

## Artigo Original

## AVALIAÇÃO DE MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS, ESPECTROSCÓPICOS E SCOTT COMO MÉTODOS PREDITIVOS PARA ANÁLISE E DETECÇÃO DE COCAÍNA

## EVALUATION OF CHROMATOGRAPHIC, SPECTROSCOPIC AND SCOTT METHODS AS PREDICTIVE METHODS FOR COCAINE ANALYSIS AND DETECTION

Suzane Meirely da Silva Duarte<sup>1</sup>, Miqueias de Oliveira Martins<sup>2</sup>, Julio Evangelista de Lucena<sup>3</sup>, Dione Silva Corrêa<sup>4</sup>

## INFORMAÇÃO DO ARTIGO

*Histórico do artigo:*

Recebido em 29 Abril 24

Revisado em 11 Set. 24

Aceito em 25 Out. 24

**Palavras-chave:**

Cocaína; Adulterantes da cocaína; Cromatografia; Espectroscopia.

**Keywords:**

Cocaine; Cocaine adulterants; Chromatography; Spectroscopy.

## RESUMO

A cocaína é um estimulante do sistema nervoso central. Seus adulterantes são substâncias usadas estrategicamente com o objetivo de aumentar lucros, ampliando ou emulando seu efeito estimulante e analgésico. Com o objetivo de avaliar os métodos de Scott, Cromatografia em Camada Delgada (CCD), Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS), Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), Espectroscopia na região ultravioleta-visível (UV-Vis) e Ressonância magnética nuclear (RMN) como métodos preditivos para a análise e detecção de cocaína, foi feito um levantamento bibliográfico com 38 trabalhos relevantes da área a fim de comprovar a eficácia desses métodos. As técnicas supracitadas proporcionam nas análises forenses a eliminação de possibilidades de resultados falso positivos. Há desvantagens sob a técnica de Scott e CCD, por serem apenas colorimétricas. Constatou-se que as técnicas de CG-MS, RMN, FTIR e UV-Vis oferecem informações substanciais na etapa de investigação policial, ao obter-se o perfil químico das drogas apreendidas.

## ABSTRACT

Cocaine is a central nervous system stimulant. Its adulterants are substances used strategically to increase profits by enhancing or emulating its stimulant and analgesic effects. In order to evaluate the Scott methods, Thin Layer Chromatography (TLC), Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Ultraviolet-Visible Spectroscopy (UV-Vis) and Nuclear Magnetic Resonance (NMR) as predictive methods for the analysis and detection of cocaine, a bibliographic survey was conducted with 38 relevant studies in the area in order to prove the effectiveness of these methods. The aforementioned techniques eliminate the possibility of false positive results in forensic analyses. There are disadvantages to the Scott and TLC techniques, as they are only colorimetric. It was found that CG-MS, NMR, FTIR and UV-Vis techniques offer substantial information at the police investigation stage, when obtaining the chemical profile of the seized drugs.

<sup>1</sup> Docente da Faculdade Estácio de Belém, Farmacêutica, Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal do Maranhão. E-mail: suzanemerely25@gmail.com

<sup>2</sup> Diretor Executivo do Laboratório de Análises Clínicas Citoclínica, Farmacêutico, Especialista em Citologia Clínica pela Universidade Pontifícia Católica de Goiás. E-mail: miqueiasmartins90@hotmail.com

<sup>3</sup> Perito Criminal do Laboratório Toxicológico do Instituto de Criminalística do Maranhão (ICRIM), Imperatriz, MA, Brasil, Licenciatura em Química, Mestre em Química pela Universidade Federal do Maranhão. E-mail: julionpa@hotmail.com

<sup>4</sup> Docente da Universidade Luterana do Brasil, Química Industrial, Doutora em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: dione.silvacorrea@gmail.com

## Introdução

O Relatório Mundial sobre Drogas, publicado pelo Escritório contra Drogas e Crimes das Nações Unidas – UNODC em 2010, mostra que o Brasil e Argentina formam os maiores mercados de cocaína da América do Sul, com mais de 900 mil e 600 mil usuários, respectivamente (OLIVEIRA & WAGNER, 2015), já para o ano de 2019 o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) aponta o Brasil como o maior mercado de cocaína da América do Sul com quase 1,5 milhões de consumidores da droga e ‘crack’ (UNODC, 2019), o que faz refletir que drogas ilícitas como cocaína, opioides e derivados, maconha e seus derivados sintéticos e derivados anfetamínicos, compreendem o maior grupo de substâncias ilícitas consumidas mundialmente, com diferentes taxas de consumo de acordo com o país e seu continente, logo a cocaína (e suas diversas formas de apresentação) é a droga mais consumida na América Latina (ALCÂNTARA, 2016).

No Brasil, pesquisas revelam aumento do consumo de cocaína, chegando a 2% dos estudantes de ensino fundamental e médio, atingindo também a classe trabalhadora, especialmente nas grandes cidades em grupos de homens entre 25 e 34 anos (ANDRADE FILHO et al., 2017).

A cocaína atua como um anestésico local, bloqueando os canais de sódio e potássio dos neurônios, impedindo a passagem do sinal elétrico (CABRAL et al., 2014); o uso contínuo e prolongado desta droga gera consequências severas no organismo, levando a complicações no Sistema Nervoso Central e falência múltipla dos órgãos ocasionando a morte do indivíduo (OGA, 2014).

O conhecido pó cristalino da cocaína é obtido pelo tratamento da pasta de coca purificada com ácido clorídrico ou ácido sulfúrico, no caso do sulfato de cocaína, porém sob esta forma, não deve ser fumada, pois não se volatiliza, mas decompõe com o aumento da temperatura. Já o cloridrato de cocaína se dá a partir da dissolução do pó da cocaína em água, adição de agente alcalinizante (hidróxido de sódio ou bicarbonato de sódio) e aquecimento (OGA, 2014).

A cocaína, tanto na forma de sal (éster) como na básica, é frequentemente adulterada com várias substâncias, formando-se assim a "droga de rua". Entre os adulterantes mais comuns estão os anestésicos locais (benzocaína, procaína, tetracaína, bupivacaína, etidocaína, lidocaína, mepivacaína, dibucaína, prilocaína) estimulantes (caféina, teofilina, ergotamina, estricnina, efedrina, fenilpropanolamina, metilfenidato e anfetamina) e piracetam; quanto aos diluentes, citam-se a glicose, lactose, sacarose, manitol, amido, talco carbonatos, sulfatos e ácido bórico (BRUNT et al., 2016), sendo assim um potente agente simpatomimético com efeitos estimulantes do Sistema Nervoso Central (SNC) (OGA, 2014; TAKITANE et al., 2018), que afeta diversos sistemas fisiológicos, como aumento na neurotransmissão monoaminérgica, e com ativação do Sistema Nervoso Simpático (SNS), através da noradrenalina e do aumento da liberação de adrenalina pelas suprarrenais (RESENDE, 2019).

O teste de Scott é um teste colorimétrico e qualitativo, amplamente utilizado para identificar o cloridrato de cocaína, tanto em campo quanto em laboratório como pré-teste. Este exame é realizado utilizando uma solução de tiocianato de cobalto em meio ácido, que na presença de cocaína produz um complexo de cobalto II de coloração azul (CONCEIÇÃO et al.,



2014).

A cromatografia em camada delgada (CCD) é amplamente utilizada no âmbito forense para identificação de amostras suspeitas de cocaína, por se tratar de um método de separação eficaz e rápido, porém qualitativo e colorimétrico (CAMARGOS, 2018). O deslocamento cromatográfico em CCD é normalmente expresso na forma de fator de retardamento, que representa a razão entre a distância migrada pela amostra comparada com a distância percorrida pela fase móvel (DORTA et al., 2018).

A técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS) representa uma ferramenta analítica extremamente eficaz, amplamente aplicada em diferentes áreas, incluindo a análise forense. Esta metodologia combina dois métodos analíticos distintos: a cromatografia gasosa (CG) e a espectrometria de massas (MS). A CG realiza a separação dos componentes de uma mistura, enquanto a MS fornece informações detalhadas sobre a massa molecular e a estrutura dos compostos. Essa combinação possibilita a identificação precisa e quantificação de substâncias químicas em amostras complexas, sendo especialmente útil na detecção de drogas, explosivos, toxinas e outros compostos relevantes em investigações forenses (SILVA, 2016).

A técnica de FTIR (Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier) é um método analítico não destrutivo, que se baseia na absorção de radiação infravermelha por moléculas. Quando expostas a essa radiação, as ligações químicas dentro das moléculas vibram em frequências específicas. A técnica pode ser usada para examinar e identificar substâncias orgânicas e inorgânicas em pequenas quantidades, oferecendo informações detalhadas sobre a estrutura molecular de materiais encontrados em cenas de crime (PASSOS, 20219).

