitiba, Paraná, BRASIL, 82821-030; ^b Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil, 85040-167.

*e-mail: amanda.jcunha@policiacientifica.pr.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O ARLA 32 é um agente redutor líquido obrigatoriamente utilizado em veículos movidos a diesel, atuando na conversão de óxidos de nitrogênio (NOx) em substâncias menos nocivas e contribuindo para a redução da emissão de poluentes atmosféricos. É constituído por ureia técnica de elevada pureza em solução aquosa, no entanto, fraudes podem ocorrer pela utilização de ureia agrícola, de menor custo, em substituição à ureia técnica. Essa prática reduz a eficiência da reação catalítica em razão da maior concentração de impurezas, sendo o teor de biureto um importante indicador desse tipo de adulteração. Atualmente, sua determinação é realizada conforme metodologia estabelecida pela ABNT NBR ISO 22241-2, baseada em espectrofotometria UV-Vis. Nesse contexto, o processamento digital de imagens (PDI) apresenta-se como uma metodologia emergente com potencial para miniaturização analítica e redução do consumo de reagentes, alinhando-se aos princípios da Química Verde.

Objetivos: O presente trabalho propõe a utilização do Processamento Digital de Imagens (PDI) como alternativa analítica para determinação do teor de biureto em amostras de ARLA 32.

Metodologia:

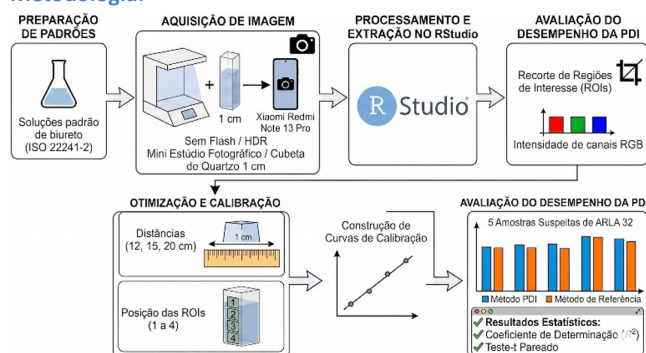


Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento e comparação de metodologia PDI para biureto em ARLA 32

Resultados e Discussões: Na otimização das condições experimentais da PDI, observaram-se melhores resultados

quando as imagens eram capturadas em uma distância igual a 15 cm. Nesta distância, curvas analíticas apresentaram valores de $R^2 > 98\%$, mostrando uma relação linear do canal G corrigido com a concentração de Biureto. Os teores de biureto encontrados nas cinco amostras de ARLA 32 pelas duas metodologias analíticas avaliadas são apresentados na Figura 2.

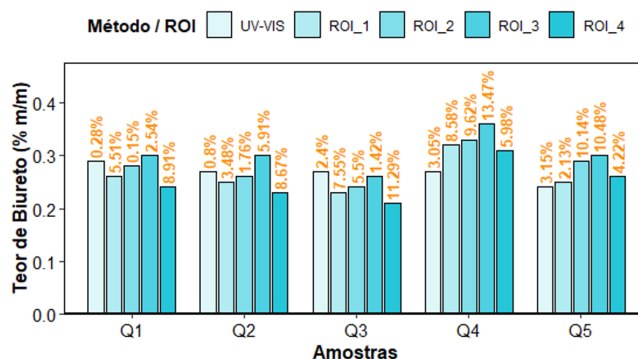


Figura 2. Médias e coeficientes de variação dos teores de biureto para amostras de ARLA 32 determinadas por PDI e pelo método de referência

Avaliando-se os resultados da Figura 2, é possível verificar que os teores de biureto encontrados entre as metodologias para cada amostra são similares. Porém, maiores coeficientes de variação são observados para a ROI 4, entre relação as ROIs 1 a 3. Além disso, a aplicação do teste-t pareado aos valores médios de biureto considerando a posição das quatro ROIs não mostrou diferenças significativas em relação ao método de referência ($p > 0.05$).

Conclusão: O método PDI demonstrou ser uma alternativa analítica promissora e acessível frente à espectrometria UV-Vis para quantificação de biureto em ARLA 32. A otimização da resposta (Canal G), distância (15 cm) e região de recorte (ROIs 1 a 3) mostraram ser os parâmetros mais adequados para a análise em amostras reais.

Agradecimentos: Ao PPGQA – Unicentro, à Academia de Ciências Forenses e à Seção de Química Forense da PCIPR.



Uso de RMN de Bancada na Quantificação de N,N-Dimetilprotonitazeno em Material Vegetal

Anita Monteiro Meireles^{a*}, Bruna Miguel Ferreira da Silva^a, Gilberto Lucio Benedito de Aquino^{a,b}, Adriano Otávio Maldaner^a

^a Instituto Nacional de Criminalística - Polícia Federal, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 70610-902; ^b Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil, 75132-903.

*e-mail: anitammeireles21@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: As novas substâncias psicoativas (NPS), especialmente os opioides sintéticos da classe dos nitazenos, têm emergido como uma preocupação crescente à saúde pública devido sua elevada potência, variabilidade química e difícil detecção por métodos toxicológicos convencionais. Compostos como isotonitazeno, metonitazeno e protonitazeno apresentam atividade comparável ou superior ao fentanil, sendo frequentemente identificados em materiais apreendidos em diferentes formas, incluindo comprimidos falsificados e misturas com material vegetal. No Brasil, sua detecção em ervas adulteradas associadas a canabinoides sintéticos evidencia novos padrões de consumo e aumento do risco toxicológico. A identificação e quantificação de nitazenos são tradicionalmente realizadas por técnicas como LC-MS/MS e GC-MS, que, embora altamente sensíveis e específicas, demandam infraestrutura complexa, alto custo e maior tempo de análise. Nesse contexto, a ressonância magnética nuclear de bancada (RMN de 80 MHz) surge como uma alternativa promissora para análises mais acessíveis e rápidas.

Objetivos: Avaliar o desempenho da RMN de 80 MHz na identificação e quantificação de N,N-dimetilprotonitazeno em material vegetal, por meio da integração de sinais de prótons, em comparação com resultados obtidos por RMN de alto campo (600 MHz).

Metodologia: Fragmentos vegetais foram submetidos à extração sequencial com éter, clorofórmio e metanol. Os extratos obtidos foram concentrados e dissolvidos em clorofórmio deuterado (CDCl₃), contendo dimetilsulfona (DMSO₂) como padrão interno para quantificação. A identificação dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), cromatografia líquida de alta resolução acoplada à espectrometria de massas (LC-QTOF-MS) e ressonância magnética nuclear (RMN). As análises de RMN incluíram espectros de ¹H e experimentos bidimensionais, permitindo a caracterização estrutural e diferenciação de nitazenos.

Resultados e Discussões: As concentrações médias (Tabela 1) de N,N-dimetilprotonitazeno obtidas por RMN de 80 MHz foram 1,29 (clorofórmio), 1,25 (metanol) e 1,19 (éter), enquanto na RMN de 600 MHz foram 1,35, 1,36 e 1,26, respectivamente. Observou-se boa concordância entre os métodos, com diferenças discretas entre os valores. O clorofórmio apresentou maior eficiência de extração, seguido do metanol e do éter. A RMN de 600 MHz mostrou maior estabilidade, porém a RMN de 80 MHz apresentou resultados equivalentes, mesmo em matriz complexa.