A Espectrofotometria Ultravioleta-Visível (UV-Vis) é uma técnica analítica baseada na absorção de radiação nas regiões do ultravioleta e do visível do espectro eletromagnético. Esse método é utilizado para estudar as propriedades ópticas de substâncias, fornecendo informações sobre sua composição e concentração. A UV-Vis é amplamente utilizada em laboratórios forenses devido à sua simplicidade, rapidez e versatilidade, sendo capaz de analisar diferentes tipos de amostras, como líquidos e sólidos dissolvidos. Aplicações comuns incluem a análise de drogas, corantes, venenos e outros materiais relevantes em investigações criminais (OLIVEIRA, 2009).

A RMN (Ressonância Magnética Nuclear) é uma técnica poderosa de análise espectroscópica usada para estudar a estrutura de moléculas orgânicas e inorgânicas. Na análise forense, a RMN desempenha um papel fundamental na identificação de substâncias químicas, ajudando na resolução de crimes que envolvem uma vasta gama de materiais, desde drogas até amostras biológicas (BENEDITO, 2019).

O presente trabalho teve como objetivo discutir e avaliar os testes de Scott, CCD, CG-MS, FTIR, UV-Vis e RMN como métodos preditivos para análise e detecção de cocaína, que é um pó hidrossolúvel, que conforme mostra a literatura contém em sua composição uma variabilidade considerável de adulterantes, que mediante análises qualitativas como é o caso do teste de Scott e a cromatografia em camada delgada podem apresentar resultados falso-positivos ou inconclusivos para detecção de cocaína, ao passo que a CG-MS e a RMN se mostraram métodos confiáveis para quantificação de cocaína e adulterantes, e as técnicas de FT-IR e UV-Vis foram considerados testes de importantes para identificação do perfil químico da droga e



adulterantes em estudos anteriores.

## DESENVOLVIMENTO

### PRINCIPAIS MÉTODOS UTILIZADOS NA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA COCAÍNA

#### *Análise por via úmida - Teste Scott*

O teste de Scott é amplamente utilizado para identificar o cloridrato de cocaína, tanto em campo quanto em laboratório como pré-teste. Este exame é realizado utilizando uma solução de tiocianato de cobalto em meio ácido, que na presença de cocaína produz um complexo de cobalto II de coloração azul (CONCEIÇÃO et al., 2014).

Trata-se de um teste bastante difundido e prático utilizado como teste rápido pela polícia para a detecção de cocaína, é recomendado pela Organização das Nações Unidas (ONU), foi desenvolvido em 1973 e pode ser aplicado na cocaína pura, crack e formulações alteradas que contenham cocaína presente, abaixo seguem as instruções para realização do método.

Consiste em três fases, a primeira emprega materiais como tubos de ensaio, a amostra utilizada para identificação e o tiocianato. A amostra a ser testada é colocada em um tubo de ensaio e então são adicionadas 5 gotas de solução de tiocianato com 2% de água destilada diluída em proporção 1:1 de glicerina P.A. (Glicerol), logo após esse procedimento, caso tenha cocaína presente formará uma coloração azul-turquesa, formando um precipitado azul no fundo do tubo de ensaio.

A fase dois consiste na adição de 1 ou 2 gotas de ácido clorídrico (HCl) no tubo de ensaio contendo a amostra que foi feita na primeira fase e homogeneização até que o efeito da coloração azul desapareça. Como consequência na fase três ocorre a interpretação dos resultados, sendo a coloração rosa, cocaína eventualmente existente na forma de base e coloração azul, cocaína eventualmente existente na forma de sal (CONCEIÇÃO et al., 2014).

#### *Cromatografia em Camada Delgada (CCD)*

A cromatografia é uma técnica física para separação de substâncias, fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura devido a interações individuais com as fases estacionária e móvel. A fase estacionária é fixa, sendo um material poroso, sólido ou líquido. A fase móvel é gasosa, líquida ou um fluido supercrítico, e move-se sobre a fase estacionária, levando consigo os componentes da mistura (CAMARGOS, 2018).

Na cromatografia em camada delgada (CCD), a fase estacionária é uma fina camada composta por um sólido granulado, que pode ser sílica, alumina ou poliamida, colocada sobre uma placa de vidro, alumínio ou um suporte inerte. Posteriormente em um ponto próximo a extremidade inferior da placa se aplica gotículas da solução das amostras que serão analisadas (CAMARGOS, 2018). O deslocamento cromatográfico em CCD é normalmente expresso na forma de fator de retardamento, que representa a razão entre a distância migrada pela amostra comparada com a distância percorrida pela fase móvel (DORTA et al., 2018).

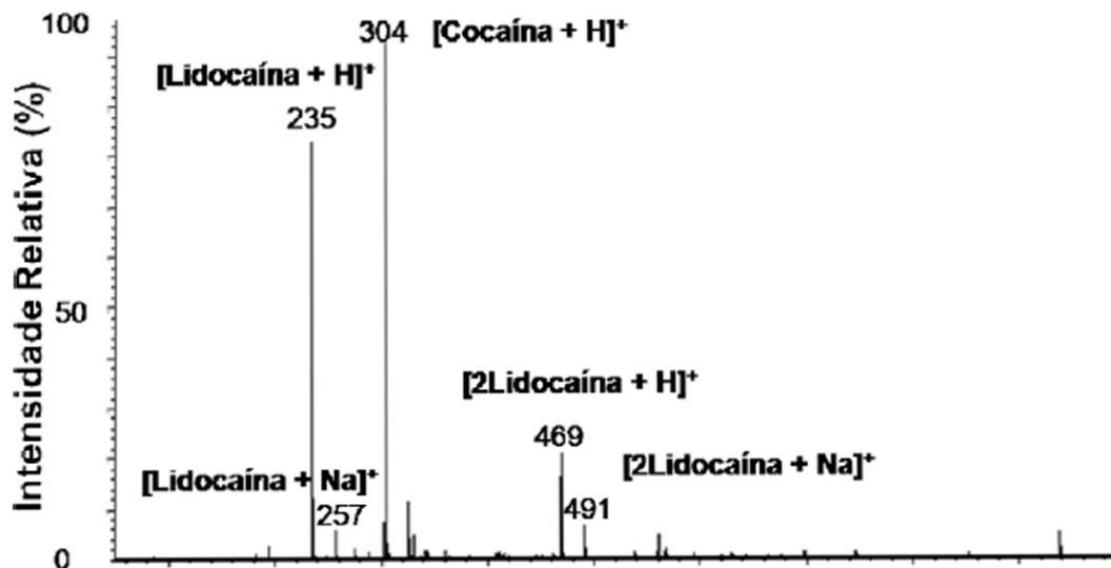


### *Cromatografia a gás acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS)*

Essa técnica possui alta eficiência para identificação e quantificação de drogas ilícitas, devido a sua sensibilidade e seletividade comparada a outras técnicas. O espectro de massas consiste na determinação atingida por meio da fragmentação de compostos em diferentes íons característicos. Como trata-se de um espectro de massas, essa análise instrumental consegue observar diversas substâncias, que podem se encontrar em diferentes estados físicos, tornando-se uma excelente técnica para caracterizar adulterantes na cocaína, bem como na própria identificação da cocaína (CAMARGOS, 2018).

A CG-MS consiste na separação de substâncias presentes na amostra, por exemplo, uma amostragem contendo cocaína adulterada, com esta técnica é possível identificar todas as substâncias presentes, não apenas a cocaína, mais outros possíveis componentes que possam estar associados, como é o caso dos adulterantes facilitando a compreensão da polícia em relação a amostra. Essa identificação é realizada por meio de espectros ao fragmentar a substância em diversos íons que vão se caracterizando de acordo com sua estrutura (MADRY; KRAEMER; BAUMGARTNER, 2019), conforme mostra a figura 1 em que a cocaína foi detectada no pico 304 e a lidocaína (anestésico) nos picos 235, 469 e 491:

FIGURA 1: Espectro de massas da cocaína e adulterantes



Fonte: Adaptado de ROMÃO et al., 2011.