Tabela 01. Concentração do analito por solvente e RMN

Solventes utilizados na extração	Concentração do Analito (Média)	
	RMN 80 MHz	RMN 600 MHz
Éter	1,29	1,35
Clorofórmio	1,25	1,36
Metanol	1,19	1,26

Conclusão: A RMN de 80 MHz demonstrou ser eficaz na identificação e quantificação de N,N-dimetilprotonitazeno em material vegetal, apresentando boa concordância com a RMN de 600 MHz. Apesar da menor resolução, a técnica de baixo campo se destaca pela rapidez, menor custo e simplicidade, configurando-se como uma alternativa viável para análises forenses e triagem de nitazenos.

Agradecimentos: A equipe do SEPLAB/PF pela oportunidade e contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública; UNODC – Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime. *Nitazenos: caracterização e presença no Brasil*. Brasília: MJSP; PNUD; UNODC, 2025. 48 p.
- UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME (UNODC). *The challenge of New Psychoactive Substances – A technical update 2024*. Viena: United Nations, 2024.



OUTRAS ÁREAS



Ampliando a Resolução Forense da Rede Neural Profunda *DeepPrint*

Adelino Pinheiro Silva^{a*}, Arlindo Follador Neto^b, Júlia Teixeira de Melo Franco^a

^a Polícia Civil de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30.190-002; ^b Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil, 39.100-0007.

*e-mail: adelino.pinheiro@policiacivil.mg.gov.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A comparação automática de impressões digitais é parte do procedimento de confronto papiloscópico forense¹. Nesse aspecto, redes neurais convolucionais permitem gerar representações vetoriais (*embeddings*) que codificam textura e estrutura de minúcias. O *DeepPrint*^{2,3}, gera *embeddings* com alinhamento espacial. Contudo, regiões de impressões latentes com baixa qualidade podem degradar a representação. Mecanismos como CBAM (*Convolutional Block Attention Module*)⁴ permitem ponderar a importância de regiões espaciais, suprimindo áreas ruidosas.

Objetivos: Avaliar o desempenho do *DeepPrint* através da implementação de aprimoramentos.

Metodologia: Foram geradas 96.000 imagens sintéticas com o SFinge⁵: sendo 8.000 distintas com 12 variações a 500 dpi, sendo 6.000 para treino e 2.000 para avaliação em protocolo *open-set*. Comparou-se o desempenho da variante base (Exp0) com três aprimoramentos da incorporação de etapas na rede neural: representação aumentada por MLP (Exp1); atenção espacial CBAM (Exp2); e re-ranking neural (Exp3). As variantes foram treinadas com função de perda combinada (ArcFace⁶, *triplet* e mapa de minúcias), otimizada por RMSprop e *Cosine Annealing with Warm Restarts*. A avaliação utilizou comparação 1:1 (*equal error rate* - *EER*). O tamanho de efeito, em relação ao *DeepPrint*, foi quantificado pelo δ de Cohen e pelo *sensitivity index* d' (d' -prime).

Resultados: A variante com CBAM (Exp2) superou o Exp0 com efeito estatisticamente significativo (vide Tabela 1). O *sensitivity index* $d'=9,07$ confirma a melhoria na discriminação entre pares.

Tabela 1. Resultados da validação.

	EER (%)	ΔEER	δ	valor- p	d'
Exp0	0,98				8,46
Exp1	6,19	5,21	-7,49	$< 10^{-3}$	1,00
Exp2	0,78	-0,21	1,61	$< 10^{-3}$	9,07
Exp3	2,81	1,82	4,03	$< 10^{-3}$	0,78

Conclusão: A incorporação do CBAM ao *DeepPrint* melhora o desempenho com efeito $\delta > 1,2$. Esse resultado indica que o ganho observado com o CBAM pode vir da qualidade do mecanismo e não da simples incorporação de camadas na rede neural.

Agradecimentos: A Rede Mineira de Ciências Forenses e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais pelo financiamento RED-00120-23.

REFERÊNCIAS:

- Maltoni D et al. Handbook of Fingerprint Recognition. 2ª ed. Springer, 2009.
- Engelsma JJ, Cao K, Jain AK. Learning a Fixed-Length Fingerprint Representation. IEEE Trans. PAMI, 2019.
- Rohwedder T et al. Benchmarking Fixed-Length Fingerprint Representations. BIOSIG, 2023.
- Woo S, et al. CBAM: Convolutional Block Attention Module. ECCV, 2018.
- Cappelli R, Maio D, Maltoni D. SFinge: An Approach to Synthetic Fingerprint Generation. Int. Workshop on Biometric Authentication, 2002.
- Deng J, Guo J, Xue N, Zafeiriou S. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition. CVPR, 2019.



Análise Material de Douramentos Setecentistas Mineiros como Subsídio à Perícia e Restituição de Bens Culturais

Dâmia Carina Dias do Carmo^{a*}, Marcus Vinicius de Oliveira Andrade^b, José Coelho Neto^{c,e}, Jorge Marcelo de Freitas^d, Cecília Siman Salema^e, Karla Balzuweit^{e,f}, Alessandra Rosado^a, Luiz Antonio Cruz Souza^a

^aCECOR, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901; ^bSuperintendência Regional da Polícia Federal em Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 30441-194; ^cInstituto de Criminalística da Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 30190-002;

^dInstituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal, Brasília, Brasil 70610902; ^eDepartamento de Física, ICEx, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901; ^fCentro de Microscopia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 31270-901.

*e-mail: damiacarinadc@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: Apreensões de bens culturais sacros constituem desafio para as ciências forenses quando a restituição depende de evidências materiais de procedência. A caracterização de douramentos sobre madeira de igrejas mineiras do século XVIII pode contribuir para a identificação de proveniência e destinação correta de obras do patrimônio.

Objetivos: Investigar o potencial de técnicas elementares e isotópicas para identificar possíveis marcadores de procedência em douramentos setecentistas mineiros.

Metodologia: Foram analisadas amostras de douramentos de igrejas setecentistas de Minas Gerais, compostos por base de preparação em gesso, bolo armênio, folha de ouro e, eventualmente, pintura, verniz ou veladura. Dados de p-EDXRF e MEV-EDS foram tratados por Fatoração de Matrizes Não Negativas (NMF), visando reconhecer padrões composicionais. Razões isotópicas de oxigênio e hidrogênio da base de preparação, obtidas por IRMS, foram avaliadas comparativamente. Folhas de ouro foram analisadas por nano-XRF.