Devido a sua alta eficiência, a CG-MS realiza uma análise minuciosa, como uma impressão digital da substância. Para identificar um composto ou substância são observados picos de massas que caracterizam essas substâncias que precisam ser encontradas, diferente da

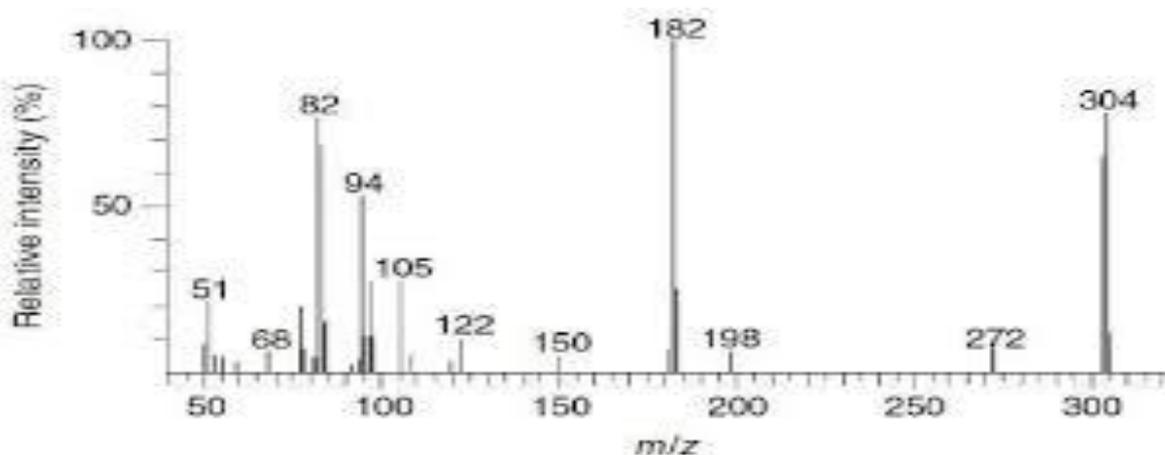


CCD, a cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas consegue observar tais compostos de forma inequívoca e incontestável, pois consegue identificar compostos em pequenas quantidades, já a CCD não possui uma precisão quando as substâncias estão diluídas a certas concentrações mínimas (FIORENTIN et al., 2019).

A cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (CG-MS) pode ser realizada após a triagem das análises por teste de Scott, teste de Meyer e a cromatografia em camada delgada (CDD) para conclusão da presença de cloridrato de cocaína e seus derivados, é importante salientar sua função dentro das análises criminológicas para a identificação e caracterização de cocaína em material apreendido, porém, os materiais e o equipamento capaz de identificar tais substâncias possuem um valor elevado, o que, às vezes, não é viável para institutos de criminologia no Brasil (SHIMOMURA; JACKSON; PAUL, 2019).

A caracterização dos picos da cocaína em uma CG-MS são: 82, 182, 105, 304, nesse sentido os outros picos encontrados na análise instrumental são outras substâncias que estão presentes na amostra, como mostra a figura 2.

FIGURA 2: Espectro de massas da Cocaína



Fonte: Adaptado de SUDO., 2020.

Para realizar uma análise de cocaína por cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas é necessária a solubilização da amostra, normalmente usa-se como solventes o metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ou diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) que são injetados no CG-MS. Muitos Institutos e Centros de Estudos utilizam as normas da Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) com a utilização de uma coluna DB5-MS com medidas de 30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ , podendo utilizar também colunas similares (SUDO, 2020).

Uma metodologia que pode ser empregada consiste em deixar temperatura do injetor equilibrada e constante a 280 °C; a temperatura da linha de transferência também precisa estar constante na temperatura de 280 °C; a fonte de íons precisa estar equilibrada a 230 °C; o quadrupolo precisa estar a 150 °C; a coluna inicialmente precisa manter uma temperatura de 200 °C durante um período de 30 segundos, e mantendo essa temperatura crescente de forma linear a 40 °C por minuto até chegar em 230 °C e após esse período manter a temperatura



crecente de forma linear a 30 °C até 290 °C mantendo essa temperatura por 1 minuto e 30 segundos (ZAKI et al., 2020).

Nesse sentido, o tempo de corrida da substância será de 4,75 minutos com um fluxo de hélio a 1,0 mL/min. A razão de divisão da amostra precisa ser igual a 1:20, processo denominado split; a purga do septo precisa estar igual a 4 mL/min com aquisição em modo escaneamento sequencial de 42 a 450, processo denominado de *full scan*, assim dando início ao processo de solvente delay (inquisição inicial) a 1,6 min, e por fim realizar a injeção da solução da amostra de cocaína, realizando uma injeção de 1 µL (PHILIPSEN et al., 2020).

### ***Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR)***

Assim como ocorrem em outros tipos de absorção de energia, as moléculas, quando absorvem radiação no infravermelho, são excitadas para atingir um estado de maior energia. A absorção de radiação no infravermelho é, como outros processos de absorção, um processo quantizado. Uma molécula absorve apenas frequências (energias) selecionadas de radiação do infravermelho, sendo esta técnica amplamente utilizada para análise de drogas como a cocaína e seus adulterantes (PAVIA et al., 2010), ocorrendo suas respectivas classificações através da formação de bandas de absorção referentes aos compostos químicos da amostra analisada (MARCELO, 2017).

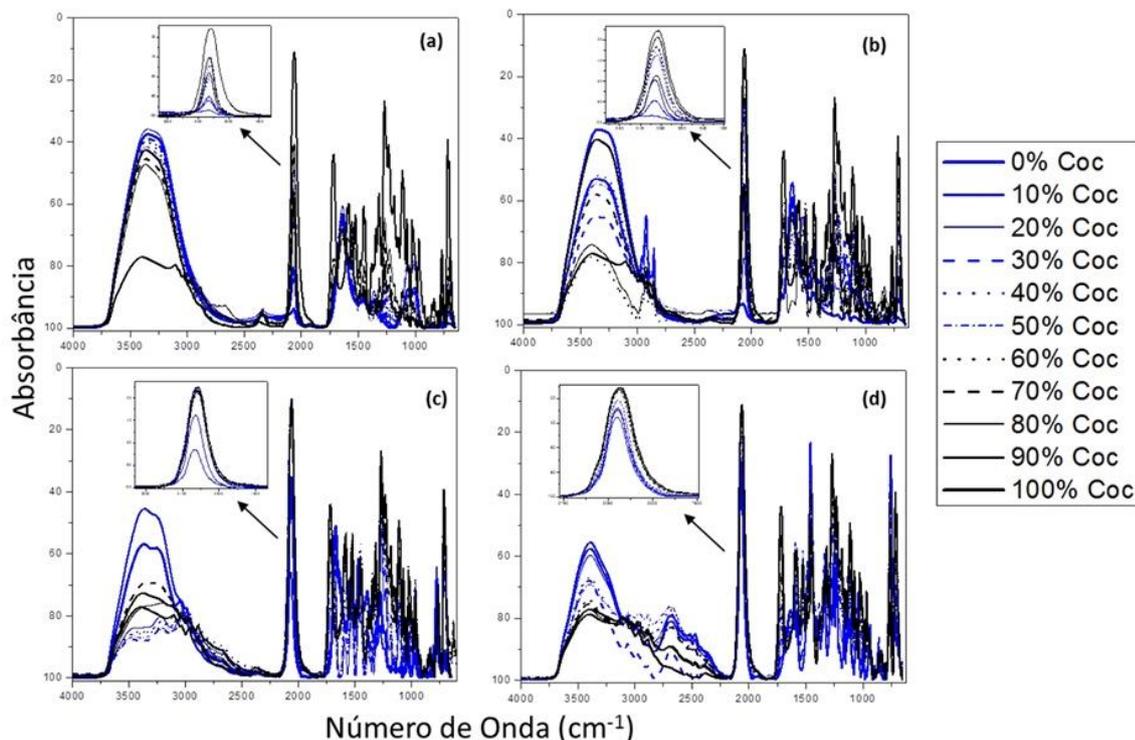
Técnicas de espectroscopia vibracional têm sido utilizadas para a discriminação e quantificação de cocaína e adulterantes em amostras de drogas empregando espectroscopia no infravermelho, pois essa análise rápida garante uma eficaz caracterização de cocaína que também é confirmada no CG-MS. Por outro lado, a espectroscopia de infravermelho (FT-IR) tem sido empregada também para a detecção de heroína em materiais incriminados usando aspirador para amostragem e dessorção direta de analitos de um filtro/membrana de teflon (ELIAERTS et al., 2020).

A determinação de cocaína, adulterantes e diluentes por espectroscopia no infravermelho juntamente com a análise quimiométrica (MCR-ALS) provou ser promissora. A técnica desenvolvida tem grande utilidade na investigação policial, pois fornece informações sobre composição das drogas apreendidas, bem como estima rapidamente concentrações com preparação da amostra e não requer grandes aparelhos instrumentais. Além disso, é possível obter a classificação das formas químicas da cocaína (base livre ou cloridrato), cabendo destacar que o FTIR também classifica os subgrupos da cocaína como a benzocaína e lidocaína (CUI-MEI & SHUN-GENG, 2019).

A espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR) é uma ferramenta rápida, técnica não destrutiva que permite a identificação e quantificação de vários compostos químicos. A instrumentação usada atualmente em espectroscopia de absorção no infravermelho utiliza interferômetros para discriminar cada componente registrado no espectro, por isso emprega-se a expressão espectroscopia, no caso da cocaína, essa técnica é capaz de caracterizar substâncias adulterantes na mesma amostra, apresentando os resultados em seus espectros (CONCEIÇÃO et al, 2014; SOUSA et al., 2020), conforme mostra a figura 3 extraída do trabalho de Conceição et al (2014):



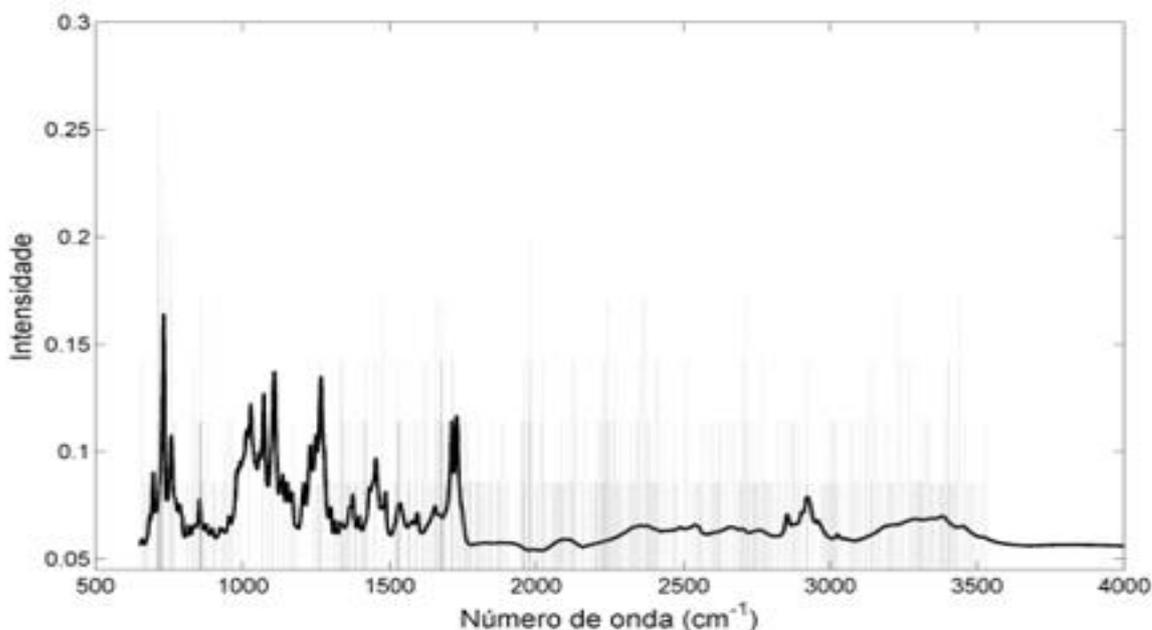
FIGURA 3: Espectro no FT-IR da cocaína e adulterantes



A figura 6 mostra os espectros de FT-IR para as amostras de (a) cocaína; (b) cocaína/leite em pó; (c) cocaína/lidocaína; (d) cocaína/prometazina na presença da solução de tiocianato de cobalto. Fonte: Adaptado de SUDO, 2020.

Na prática forense, a espectroscopia de absorção no infravermelho é frequentemente usada para identificar a cocaína com base em suas características vibracionais devido a sua estrutura molecular. Por exemplo, o cloridrato de cocaína tem fortes sinais de ca. 1713 (caracterização de alongamento C = O) e 1203 cm<sup>-1</sup> (dobra da estrutura COC). Na espectroscopia de infravermelho as bandas de 1728 e 1712 cm<sup>-1</sup> (alongamento C = O dos grupos carbonila), 1265, 1230 e 1105 cm<sup>-1</sup> (acetato de CO originários do anel aromático CH) em que vibrações de alongamento foram atribuídas à cocaína) (ADEGOKE; MCKENZIE; DAEID, 2019). A figura 4 mostra os sinais apresentáveis da cocaína em espectroscopia de infravermelho.

FIGURA 4: Espectro no FT-IR da cocaína



Fonte: Adaptado de ELIAERTS et al., 2020.

Os espectros de FT-IR normalmente produzem conjuntos de dados compostos por um amplo número de números de onda ruidosas e correlatos que tendem a minimizar o desempenho de vários modelos de regressão. Assim, melhorar previsibilidade de tais modelos, selecionando o FT-IR é uma questão relevante para determinar adequadamente as características químicas das amostras de cocaína e seus adulterantes. Esse tipo de equipamento ainda possui um valor alto para o custo dos institutos de criminologia, por isso a maioria das Instituições policiais de criminologia forense não possuem esse equipamento (SANT'ANA et al., 2019).

A grande vantagem da espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier trata-se da distinção das duas formas de cocaína, o que não é possível em equipamentos como o CG-MS, CLAE e CLAE-MS, outro ponto positivo é que todas as análises são realizadas de forma rápida e envolve um mínimo preparo da amostra e não há destruição da amostra como supracitado (ORTIZ et al., 2019).

Nesse caso, as amostras após devido preparo podem ser colocadas no equipamento, como no caso da pedra de crack ou da própria cocaína, porém é válido ressaltar que as amostras pulverizadas e posteriormente pastilhadas são mais adequadas para serem identificadas e caracterizadas com menos tempo e maior precisão. A quantidade de amostra varia de acordo com a substância, a cocaína pode ser analisada ao se pesar entre 20 a 25 mg da amostra (WANG et al., 2019).

A espectroscopia na região do infravermelho tem sido uma das técnicas mais usadas na identificação forense de materiais. Visto ser uma técnica de fácil utilização e da disponibilidade de grandes bibliotecas digitais de pesquisas de espectros, bem como tratar-se de uma técnica não destrutiva.



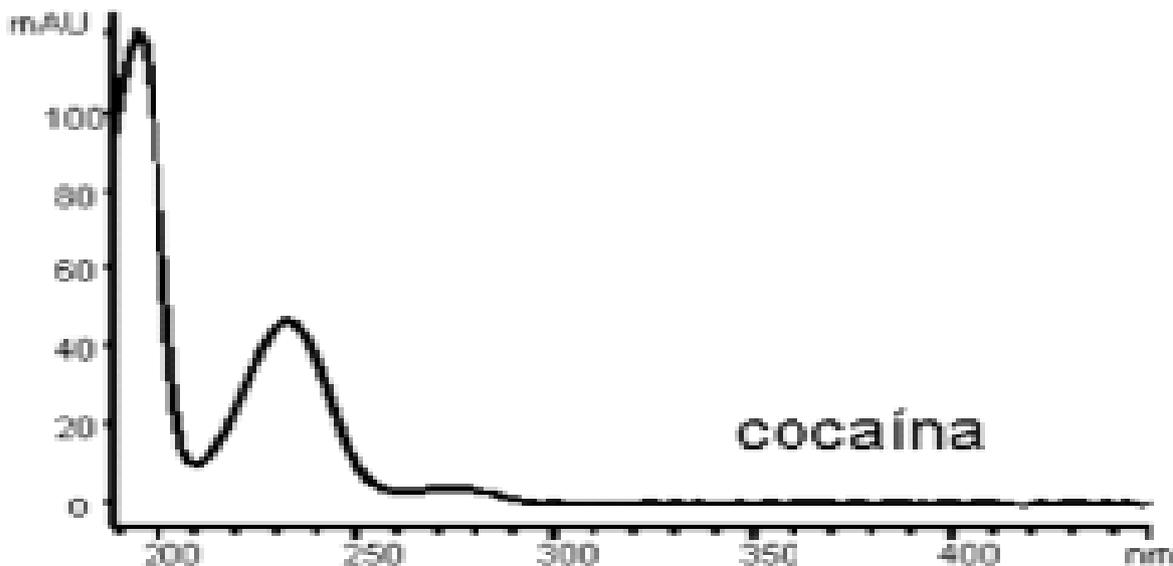
### *Ultravioleta e visível (UV-Vis)*

As ferramentas espectroscópicas, especialmente UV-Vis e/ou espectroscopia de fluorescência, têm sido amplamente utilizadas em estudos relacionados a caracterização de drogas alucinógenas, principalmente devido à sua facilidade de uso, respostas rápidas, baixo custo e alta sensibilidade. Tais vantagens representam os métodos muito benéficos para lidar com um grande número de amostras de cocaína, maconha, opioides, metanfetamina e outros, o que é uma situação comum em estudos de campo (SKOUPÁ et al., 2019).

A espectrofotometria ultravioleta e visível é um método de caráter analítico que determina compostos orgânicos e inorgânicos de uma amostra utilizando faixas no ultravioleta de 200 a 400 nm e no visível de 400 a 800 nm, obtendo-se dados de absorção em diferentes comprimentos de onda. A concentração da solução analisada é acompanhada da quantidade de luz absorvida pela substância na solução (ZAKI et al., 2020).