Resultados e Discussões: A NMF dos dados de p-EDXRF gerou 11 componentes, explicando 96% da variância. Embora não tenha havido agrupamento por igreja, cidade ou região, foram reconhecidas assinaturas associadas à policromia, incluindo vermelho, cobre em áreas de douramento e escurecimento, zinco e bário compatíveis com possíveis intervenções, além de chumbo em diferentes camadas. O MEV-EDS confirmou estratigrafia compatível com douramentos setecentistas. O bolo apresentou maior diversidade elementar, com Al, Si, Fe, Ti, K, Mg, P, Ca e S. A NMF dos espectros de EDS do bolo não discriminou

igrejas ou cidades, mas indicou agrupamento de amostras de Catas Altas, possivelmente relacionado ao fósforo, sugerindo potencial marcador composicional a ser investigado em conjunto amostral ampliado. A nano-XRF evidenciou potencial para análise de microamostras de folha de ouro, mas também apresentou limitações, sobretudo pela dificuldade de isolar a folha das camadas adjacentes e pela sobreposição de energias de elementos como Ag e Pd. As razões isotópicas de oxigênio e hidrogênio obtidas por IRMS não acompanharam o comportamento esperado para águas meteóricas, indicando maior relação do oxigênio com o sulfato de cálcio do que com a água presente no gesso. Apesar de tendências identificadas, não houve separação regional conclusiva.

Conclusão: Embora as técnicas empregadas não tenham permitido definir padrões de produção dos douramentos setecentistas, os resultados revelaram potencial para caracterização material, identificação de intervenções e investigação de procedência. O estudo aponta para um caminho metodológico a ser aprimorado por estudos documentais e análises complementares, como isótopos de enxofre e estrôncio.

Agradecimentos: Agradecemos o apoio financeiro da RMCF/FAPEMIG RED-00042/16, CAPES-MEC, CNPq, IN2PAST.BR/CNPq, Fundação Getty e GCI. À UFMG, LACICOR/CECOR, CM-UFMG, LCPNano, HERCULES/Universidade de Évora, INC/PF e LNLS/CNPEM pelo apoio institucional e infraestrutura analítica.

REFERÊNCIA:

¹ Carmo DCD. *ARS AURIFERA: Caracterização Material e Estudo de Padrões Regionais de Produção de Douramentos Setecentistas em Minas Gerais*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais; 2025.



Autenticação de Mel de Aroeira Utilizando Metabolômica Global e Alvo por UHPLC-Orbitrap MS e DD-SIMCA

Camila Maria Machado Santos^{a*}, Débora Cristina Sampaio de Assis^a, Mary Ane Gonçalves Lana^b, José Ailton Gonçalves^b, Diego Gomes Rocha^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 31270-901; ^b Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília, DF, Brasil, 70043-900.
*e-mail: cmms2024@ufmg.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: Em 2024, a produção nacional de mel alcançou a marca de 67,3 mil toneladas, evidenciando sua relevância no mercado brasileiro. Recentemente, o mel monofloral de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) desperta interesse por seus elevados teores de fenólicos e flavonoides que elevam sua capacidade antioxidante. Nesse contexto, o emprego de metabolômica por LC-HRMS associada a ferramentas quimiométricas permite a autenticação botânica do mel de aroeira, traçando seu perfil e “impressão digital” (*fingerprint*) garantindo sua procedência e qualidade, além da identificação de fraudes.

Objetivos: Desenvolver e validar modelos quimiométricos, baseados em dados de UHPLC-HRMS para a diferenciação do mel de aroeira e detecção de fraudes.

Metodologia: O preparo das amostras foi feito a partir do uso da fase extratora metanol:água (1:1) em 0,50 g de mel, com posterior emprego de filtro de PTFE 0,22 µm. Foram analisadas por UHPLC-HRMS (Orbitrap Q-Exactive) 57 amostras, sendo 20 correspondentes a méis monoflorais de aroeira além dos controles de qualidade (QC). Os dados foram processados no MS-DIAL (v. 4.9) para extração de características moleculares (*features*), seguidos das análises multivariadas: PCA, HCA, PLS-DA e DD-SIMCA no MetaboAnalyst (v. 6.0) e ambiente R (v. 4.4.2). O DD-SIMCA foi modelado como ferramenta de classe única, utilizando 14 amostras de aroeira do conjunto de treinamento para estabelecer o perfil de autenticidade. A capacidade preditiva foi confirmada pelo acerto no conjunto independente (*hold-out*).

Resultados e Discussões: Por meio da PCA, foi possível identificar a separação entre as amostras de aroeira e não-aroeira ao longo da primeira componente principal (PC1 = 24,7%) enquanto a segunda componente (PC2 = 10,6%) foi responsável pela variabilidade dentro dos grupos. As amostras de QC confirmaram a precisão do método instrumental. Após a otimização do modelo DD-SIMCA, foi escolhida a combinação de transformação logarítmica seguida de autoescalonamento (*autoscaling*) com uma única componente principal (PC1 = 42,1%), por apresentar contribuição uniforme dos metabólitos encontrados. Nesta abordagem as 6 amostras

de Aroeira e as 37 amostras de não-aroeira foram classificadas corretamente (sensibilidade = 1,00, especificidade = 1,00). Por fim, os metabólitos mais influentes no modelo foram os ácidos ferúlico, cafeico, homovanílico, indol-3-acético indicando esses compostos como marcadores do perfil químico do mel de aroeira.

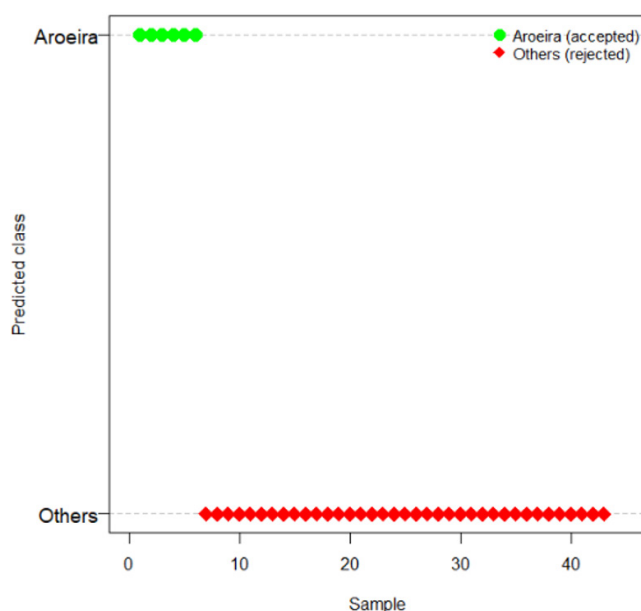


Figura 1. Previsões de classes obtidas pelo modelo DD-SIMCA para méis de aroeira

Conclusão: A modelagem DD-SIMCA, apresentou 100% de eficiência, consolidando a metabolômica por UHPLC-HRMS como uma potencial ferramenta para a autenticação botânica e controle de qualidade do mel de aroeira.

Agradecimentos: CNPQ (404924/2023-9) e Rede Mineira de Ciências Forenses (RED-00120-23)

REFERÊNCIA:

¹ PENA JÚNIOR DS, et al. PLOS ONE 17:e0262038, 2022.



Avaliação Diagnóstica do Speciesnet em Câmera *Trap*: Lacunas para Fauna Neotropical e Técnicas de Pós-Processamento

Adelino Pinheiro Silva^{a*}, Vania Cristina Foster^b, Lucas Calado Alves Pereira^a

^a Log Nature, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30.180-106; ^b Projeto Onças do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 85.859-899.