Tem-se como princípio a absorção da radiação eletromagnética nas áreas que são visíveis e ultravioleta do espectro, medindo por tanto o valor em quantidade da luz absorvida pela amostra e compará-la a mesma concentração da amostra alvo de análise do ensaio (RIGUETO, 2017), ou seja, em condições apropriadas a absorbância é diretamente proporcional à concentração da espécie absorvente, de acordo com a relação denominada Lei de Lambert-Beer, que está relacionada a absorção de luz com as propriedades do material atravessado por esta (ADEGOKE et al., 2020). A figura a seguir mostra um espectro de uma amostra pura de cocaína (Fig. 5).

FIGURA 5: Caracterização no UV-Vis de amostra de cocaína



Fonte: Adaptado de ZAKI et al., 2020.



Por mais que haja uma segurança e qualidade na detecção e caracterização de drogas, principalmente da cocaína, o método de espectrofotometria UV visível não é tão eficiente ao ler todas as substâncias encontradas na amostra, pois muitas substâncias possuem estrutura e íons semelhantes entre si, dessa maneira, alguns analitos podem interferir no resultado da análise UV-Vis, assim como acontece na cromatografia em camada delgada. Para a solução de tal problemática, o equipamento de espectrofotometria de absorção molecular no UV-Vis é acoplado com a técnica de separação denominada HPLC-DAD - Cromatografia Líquida de Alta Performance Acoplada a Detector DAD como forma de assegurar a identificação correta da amostra analisada (DORTA et al., 2018).

Atualmente muito se discute a respeito da técnica em detecção e identificação de cocaína e seus adulterantes, tornando esta técnica um ótimo potencial para ser implantada (HERNANDEZ e JENTOFT, 2019).

### ***Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN)***

A ressonância magnética nuclear fornece informações sobre a estrutura química de substâncias, bem como, sobre a constituição qualitativa e quantitativa de amostras sem a necessidade de padrões de análise ou pré-tratamento de amostras. Esta técnica é bastante eficiente para a caracterização de amostras ilícitas de cocaína, sendo uma excelente ferramenta na detecção e diferenciação de cocaína e seus adulterantes (ARAÚJO FILHO et al., 2006). Esta técnica pode prover informações detalhadas sobre a estrutura, dinâmica, estado de reação e ambiente químico das moléculas (MACEDO JUNIOR et al., 2007).

Nesse contexto, a ressonância magnética nuclear (RMN) apresenta vantagens na identificação da cocaína como elucidação estrutural em nível molecular, análises não destrutivas e rápidas, que não requerem acoplamento com técnicas hífenizadas como cromatografia líquida (LC) ou cromatografia gasosa (CG); além disso, a RMN pode detectar substâncias não voláteis. Esse método de análises é capaz de distinguir misturas isoméricas de drogas de abuso, através do acoplamento spin-spin (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, 2019).

Entre as abordagens com as alternativas de RMN que fornecem uma alta resolução necessária para a análise de mistura, a RMN de H maximum quantum (MaxQ NMR) mostrou um potencial muito bom para identificar em casos favoráveis até dezenas de moléculas com sinais fortemente sobrepostos, podendo caracterizar compostos semelhantes entre si, o que não é possível na Espectrofotometria UV visível (ALTURA et al., 2019).

À medida que o valor selecionado de prótons é aumentado, cada vez mais fragmentos moleculares são filtrados para longe do espectro de RMN, no que é conhecido como filtro de quantum múltiplo. Uma propriedade adicional do experimento completo, bidimensional e de múltiplos quadrantes (o quantum máximo, MaxQ), fornecem layouts muito simples de analisar (FUKUSHIMA et al., 2019).

A decisão de usar RMN para a análise das substâncias dependerá de fatores relacionados a sua separação cromatográfica e a capacidade de RMN para elucidar a estrutura, hífenizada ou não. As principais considerações técnicas de LC-RMN são sensibilidade de



RMN, RMN e solventes cromatograficamente compatíveis, supressão de solvente, projeto da sonda de fluxo RMN e volume do pico cromatográfico versus o volume da RMN célula de fluxo ou sensibilidade LC-RMN (KAREL et al., 2020).

A ressonância magnética nuclear para a identificação de cocaína e seus compostos requer o uso de solventes deuterados. Convencionalmente, a amostra é analisada como uma solução usando um tubo de RMN de 5 ou 3 mm, dependendo na sonda de RMN, que requer ca. 5000 ou 1500  $\mu\text{L}$ , respectivamente de solventes deuterados. O aumento dos requisitos de solvente para LC-RMN torna essa técnica muito cara. Por exemplo, o óxido de deutério ( $\text{D}_2\text{O}$ ) é o solvente mais prontamente disponível e com preços razoáveis (acima de 900 reais), o custo do solvente acetonitrila deuterada ( $\text{CD}_3\text{CN}$ ) dependendo da porcentagem de  $\text{D}_2\text{O}$  incluído, está acima de 3.000 mil reais aproximadamente 6 mL (ÖZGÜR et al., 2020).

Por meio da RMN é possível descrever corretamente a estrutura das moléculas a qual se está trabalhando, além de ser utilizada para elucidação de estruturas orgânicas e inorgânicas, se tornando cada vez mais importante em áreas da química analítica para a realização de medidas quantitativas, entretanto é uma técnica ainda pouco difundida devido ao seu alto custo, o que se torna muito dispendioso para aquisição e manutenção do equipamento de RMN (SERRANO, 2019)

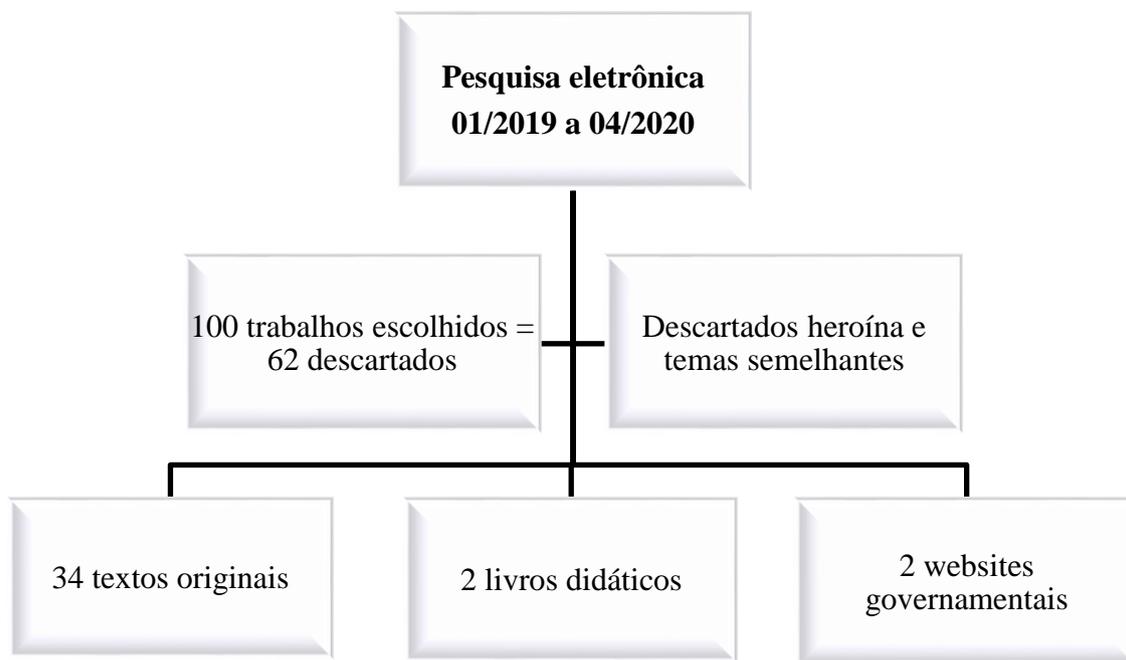
## MATERIAIS E MÉTODOS

### Revisão sistemática

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura sobre os métodos de Scott, CCD, CG-MS, RMN, FTIR e UV-Vis, para detecção e análise de cocaína em amostras apreendidas pela polícia brasileira e internacional, usando métodos sistemáticos e explícitos para selecionar e avaliar pesquisas relevantes ao tema. Realizou-se busca em bases eletrônicas de publicações científicas, sendo identificadas as seguintes: Scopus; Public/Publisher Medline (PubMed); Scientific Electronic Library Online (SciELO), Web of Science; Elsevier e Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline), usando como critério de escolha os trabalhos que apresentaram a utilização dos métodos de Scott, CCD, CG-MS, RMN, FTIR e UV-Vis para análise e detecção de cocaína. Artigos de revisão não foram incluídos. Para o período de busca utilizou-se os últimos oito anos de produção, de 2006 a 2019. Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica na qual foram obtidos 100 trabalhos entre artigos, dissertações e teses, dos quais 34 trabalhos foram selecionados por apresentarem um texto integral e por serem os mais relacionados com o tema desta revisão bibliográfica. Foi ainda recolhida informação em 2 livros didáticos e 2 websites governamentais, usando o motor de busca Google conforme demonstra a figura 6. Esta pesquisa foi contínua ao longo do desenvolvimento deste trabalho, tendo-se realizado desde janeiro de 2019 a abril de 2020.



FIGURA 6: Fluxograma de desenvolvimento da revisão sistemática



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Três estudos demonstraram que embora o teste de Scott tenha levado a resultados satisfatórios para a confirmação da presença de cocaína nas amostras analisadas, destacou que o acréscimo do reagente sobre amostras de cocaína contendo levamisol (fármaco anti-helmíntico) como adulterante/diluinte, indica uma coloração azul na primeira etapa do teste, mascarando o resultado para a cocaína, entretanto nos testes de CCD o mesmo confirmou a presença de cocaína para os testes de Scott, o que faz da CCD um teste de escolha para confirmação de resultados por se mostrar confiável para análise e detecção de cocaína. (CAMARGOS, 2018; KNUTH et al., 2018; ALMEIDA, 2019).

Fukushima (2010) e Fukushima et al (2019), apresentam em seu trabalho a metodologia de Scott e descreve que este método é frequentemente utilizado como teste de rotina para a realização de laudo que constate a presença da cocaína, mais a escolha do método adequado vai depender do tipo de informação que se deseja obter, já que o teste de Scott é um método qualitativo colorimétrico, o qual não possibilita quantificar ou mesmo identificar com clareza a presença de possíveis adulterantes, e coloca a CCD como uma opção de escolha para confirmação dos resultados pelo teste de Scott.

Paliola et al (2006), Passagli (2018) e Madry et al (2019) em sua pesquisa destaca que apesar de testes como a CCD serem amplamente aceitos pela rapidez na detecção e baixo custo, é uma técnica inespecífica e não permite a distinção entre cocaína e seus metabólitos, destacando a necessidade de otimizar e validar metodologia analítica confirmatória para análise



de cocaína e seus metabólitos, viabilizando a determinação qualitativa, semi-quantitativa, ainda que sua busca seja realizada em amostras biológicas.

Quatro trabalhos discutem sobre a vulnerabilidade do teste de Scott, que é amplamente utilizado para identificar o cloridrato de cocaína em campo e em laboratório como triagem, foi criado por Scott em 1973 e modificado por Fasanello e Higgins para que pudesse ser aplicado para o *crack*, frente aos adulterantes e aditivos que podem trazer resultados falso-positivos ou mascarar a presença da droga durante a análise (TSUMURA et al, 2005; CHOODUM et al, 2011; UNODC, 2012; DA SILVA et al, 2019), logo no trabalho de Conceição et al (2014) os adulterantes testados foram: fermento, leite em pó, lidocaína e prometazina e todos apresentaram coloração lilás para este teste e quando foi adicionado o solvente orgânico acetato de etila as amostras apresentaram coloração azul, podendo ser confundidas com teste positivo para a presença de cocaína.

Marcelo et al (2016) mostraram que os adulterantes em concentrações diferentes podem revelar resultados falso-positivos em quantidades acima de 20 mg, como nas amostras de levamisol, cafeína, benzocaína, procaína e fenacetina. Para a lidocaína e diltiazem, os resultados foram positivos para todas as concentrações, em que a cor azul era visualmente idêntica entre os compostos testados, entretanto o diltiazem mostrou uma cor azul com tendência visual para a cor verde, podendo confundir a interpretação dos resultados para a presença de cocaína.

Tendo em vista as discussões apresentadas baseadas em revisão de literatura selecionadas para a construção deste trabalho, é possível notar que Scott e CCD são testes válidos e necessários na rotina diária para identificação de cocaína pela polícia, entretanto são necessários investimentos para maiores pesquisas e aprimoramento dessas técnicas no que diz respeito a especificidade, desta forma a confiabilidade dos presentes testes trará resultados mais fidedignos ao passo que diminuiria significativamente erros de interpretação nos resultados (SABINO et al, 2011; VÁZQUEZ et al, 2017; KNUTH et al, 2018).

No trabalho de Neves (2013), a aminopirina e a lidocaína foram os adulterantes encontrados nas amostras analisadas sob a técnica de CG-MS, de forma que os seus objetivos que eram implementar métodos qualitativos de identificação e determinar os diluentes e adulterantes presentes em amostras por reações químicas qualitativas e determinar o grau de pureza da cocaína presentes em amostras por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas foram alcançados.

Romao (2019) em sua pesquisa analisou simultaneamente, cocaína e seus adulterantes, de forma a quantificá-los. Notou-se que a cocaína e todos os seus adulterantes (lidocaína, cafeína, fenacetina, benzocaína e levamisol) foram revelados na concentração de 20 mg/mL em espectrometria de massas, provando a face quantitativa da CG-MS como alternativa para qualificar e quantificar a cocaína e seus adulterantes. A metodologia analítica empregada foi CG/EM, a qual é considerada padrão-ouro para análises toxicológicas, permitindo eficiente separação e detecção das substâncias com alta sensibilidade e especificidade (PALIOSA, 2006; MAGALHAES et al, 2012; GROSSENBACHER et al, 2019; KARIMOUNE et al, 2020).

Conforme descrito nos trabalhos de CUI-MEI & SHUN-GENG (2019), a determinação de cocaína, adulterantes e diluentes por espectroscopia no infravermelho juntamente com a análise quimiométrica (MCR-ALS) provou ser promissora, pois a técnica desenvolvida tem grande utilidade na investigação policial ao ser capaz de fornecer informações sobre



composição das drogas apreendidas, bem como estima rapidamente concentrações com preparação da amostra e não requer grandes aparelhos instrumentais, além disso, é possível obter a classificação das formas químicas da cocaína (base livre ou cloridrato), cabendo destacar que o FT-IR também classifica os subgrupos da cocaína como a benzocaína e lidocaína.

Entretanto equipamento para FTIR ainda possui um valor alto para o custo dos institutos de criminologia, por isso a maioria das Instituições policiais de criminologia forense não possuem esse equipamento (HESPANHOL et al, 2019; SANT'ANA et al., 2019; JEON et al, 2020).

A grande vantagem da espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier trata-se da distinção das duas formas de cocaína, o que não é possível em equipamentos como o CG-MS, CLAE e CLAE-MS, outro ponto positivo é que todas as análises são realizadas de forma rápida e envolve um mínimo preparo da amostra e não há destruição da mesma (LEHMANN et al, 2019; ORTIZ et al., 2019; SOUSA et al, 2020).

Dorta et al. (2018) descreve em seu trabalho que por mais que haja uma segurança e qualidade na detecção e caracterização de drogas e neste caso a cocaína, o método de espectrofotometria UV visível não é tão eficiente ao ler todas as substâncias encontradas na amostra, pois muitas substâncias possuem estrutura e íons semelhantes entre si, dessa maneira, alguns analitos podem interferir no resultado da análise UV-Vis.

Já a ressonância magnética nuclear para a identificação de cocaína e seus compostos requer o uso de solventes deuterados, tornando essa técnica muito cara tanto pelo próprio equipamento quanto pelas substâncias que devem ser adquiridas para usá-lo, embora tenha capacidade não apenas de identificar mais também de quantificar a cocaína e seus adulterantes (ZHAO et al, 2018; CUCINELLI NETO, 2019; DE SOUZA et al, 2019; FILGUEIRAS et al, 2019; ÖZGÜR et al., 2020).