*e-mail: adelino.silva@lognature.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: A metodologia de câmera *trap*, ferramenta em ecologia da conservação, pode servir como evidência em perícias ambientais e veterinárias, onde a identificação de espécies é requisito probatório^{1,2}. Nesse requisito, o *pipeline* composto pelo MegaDetector (detecção genérica) e SpeciesNet (~2.498 espécies) é referência para triagem automatizada em imagens³. Contudo, o SpeciesNet foi treinado predominantemente com dados da América do Norte, África e Ásia^{4,5}, gerando lacunas para a fauna neotropical brasileira – crítico para uso em identificação automatizada de espécies.

Objetivos: Avaliar o desempenho do *pipeline* MegaDetector e SpeciesNet aplicado a vídeos de câmeras *trap* de Mata Atlântica brasileira, e mensurar o efeito de técnicas de pós-processamento.

Metodologia: Foram processados 536 vídeos provenientes do Projeto Onças do Iguaçu, abrangendo 45 espécies identificadas por biólogos (*ground truth*), totalizando 232.202 *frames* e 62.838 detecções com mapeamento válido. O processamento foi realizado preservando os dados brutos das redes neurais. Duas técnicas de pós-processamento foram implementadas e avaliadas com Intervalo de Confiança de Wilson 95%, Cohen's *h* e teste de McNemar pareado: (i) correção do mapeamento taxonômico (MapTax) e (ii) re-ranking geográfico (FilterGeo).

Resultados e Discussões: O SpeciesNet apresentou 18 das 45 espécies do *dataset* sem rótulo, a maioria aves e pequenos mamíferos. Foram identificadas confusões entre congêneres: *Didelphis albiventris/aurita* classificados como *D. virginiana* e e morcegos classificados como *antas* em 66% dos *frames*. A calibração do *softmax* mostrou-se deficiente, com confiança média de 0,85 mesmo em predições incorretas. A correção por MapTax produziu efeito (Cohen's *h* = 1,25–2,81) em 10 espécies (Figura 1), com destaque para *Cutia* (1,4% → 81,2%), *Gambá-de-orelha-preta* (0% → 93,4%) e *Gavião-preto* (0% → 97,2%). A filtragem geográfica elevou a acurácia global de 80,9% para 82,8% (McNemar *p* < 0,001), corrigindo confusões como *clouded leopard* e *margay*.

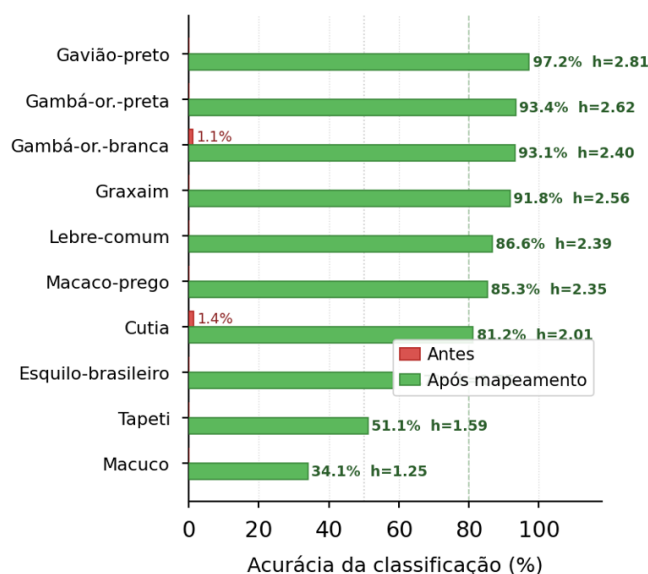


Figura 1. Efeito da correção do MapTax.

Conclusão: O estudo mostra que técnicas de pós-processamento podem elevar significativamente a acurácia do SpeciesNet para fauna neotropical (82,8%; *N* = 62.838; *p* < 0,001), utilizando dados brutos das redes neurais. Simultaneamente, aponta limitações que exigem *fine-tuning* para espécies brasileiras e perícias forenses onde exige-se rastreabilidade e incerteza quantificada.

REFERÊNCIAS:

- 1 Tuia D et al. Perspectives in machine learning for wildlife conservation. *Nature Communications*, v. 13, 792, 2022.
- 2 Weinstein BG. A computer vision for animal ecology. *Journal of Animal Ecology*, v. 87, n. 3, p. 533–545, 2018.
- 3 Beery S et al. Efficient pipeline for automating species ID in new camera trap projects. *Biodiversity Information Science and Standards*, v. 3, p. e37222, 2019.
- 4 Norouzzadeh MS et al. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 12, p. 150–161, 2021.
- 5 Vélez J, et al. An evaluation of platforms for processing camera-trap data using artificial intelligence. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 14, n. 2, p. 459-477, 2023.



Cardiotoxicidade e Alterações Morfológicas Induzidas por Fentanil e Xilazina em Larvas de Zebrafish (*Danio rerio*)

Nilo B. da Silva Filho^a, Nicolle Pessim O. da Fonseca^a, Bruno Henrique da S. Souza^a, Luciana Silami Carvalho^a, Luciene P. M. da Silva^a, João Loureiro Lima^a, Luiz Felipe Oliveira Silva^a, Clésia Cristina Nascentes^b, Ângelo de Fátima^b, Gilcinea de Cássia Santana^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Belo Horizonte – MG;

^b Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química, Belo Horizonte - MG.

e-mail: nilobsf@ufmg.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O fentanil é um opioide sintético de elevada potência, com efeito analgésico superior à morfina e à heroína. Contudo, seu uso indiscriminado tornou-se um problema de saúde pública em razão do baixo custo, fácil acesso e frequente adulteração.¹ A xilazina, agonista adrenérgico alfa-2 e tranquilizante veterinário, tem sido cada vez mais identificada em óbitos associados a overdoses de opioides ilícitos.² A presença dessas substâncias psicoativas em ambientes aquáticos configura risco ecológico.³ O Zebrafish (*Danio rerio*) é internacionalmente reconhecido como modelo experimental robusto para ensaios de toxicidade, devido ao desenvolvimento embrionário externo, transparência, alta fecundidade, baixo custo de manutenção e significativa similaridade genética com humanos.⁴

Objetivos: Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos tóxicos do fentanil e xilazina em larvas do Zebrafish.

Metodologia: Os ensaios toxicológicos seguiram as normas OECD 236/2025⁵ e NBR 15499/2021⁶. Larvas de Zebrafish (48 hpf) foram expostas por 96 h a concentrações crescentes de fentanil (0,5–12 µg·L⁻¹) e xilazina (100–200 mg·L⁻¹), em triplicata (N=10). Os parâmetros da água (pH, temperatura e oxigenação) foram monitorados no início e fim dos testes. A cada 24 hs registrou-se letalidade. As alterações morfológicas e cardiotoxicidade foram avaliadas em estereomicroscópio através dos softwares ZEN lite 3.4 (Zeiss) e DanioScope (Noldus). A DL₅₀ foi estabelecida. CEUA/UFMG:

Resultados e Discussões: Os resultados mostraram que não houve mortalidade nem alterações morfológicas indicativas de toxicidade nos grupos, controle (p>0,05 – ANOVA). O fentanil e a xilazina induziram toxicidade aguda e crônica nas larvas, sendo observada mortalidade elevada sobretudo nas maiores concentrações testadas. Edema pericárdico e alterações morfológicas indicativas

de toxicidade foram observadas em ambos os compostos destacando-se edema de saco vitelino, escoliose e lordose, sendo estes mais pronunciados nas concentrações elevadas. A (DL₅₀) do fentanil foi estabelecida em 5,5 mcg·L⁻¹.

Conclusão: Os resultados evidenciam que ambos as substâncias psicoativas causaram toxicidade e foram capazes de comprometer o desenvolvimento larval de Zebrafish. Assim, o estudo reforça a necessidade de uma avaliação criteriosa dos riscos ambientais decorrentes do uso ilícito desses compostos especialmente em corpos hídricos.

Agradecimentos: Este trabalho foi viabilizado, em parte, pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Substâncias Psicoativas (INCT-SP). Agradecemos também à FAPEMIG, CAPES, CNPq e à PRPq/UFMG pelo apoio.

REFERÊNCIAS:

- ¹ Williamson, J and Kermanizadeh, A. A Review of Toxicological Profile of Fentanyl—A 2024 Update. *Toxics* 12, p.690, 2024. (<https://doi.org/10.3390/toxics12100690>)
- ² Love, J.S et al. Opioid overdoses involving xylazine in emergency department patients: a multicenter study. *Clinical Toxicology* 61:3, p. 173-180, 2023 (<https://doi.org/10.1080/15563650.2022.2159427>)
- ³ Brand, J.A et al. Cocaine pollution alters the movement and space use of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a large natural lake. *Current Biology*. 36, p.2018–2027, 2026. (<https://doi.org/10.1016/j.cub.2026.03.026>)
- ⁴ Dai, Y. J., Jia, Y. F., Chen, N., Bian, W. P., Li, Q. K., Ma, Y. B., Chen, Y. L., and Pei, D. S. Zebrafish as a model system to study toxicology. *Environ. Toxicol. Chem.* 33 (1),p, 11–17, 2014
- ⁵ OECD, 2025. Test No. 236: Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris. (<https://www.oecd.org/en/about/terms-conditions.html>)
- ⁶ ABNT. NBR 15499:2022. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022.



Estudos Forenses de Pinturas Atribuídas ao Artista Austríaco Victor Scharf

Chaiani Battisti^a, Juliana N. S. Bittencort^a, Lucas de S. L. Pereira^a, Mateus M. Ferrer^a, Bruno da S. Noremberg^a

^a Universidade Federal de Pelotas 1, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 96010-610.

*e-mail: chaibattisti@gmail.com.br

FORMA DE APRESENTAÇÃO: ORAL

Introdução: O presente trabalho aborda a investigação forense com estudos arqueométricos para a caracterização de pinturas atribuídas ao artista Austríaco Victor Scharf, um artista ainda pouco estudado, que esteve na América Latina em 1925¹. Para tanto, estão sendo compiladas informações de diversos museus pelo mundo e sendo aplicadas técnicas de imageamento e técnicas analíticas para a criação de uma documentação científica e autêntica sobre os elementos químicos e materiais presentes em suas obras de arte. Atualmente, as pinturas se encontram na Universidade Federal de Pelotas.

Objetivos: O objetivo do trabalho é criar uma documentação científica e autêntica dos materiais utilizados pelo artista para que se possa criar um banco de dados com as informações relevantes da sua caracterização.

Metodologia: Com a autorização da proprietária das pinturas, iniciou-se a aplicação das técnicas de imageamento, como Luz Visível, Ultravioleta, Infravermelho, Macroscopia, Luz transversal e Luz Rasante. Posteriormente a esta etapa, foram retiradas microamostras com menos de 1 mm para que se pudesse fazer o corte estratigráfico e aplicar técnicas analíticas, as técnicas até o momento aplicadas foram ATR-FTIR, MEV/EDS e EDX.

Resultados e Discussões: Um dos principais resultados obtidos foram os da análise de MEV com EDS, onde podemos mapear as camadas estratigráficas das microamostras, ou seja, identificar a composição química presente em cada etapa do processo de construção que o artista utilizou em sua pintura. Uma das pinturas investigadas pode ser vista na figura 1. A análise identificou a presença de Pb sendo, possivelmente, branco de chumbo ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$). O chumbo era muito utilizado antes do século XX pois garantia brilho e maleabilidade² e, em pinturas, como camada preparatória ou base³.



Figura 1. A) Obra investigada e B) Local da coleta da microamostra.

Conclusão: As técnicas de imageamento e de espectroscopia permitiram identificar características técnicas e materiais nas pinturas atribuídas ao artista, como composição de pigmentos com a presença significativa de chumbo e cálcio. Além disso, as análises contribuem para a compreensão do processo criativo bem como o estado de conservação e de possíveis intervenções realizadas nas obras. Esses resultados ampliam o conhecimento sobre a produção do artista fornecendo subsídios importantes para estudos forenses gerando uma documentação científica sobre a obra de arte e o artista.

Agradecimentos: CEME-SUL - Universidade Federal do Rio Grande; Laboratório Aberto - Universidade Federal de Pelotas

REFERÊNCIAS:

- ¹ ROSENKRANZ, Ze'ev. Os diários de viagem de Albert Einstein: América do Sul, 1925. Rio de Janeiro: Record, 2024
- ² M. F. Andre, A. Quinhone, M. F. Marinho, and L. C. A. de O. Benedini, "Química e arte: uma simbiose de matar", *Conjecturas*, vol. 21, n° 6, p. 910–926, 2021, DOI: 10.53660/conj-405-203. Acessado em 11/24/2025
- ³ Rusu et al., Analysis and structural characterization of pigments and materials used in Nicolae Grigorescu heritage paintings. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.06.009>. Acessado em 24/11/2025



Metodologia Integrada de Isótopos Estáveis e Radiocarbono no Combate ao Tráfico de Marfim

Karolayne Silva^{a,b*}, Gabriela Nardoto^a, Kita Macario^{b,c}, Fabiana Oliveira^{b,d}, Sérgio Túlio Reis^e

^aInstituto de Geociências – Campus Planaltina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Brasília (UnB), Planaltina, Brasil. 73345-010;

^bInstituto de Física, Laboratório de Radiocarbono (LAC-UFF), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil. 24210-346; ^cInstituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil. 24020-141; ^dInstituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil. 24020-141; ^eInstituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal do Brasil, Brasília, Brasil. 70610-200.

*e-mail: santos.karolayne@aluno.unb.br/karolaynesantos97@gmail.com

FORMA DE APRESENTAÇÃO: PÔSTER

Introdução: O comércio ilegal de marfim movimenta cerca de 20 bilhões de dólares anualmente, exigindo metodologias forenses robustas. Diante do declínio populacional crítico de elefantes (450 mil africanos; 50 mil asiáticos), torna-se urgente o desenvolvimento de abordagens analíticas capazes de validar a legalidade do marfim comercializado.