Diante das evidências apresentadas nesse estudo, percebe-se que a atuação do profissional das análises forenses é crucial (RIBEIRO & DA SILVA, 2019; LEADEBAL JUNIOR, 2019), e que atualização de testes apenas colorimétricos como testes confirmatórios para a presença de cocaína como é o caso do teste de Scott pode colaborar para testes errôneos, pois concentrações elevadas da cocaína, excesso de tiocianato de cobalto, adjuvantes e diluentes adicionados podem alterar significativamente a colorimetria do teste de Scott (DA SILVA et al, 2019). Faz-se necessário estudos mais aprimorados a cerca de técnicas específicas e que sofram pouca interferência de possíveis adulterantes que possam acompanhar a composição da cocaína apreendida, assim tanto o trabalho da polícia se tornará mais específico e seguro, quanto o traçar das rotas de tráfico poderão ser mais ágeis e eficazes. Abaixo observa-se tabela 1 e a tabela 2 mostram os principais adulterantes encontrados na cocaína bem como sua estrutura química respectivamente:

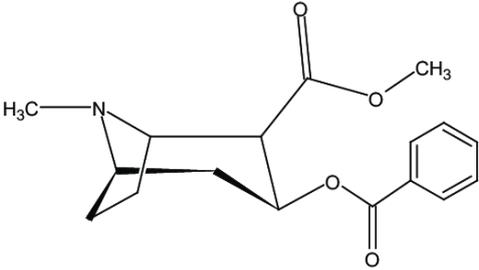


TABELA 1: Principais adulterantes encontrados na cocaína

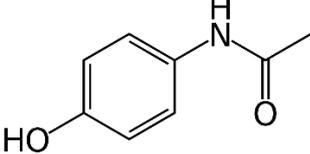
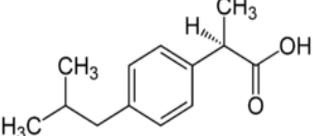
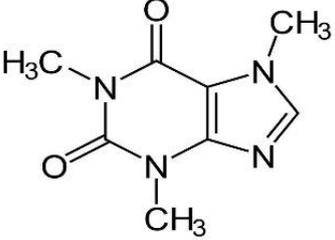
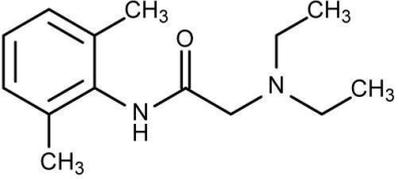
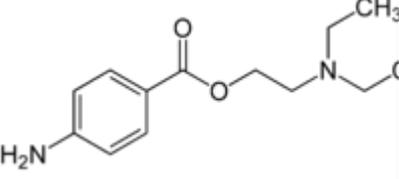
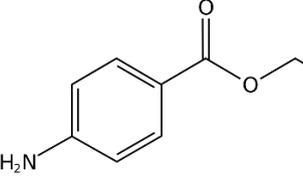
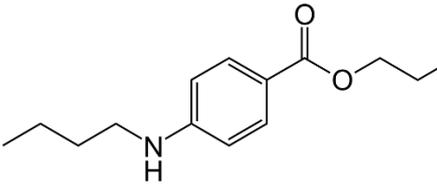
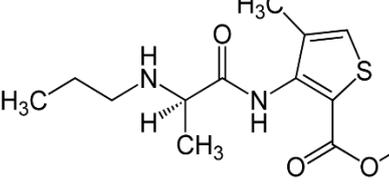
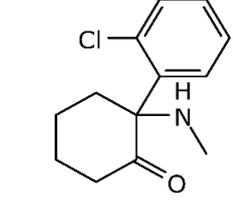
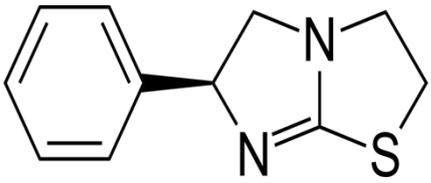
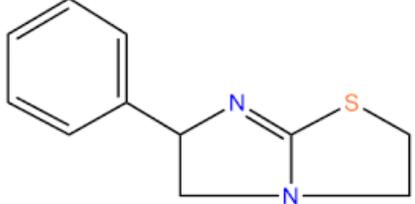
| ADULTERANTE      | CLASSIFICAÇÃO                            |
|------------------|--|
| Ibuprofeno       | Analgésico                               |
| Paracetamol      | Analgésico                               |
| Cafeína          | Estimulante                              |
| Lidocaína        | Anestésico                               |
| Procaína         | Anestésico                               |
| Benzocaína       | Anestésico                               |
| Tetracaína       | Anestésico                               |
| Articaína        | Anestésico                               |
| Cetamina         | Anestésico                               |
| Tetramisol       | Anti-helmíntico                          |
| Levamisol        | Anti-helmíntico                          |
| Hidroxizina      | Anti-histamínico                         |
| Diltiazem        | Bloqueador dos canais de Ca <sup>+</sup> |
| Ácido bórico     | Aditivo diluente                         |
| Cloreto de sódio | Aditivo diluente                         |
| Leite em pó      | Aditivo diluente                         |
| Fermento         | Aditivo diluente                         |
| Amido            | Aditivo diluente                         |

Fonte: Adaptado de ZAKI et al., 2020.

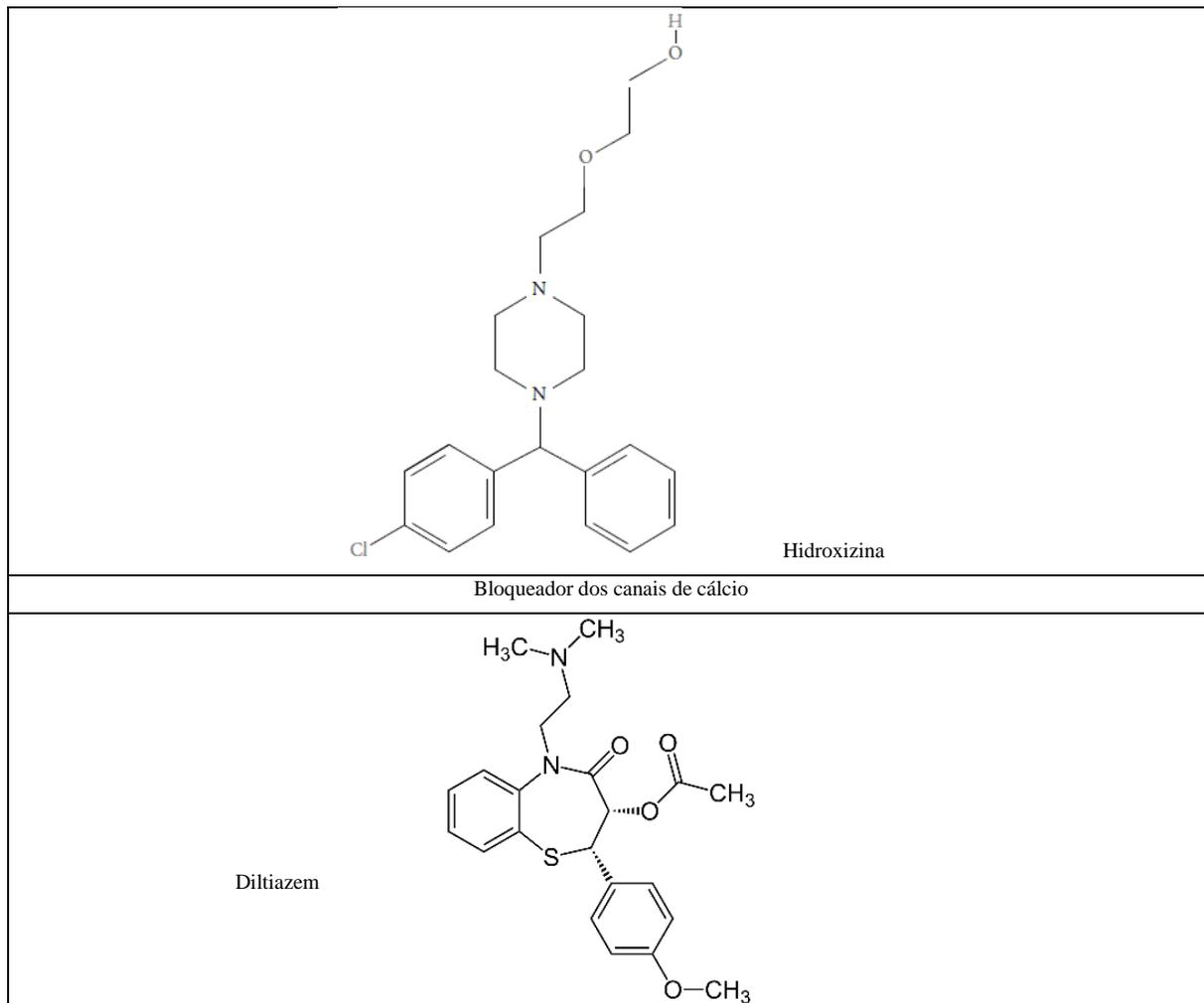
TABELA 2: Estrutura química da cocaína e principais adulterantes farmacológicos

| Estimulante SNC/ Analgésico/ Anestésico  |
|--|
|  <p>The image shows the chemical structure of cocaine, a tropane alkaloid. It features a tropane ring system with a methyl group on the nitrogen atom, a methyl ester group, and a benzoyloxy group.</p> |
| Cocaína  |
| Analgésicos  |



|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Paracetamol</p>                         | <p>Ibuprofeno</p>    |  |
| Estimulante do SNC  |  |  |
|  <p style="text-align: right;">Cafeína</p> |  |  |
| Anestésicos   |  |  |
| <p>Lidocaína</p>                          | <p>Procaína</p>     | <p>Benzocaína</p>  |
| <p>Tetracaína</p>                        | <p>Articaína</p>   | <p>Cetamina</p>   |
| Anti-helmínticos  |  |  |
| <p>Levamisol</p>                         | <p>Tetramisol</p>  |  |
| Anti-histamínico  |  |  |





Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2017.