Objetivos: Este estudo propõe uma abordagem integrada combinando isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$) e datação por radiocarbono (^{14}C) para: (1) determinar a origem geográfica de artefatos modificados de presa; (2) estabelecer a idade do material, inferindo se a comercialização ocorreu antes ou depois da implementação da legislação da CITES; (3) padronizar protocolos forenses auxiliando organizações internacionais na preservação das espécies.

Metodologia: Será empregada uma dupla análise: isotópica (rastreamento de habitat/dieta para definir origem geográfica) e datação por radiocarbono (determinação da idade do marfim). A integração permitirá correlacionar dados isotópicos com cronologia ^{14}C , distinguindo marfim pré-convenção (legal) de pós-1975 (ilegal), com foco especial em países asiáticos onde brechas legais são exploradas (Figura 1).

Resultados e Discussões: Resultados preliminares de estudos anteriores indicam que a integração das técnicas reduz em 95% as incertezas na determinação da legalidade do marfim. Espera-se que a metodologia permita detectar fraudes nas regulamentações da CITES, correlacionar habitat/dieta com cronologia e fornecer um modelo replicável para outros casos de tráfico de espécies ameaçadas.



Figura 1. Distribuição geográfica de possíveis apreensões de marfim e aplicação potencial da análise isotópica para rastreamento de origem.

Os círculos vermelhos destacam as regiões de maior frequência de apreensões, e os gráficos de pizza indicam a composição isotópica esperada. A imagem acima foi gerada com auxílio de inteligência artificial, considerando os locais de apreensão reportados em estudos prévios sobre o comércio ilegal de marfim.

Conclusão: A abordagem integrada (isótopos estáveis + ^{14}C) demonstra potencial para superar limitações analíticas individuais, oferecendo maior precisão forense no combate ao comércio ilegal de marfim. O protocolo padronizado poderá ser aplicado a outras espécies ameaçadas, contribuindo significativamente para a conservação da biodiversidade.

Agradecimentos: Agradecemos à Polícia Federal do Distrito Federal pela disponibilização das peças de marfim utilizadas no presente estudo.



ÍNDICE DE AUTORES

A

Adriano, Luiz Felipe Cantarino – 118
Almeida, Mariana Ramos – 65, 96
Almeida, Mariana Ramos de – 55, 99
Alves, Cintia F. – 62
Amaral, Dineusa Maria do – 23, 28
Amaral, Vitor Paixão – 43
Amorim Neto, Hélio Milito Martins de – 67
Amouroux, David – 110
Andrade, Marcus Vinicius de O. – 43, 113
Andrade, Marcus Vinicius de Oliveira – 126
Andrade, Marcus V. O. – 81
Ângelos, Matheus Alves – 37
Antunes, Lívia Mara dos Reis – 58
Antunes, Maria de Lourdes Macena – 33, 38
Aquino, Fernanda Costa de – 63, 102
Aquino, Gilberto Lucio Benedito de – 64, 77, 123
Araujo, Celso Luciano de – 93, 94, 107
Araújo, Celso Luciano de – 73, 112
Araujo, Isadora Pimenta de – 29
Araujo, Natália Regina de Souza – 31
Araujo, William Reis de – 76
Assis, Alexandro Mangueira Lima de – 54, 120
Assis, Calebe Soares – 77
Assis, Débora Cristina Sampaio de – 127
Augusti, Rodinei – 119
Azevedo, Larissa Silva de – 108

B

Balzuweit, Karla – 43, 126
Barbedi, Eduardo Borgato – 107
Barbieri, Cristina – 110
Barbosa, Cristiane Viana – 23, 28
Barbosa, Isadora Almeida – 72, 90
Barbosa, Paulo E. N. A. – 62
Barbosa, Pedro Lucas Fonseca – 12, 13
Barreto, Leonardo D'Almeida Couto – 34
Battisti, Chaiani – 130
Bernardes, Laura Graciliana – 16
Bernardo, Júlia Gurgel – 31
Bessa, Fernanda Bittencourt – 66
Betti, Rayssa Oliveira – 87
Bianchi, Rodrigo Fernando – 36, 53, 60, 61, 70, 71, 84, 88, 91
Bittencourt, Ana Beatriz Januário – 76
Bittencourt, Juliana N. S. – 130
Borba, Fábio – 17
Brito, Thiago Araújo de Medeiros – 100
Bruni, Aline Thaís – 32
Byrro, Ricardo M. D. – 62

C

Caldeira, Gabriela Santos – 110
Caldeira, Maiara Silveira – 59
Caligiorne, Sordaini Maria – 45
Camargo, Luan Pereira – 98
Camargo, Marcelle do Nascimento – 14
Campo, Leandra Franciscato – 97, 109
Cantarino, Luiz Felipe – 80, 118
Capucho, Helinara Lais Vieira – 17
Caputo, Pedro M. C. – 81
Cardeal, Zenilda de Lourdes – 86, 114
Carmo, Damia Carina Dias do – 43
Carmo, Dâmia Carina Dias do – 126
Carmo, Shirlene Kelly Santos – 33, 38
Carneiro, Luan Alves Lopes – 37
Carvalho, Camilla Fonseca Silva – 52, 74
Carvalho, Luciana Silami – 129
Castro, Stela M. M. – 62
Cestarolli, Dane Tadeu – 36, 53, 60, 61, 70, 71, 84, 88, 91
César, Luisa Mesquita Pereira – 60
Chalom, Marc Yves – 95
Clabaugh, Matthew – 95
Coelho, Gabriel Pardini – 86, 114
Coelho, Nathalie Queirolo Kaladinsky Citeli – 18
Coelho, Nathan de Souza – 86
Coelho Neto, José – 43, 89, 119, 126
Conceição, Nathália dos Santos – 92

Corrêa, Letícia Pasquenelli Senna Gonçalves – 36, 84
Costa, Fábio José Viana – 19
Costa, Fernando B. – 35
Costa, Fernando Cesar da – 55
Costa, Letícia Malta – 55
Costa, Letícia Malta – 114
Costa, Lucas Gustavo da – 73

Costa, Luiz Antonio Sodré – 118
Costa, Luiz Antônio Sodré – 80
Coutinho, Arlene Lima Moraes – 55
Coutinho, Arlene L. M. – 62
Crippa, José Alexandre de Souza – 79
Cunha, Amanda Cristina de Jesus – 122

D

Dantas, Darlei G. – 116
De Martinis, Bruno Spinosa – 49, 79, 87
Dias, Gustavo Soares – 83
Dias, Rafael Mafra de Paula – 36, 53, 60, 61, 70, 71, 84, 88, 91

Dietz, Ana Cláudia – 82
Diniz, Anna M. R. – 81
Diniz, Melina Luiza Vieira – 99, 117
Dutra, Kelly Juliana – 43

E

Espourteille, François – 95
Evangelista, Eliakim Chistel Leonel – 61, 71

Evangelista, Pedro Costa – 110

F

Faraco, Renata F. P. – 62
Faria, Juliene Moraes de – 75
Faria, Marcos Vinícius – 107
Farias, Hayse Biarari de – 100
Fátima, Ângelo de – 72, 111, 115, 121, 129
Feitosa, Leonardo Oliveira – 34
Felsner, Maria Lurdes – 122
Fernandes, Khyllmara Luhanny – 100
Ferrari Júnior, Ettore – 73, 93, 94, 101, 112
Ferreira, Ana Clara – 85
Ferreira, Gabriel Barros – 21
Ferreira, Hairton Costa – 114
Ferreira, Leonardo Alvarenga – 21
Ferreira, Lucas Franco – 112
Ferreira, Nicole Lopes – 45, 104
Ferrer, Mateus M. – 130

Figueiredo, Julie Massi Magalhães – 92
Figueiredo, Renato Leite de – 34
Figueroa, Laura Patricia Rocha – 115, 121
Firmo, Paulo E. T. – 116
Follador Neto, Arlindo – 125
Fonseca, Beatriz C. – 62
Fonseca, Nicolle Pessim O. da – 129
Fonseca, Victor da Rocha – 92
Foster, Vania Cristina – 128
Fraga, Ricardo Evangelista – 19
Fraiz, João Luiz R. – 21
Franck, Maria Cristina – 82
Franco, Júlia Teixeira de Melo – 125
Freire, Rubens Elisei – 21
Freitas, Jorge Marcelo de – 63, 77, 102, 126
Freitas, Marina Caneschi de – 48

G

Galli, Andressa – 105
Garnier, Jeremie – 110
Gauer, Bruna – 82
Godoy, José Marcus de Oliveira – 12, 13, 68, 69
Gomes, Júlia Célia Lima – 48
Gomes, Mirelly A. – 116
Gomes, Nayna Cândida – 49, 58, 79, 85, 87

Gomes, Victória Santos – 97
Gonçalves, Ariadne Gabriela Loreto Peres – 59
Gonçalves, José Ailton – 127
Gonçalves, Patrícia Maria – 91
Gonçalves, Rodrigo Araújo – 13
Granjeira, Fernanda Oliveira – 83
Guerra, Elidia Maria – 36, 53, 60, 61, 70, 71, 84, 88, 91

H

Henn, Alessandra Schneider – 90
Hillman, A. Robert – 54

Honorato, Fernanda A. – 116
Honorato, Ricardo Saldanha – 116

I

Inoque, Nélio Inacio Gravata – 46

J

Júnior, José Luis da S. – 21

K

Kleindiens, Alina – 110

Knupp, Vagner Fernandes – 36, 53, 60, 61, 70, 71, 84, 88, 91

L

Lacerda, Ciro de Assis – 34

Lacerda, Daniela – 43

Lana, Mary Ane Gonçalves – 127

Lara, Bárbara F. C. – 62

Leão, Enzo Mendes – 31

Leite, Maria Luiza Torres Gaia – 120

Leonel Júnior, Márcio Alexandre – 51

Lima, Alice Moreira – 96

Lima, Ana Paula de – 46

Lima, João Loureiro – 129

Lima, Vanderlei Aparecido de – 105

Locha, Luiza Cardoso da – 21

Lopes, Maria Teresa Gomes – 16, 17

Lopes, Nayra Gualberto – 18

Lordeiro, Rogério A. – 62

Lordeiro, Rogério Araujo – 89

Lordeiro, Rogério Araújo – 51, 67, 103

Louvat, Pascale – 110

Lucca, Bruno Gabriel – 112

M

Macario, Kita – 131

Macedo, Fernando P. – 62

Machado, Esther Jardim – 51, 103

Machado, Gustavo Gregory Barbosa – 94

Machado, Maria Fernanda Cavalcante – 53, 60, 70, 88

Machado, Yuri – 62, 67, 119

Madureira, Fernando Diniz – 57

Magalhães, Elisângela Jaqueline – 51, 103

Malaquias, Maria E. R. – 78

Maldaner, Adriano Otávio – 123

Marciano, Andreza Araia – 85

Marinho, Brenda Maria Vieira – 54

Marinho, Pablo A. – 62

Marques, Lippy Faria – 14

Marques, Ricardo Lívio – 17

Marques, Ricardo Lívio Santos – 16

Massone, Carlos German – 68, 69

Matos, Davi Aguilar de – 113

Meireles, Anita Monteiro – 64, 123

Melo, Edmar Isaías de – 112

Melo, Isabella F. – 105

Menezes, Helvécio Costa – 86, 114

Mitraud, Ingrid Carolina Sporch – 43

Monedeiro, Fernanda Ferreira da Silva Souza – 58, 87

Montes, Caroline Da Ros – 43

Moraes, Luísa L. – 62

Moraes, Luísa Linhares – 50

Morais, Allanda Victoria Santos – 94

Morsoletto, Milena Pellin – 42

Moskowitz, Marlene – 95

Mosoletto, Milena Pellin – 82

Mota, Fernanda Nerys – 45, 104

Moura, Fabiana de – 119

Moura, Jamille dos Santos – 34

Muñoz, Rodrigo A. A. – 46, 106

N

Nardoto, Gabriela – 131

Nardoto, Gabriela Bielefeld – 18, 19

Nascentes, Clésia Cristina – 31, 50, 52, 55, 62, 72, 74, 86, 99, 113, 114, 117, 129

Nascimento, Guida Hellen Mota do – 76

Navarro, Marcelo – 54

Neiva, Marina Rezende – 40

Neto, José C. – 62

Nogueira, Fred A. R. – 78

Noremberg, Bruno da S. – 130

Novais, Augusto dos Santos – 93, 112

Nunes, Cleiton Antônio – 103

O

Oliveira, Ana Clara Santos – 107
Oliveira, Elisa M. N. de – 109
Oliveira, Fabiana – 131
Oliveira, Guilherme Lessa dos Santos – 14
Oliveira, José Haroldo de – 17
Oliveira, Juliana Alves dos Santos – 31
Oliveira, Karine M. – 62
Oliveira, Laís Farias Azevedo de Magalhães – 54
Oliveira, Luiz Otávio F. de – 21

Oliveira, Marcelo Firmino de – 75, 108
Oliveira, Nayara Gomes Nunes – 85
Oliveira, Rivelino Misac Martins de – 34
Oliveira, Tarcísio Nunes de – 120
Oliveira, Thiago da Costa – 106
Oliveira, Túlio Ítalo da Silva – 34
Orlando, Ricardo Mathias – 48, 67
Ozaki, Melissa S. – 62

P

Padoin, Bruna da Cunha – 59
Parabocz, Gisele Chibinski – 37
Patricio, Lahra Villaméa Cotta – 104
Paula, Washington Xavier de – 50, 55, 65, 119
Paula, Washington X. de – 62
Pedroso, Márcio Pozzobon – 51
Pereira, Alan Reinke – 92
Pereira, Amanda Soares – 21
Pereira, Beatriz Rodrigues – 100
Pereira, Claudete F. – 116

Pereira, Karen A. B. – 116
Pereira, Lucas Calado Alves – 128
Pereira, Lucas de S. L. – 130
Pericolo, Suellen – 37
Petruci, João Flávio da Silveira – 72
Picoloto, Rochele Sogari – 59
Pimentel, M. Fernanda – 116
Prado, Isabela Sousa – 19
Prates, Ana Flávia David – 65
Prezoto, Fabio – 40

Q

Queiroz, Anna Luiza Silveira – 73

Queiroz, Giovana Cristina Silva – 46

R

Ramos, Mariana de Oliveira – 87
Ramos, Santiago Linorio – 17
Ramos, Santiago Linorio Ferreyra – 16
Reis, Cassio F. – 109
Reis, Danielle da Silva Alves dos – 111
Reis, Paulo José dos – 105
Reis, Samuel Teixeira dos – 115, 121
Reis, Sérvio Túlio – 131
Resende, Sarah de Assis – 72
Ribeiro, Adriana S. – 78
Ribeiro, Adriana Santos – 54, 120
Ribeiro, Antonio Vinicius Inácio – 87
Richter, Eduardo M. – 106

Ricoy, Cláudia D. R. – 62
Rocha, Beatriz Henrique da – 12, 13, 69
Rocha, Cláudia Mancilha – 72
Rocha, Diego Gomes – 57, 90, 127
Rodrigues, Caio H. P. – 35
Rodrigues, Juscelita Alves – 34
Rodrigues, Lucas Soares – 69
Rodrigues, Lucas Sores – 68
Rodrigues, Maria de Fátima Fernandes – 109
Romão, Wanderson – 92
Rosado, Alessandra – 126
Ros, Caroline da – 66
Ross, Nicholas – 54

S

Salema, Cecília Siman – 126
Salema, Cecília Siman – 43
Salome, Kahlil Schwanka – 66
Santana, Gilcinea de Cássia – 129
Santos, André Luiz dos – 73
Santos, Ashley S. L. – 78
Santos, Camila Maria Machado – 57, 127
Santos, Fabricio Rodrigues dos – 43
Santos, Flávio Alves – 57
Santos, Gabriella Galliac – 45, 104

Santos, Nayara Araujo dos – 92
Santos, Ricardo Romão dos – 45, 104
Santos, Sócrates Golzio dos – 100
Santos, Sueli Alves dos – 63, 102
Savas, Ezgui Akin de Oliveira – 96
Schrekker, Henri Stephan – 97
Scotti, Maria da Graça Bressan – 97
Sebastião, Rita de Cássia de Oliveira – 31
Segatelli, Mariana Gava – 83, 98
Sena, Marcelo M. – 81

Sena, Marcelo Martins de – 67
 Silva, Adelino Pinheiro – 125, 128
 Silva, Ana Rita Oberrather – 97
 Silva, Antônio Cleiton Lopes da – 17
 Silva, Bruna Miguel Ferreira da – 64, 123
 Silva, Emanuel Messias Lima da – 19
 Silva, Erklaylle G. C. – 116
 Silva, Ester Lima – 32
 Silva Filho, Nilo B. da – 129
 Silva, Gustavo Henrique – 21
 Silva, Henrique Pedrozo – 21
 Silva, Janaína de Paula e – 31
 Silva, Jeferson Ayrton do Carmo – 33, 38
 Silva, Júlia Pereira de Oliveira – 14
 Silva, Júlio César Cardoso da – 101
 Silva, Karolayne – 131
 Silva, Larissa Sousa da – 16, 17
 Silva, Luciene P. M. da – 129
 Silva, Luiz Felipe Oliveira – 129
 Silva Neto, José Mariano da – 33, 38
 Silva, Rodrigo Amorim Bezerra da – 73, 93, 94, 107, 112
 Silva, Rosanny Christhinny da – 120

Silva, Samir Yan Oliveira – 52, 74
 Silva Segundo, Francisco Carlos Gurgel da – 33
 Silva, Wladimir Teodoro da – 31
 Simeí, João Luis Queiroz – 79
 Soares, Ana Laura Pinto Alves – 58
 Soares, Gabriel Romano – 93, 107
 Soares, Rayssa Layla Sandrini – 27
 Soares, Thayssa Seyli Sandrini – 27
 Soethe, João Gabriel S. – 105
 Sombra, Antônio Wladimir Bezerra – 34
 Sousa, Felipe Leon Nascimento de – 54
 Sousa, Regis Marcus de – 93
 Souza, Ana Beatriz de – 80
 Souza, Bruno Henrique da S. – 129
 Souza, Francisco Gerliano de Oliveira – 33
 Souza, Jéssica H. de – 78
 Souza, Jéssica Higino de – 54, 120
 Souza, João Victor N. – 21
 Souza, Luiz Antonio Cruz – 126
 Souza, Luiz Antônio Cruz – 43
 Souza, Michèle O. de – 109

T

Takahaschi, Ana Júlia Oliveira – 99, 117
 Takeuchi, Regina Massako – 73
 Tannure, Luísa A. – 35
 Tarley, César Ricardo Teixeira – 83, 98
 Tessier, Emmanuel – 110
 Testa, Roberta Cristina – 105

Thomé, Marcos Paulo – 56, 82
 Tomaz, Jennifer Souza – 16, 17
 Torres, Júlio Cesar Nogueira – 34
 Tortato, Vânia – 105
 Trindade, Ana F. G. – 35

V

Valdes, Andressa Rodrigues Pontes – 25
 Velho, Jesus Antônio – 32
 Venturas, Liat Pérola – 100

Vieira, Matheus Felipe – 21, 22
 Vieira, Tales Giuliano – 21, 22
 Vilas Boas, Matheus M. – 21

W

Wen, Alicia Chan Wei – 61, 71

Windmöller, Cláudia Carvalhinho – 110

X

Xavier, Fárlon Felipe Silva – 93, 112

Xavier, Washington de Paula – 52, 74

Z

Zago, Enrico M. P. – 81
 Zavarize, Tiago Moraes – 112



10° ENQFOR

ENCONTRO NACIONAL
DE QUÍMICA FORENSE

7° SBCF

ENCONTRO DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE CIÊNCIAS FORENSES

16 a 19 • agosto • 2026

Campus da UFMG - CAD 3 - Belo Horizonte/MG

Novos Horizontes para as Ciências Forenses

PATROCÍNIO PRATA:

Waters™

PATROCÍNIO BRONZE:

analítica

Metrohm
Brasil

PATROCÍNIO:



Agilent

Trusted Answers



mondragon



SCQ

SOLUÇÕES LABORATORIAIS



SHIMADZU

Excellence in Science

CMS

CIENTÍFICA DO BRASIL



APOIO INSTITUCIONAL:



ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DOS PERITOS CRIMINAIS FEDERAIS



UFV

Universidade Federal de Viçosa

INSTITUIÇÕES PARCEIRAS:



SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS



IN2PAST.BR



MRFOR



Rede Nacional
de Isótopos Forenses

AGÊNCIA DE TURISMO OFICIAL:

VIPMAR
TURISMO & RECEPTIVO