Tanto o teste de Scott quanto a CCD são utilizados pela polícia para identificação e análise da cocaína em amostras de drogas de rua (ALCÂNTARA, 2016), não obstante podendo conduzir a resultados falso-positivos ou inconclusivos, quando há presença de substâncias adulterantes (TSUMURA et al, 2005; HADDOUB et al, 2011; TSUJIKAWA, 2017), o que chama atenção para necessidade de maiores investimentos a cerca da acurácia e especificidade dos métodos apresentados como forma de minimizar os possíveis erros que podem acontecer no momento da identificação da cocaína nas amostras apreendidas.

Dentre as técnicas instrumentais analisadas neste trabalho, chega-se à conclusão de que a CG-MS apresenta maiores vantagens em relação aos testes de RMN, pois embora ambas produzam a possibilidade de quantificação das amostras de cocaína e adulterantes, a RMN é considerada uma técnica de alto custo em comparação a CG-MS, e as duas apresentam vantagens sobre cromatografia em camada delgada, FTIR e UV-Vis pois estas não são capazes de quantificar a presença desses compostos. Todas as técnicas supracitadas proporcionam nas análises forenses em relação a eliminação de possibilidades de resultados falso positivos,



vantagens sob a técnica de Scott, visto que esta é apenas colorimétrica. Desta forma as técnicas de CG-MS, RMN, FTIR e UV-Vis oferecem informações substanciais na etapa de investigação policial, ao obter-se o perfil químico das drogas apreendidas. Abaixo nota-se na tabela 3 as características de cada método analisado neste trabalho:

TABELA 3: Características analíticas das metodologias utilizadas neste trabalho

| TÉCNICA        | CARACTERÍSTICAS                          |
|----------------|--|
| Teste de Scott | Qualitativo/ presuntivo                  |
| CCD            | Qualitativa/ inespecífica                |
| CG-MS          | Qualitativa e quantitativa               |
| FT-IR          | Qualitativa/ específica e não destrutiva |
| UV-Vis         | Qualitativa/ inespecífica                |
| RMN            | Quantitativa/ alto custo                 |

Fonte: Adaptado de ZAKI et al., 2020.

A utilização da CG-MS e FT-IR para a determinação de teor e caracterização química das amostras de droga, será de alta relevância no âmbito da criminalística no ICRIM do Maranhão na cidade de Imperatriz, posto que, os dados obtidos poderão ser úteis na determinação da origem da droga e possibilitarão identificar grupos responsáveis pelo tráfico de cocaína na região.

## CONCLUSÃO

As metodologias discutidas neste trabalho mostraram-se eficazes para análises e detecção de cocaína, entretanto notou-se que Scott é um teste colorimétrico de caráter qualitativo que pode apresentar resultados falso-positivos ou inconclusivos devido a possível presença de adulterantes na cocaína. Já a CCD é utilizada para confirmação da real presença de cocaína nas amostras analisadas pelo teste de Scott, porém esta não identifica a presença de adulterantes e também é colorimétrica e qualitativa.

Todavia as técnicas instrumentais analisadas neste trabalho, se mostraram decisivas para constatação da presença de cocaína nas amostras apreendidas pela polícia, pois a CG-MS e a RMN são técnicas que além de apresentar a presença da droga e seus adulterantes, ainda pode quantificá-los. A FTIR e UV-Vis apresentam o perfil químico da droga, característica importante para identificação de sua origem.

## REFERÊNCIAS

ADEGOKE. Oluwasesan; MCKENZIE. Craig; DAEID. Niamh Nic. **Multi-shaped cationic gold nanoparticle-L-cysteine-ZnSeS quantum dots hybrid nanoszyme as an intrinsic peroxidase mimic for the rapid colorimetric detection of cocaine**. Sensors and Actuators B:



Chemical, v. 287, p. 416-427, 2019.

ALCÂNTARA. Lucas Takeii Aoki. **Adulterantes encontrados em drogas ilícitas: uma abordagem forense.** Acta de Ciências e Saúde, v. 2, n. 1, p. 1-16, 2016.

ALMEIDA, Daniel José da Cunha. **Análise dos adulterantes encontrados em amostras de cocaína apreendidas no Rio Grande do Norte no período de janeiro a junho de 2019.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ALTURA. B. M. et al. **Optical Spectroscopy and Prevention of Deleterious Brain-damaging Cerebral Vascular Effects of Cocaine by Magnesium Ions: Effects on Brain Mitochondrial Oxidase, Deoxyhemoglobin, Ceramide and Sphingomyelin Levels and Their Potential Application to Human Substance Abuse.** Int J Cardiol Res, v. 6, n. 1, p. 137-143, 2019.

ANDRADE FILHO. Adebald de: CAMPOLINA. Délio: DIAS, Mariana Borges. **Toxicologia na prática clínica.** 2. ed. Belo Horizonte: Folium, 2013. 675 p.

ARAÚJO FILHO. Vanduir Soares de.. COELHO. Luana Cassandra Breitenbach Barroso. **Aplicação da espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) à toxicologia forense.** Pernambuco. 2006. 90p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco.

BRUNT, T.M. et al. Drug testing in Europe: monitoring results of the Trans European Drug Information (TEDI) project. Drug Testing And Analysis, [s.l.], v. 9, n. 2, p.188-198, 17 fev. 2016.

BENEDITO, Luiz Eduardo Celino. **Caracterização de amostras de cocaína por ressonância magnética nuclear de <sup>1</sup>H.** 2019.

CABRAL. Leandro et al. **A ação dos anestésicos locais em pacientes usuários de cocaína the action of local anesthetics in cocaine patients users.** Revista Gestão & Saúde, v. 11, p. 22-27, 2014.

CAMARGOS, A.C.F. **Química Forense: análises de substâncias apreendidas.** RJ. São João del-Rei, 2018. 25p. (Trabalho de Conclusão de Curso) Química Bacharelado – Universidade Federal de São João del-Rei.

CHOODUM. Aree: DAEID. Niamh Nic. Rapid and semi-quantitative presumptive tests for opiate drugs. **Talanta**, v. 86, p. 284-292, 2011.

CONCEIÇÃO, VITOR N., SOUZA, LINDAMARA M., MERLO, BIANCA B., FILGUEIRAS, PAULO R., POPPID, RONEI J., ROMÃO, WANDERSON. **Estudo do Teste de Scott via técnicas espectroscópicas: um método alternativo para diferenciar cloridrato de cocaína e seus adulterantes.** *Quim. Nova*, v. 37, No. 9, 1538-1544, 2014.

CUI-MEI, Liu; YU, Han; SHUN-GENG, Min. **Rapid Qualitative Analysis of Methamphetamine, Ketamine, Heroin, and Cocaine by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).** SPECTROSCOPY AND SPECTRAL ANALYSIS, v. 39, n. 7, p. 2136-2141, 2019.

CUCINELLI NETO, Roberto Pinto. **Aplicação da técnica de ressonância magnética nuclear**



**no domínio do tempo para determinação de Ferro (III) oriundo da degradação de pilhas alcalinas.** 2019.

DORTA, D. J., YONAMINE, MAURICIO., DA COSTA, J.L., MARTINIS, B. S. D. *Toxicologia Forense*. São Paulo: Blucher, 2018. 749p.

DA SILVA, Suzane Meriely et al. A confiabilidade do teste de scott frente a interferência dos adulterantes na detecção da cocaína/Scott test reliability with adult interference in cocaine detection. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 8, p. 12391-12397, 2019.

DE SOUZA, Marco Antonio et al. Detecção de Metanfetamina em Impressões Digitais. *Revista Brasileira de Ciências Policiais*, v. 9, n. 2, p. 141-162, 2019.

ELIAERTS. J. et al. **Evaluation of a calibration transfer between a bench top and portable Mid-InfraRed spectrometer for cocaine classification and quantification.** *Talanta*, v. 209, p. 120481, 2020.

FILGUEIRAS, P. R. et al. **Calibração multivariada associada à ressonância magnética nuclear na caracterização de petróleos.** 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

FIorentin, Taís Regina et al. **Determination of cutting agents in seized cocaine samples using GC-MS, GC-TMS and LC-MS/MS.** *Forensic science international*, v. 295, p. 199-206, 2019.

FUKUSHIMA. André Rinaldi. **Perfil da cocaína comercializada como crack na região metropolitana de São Paulo em período de vinte meses (2008-2009).** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FUKUSHIMA. André Rinaldi et al. **Crack cocaine, a systematic literature review.** *Forensic Res Criminol Int J*, v. 7, n. 5, p. 247-253, 2019.

GROSSENBACHER, Francis et al. About 5 cases with 3 Meo-PCP including 2 deaths and 3 non-fatal cases seen in France in 2018. *Toxicologie Analytique et Clinique*, 2019.

HADDOUB, Rose et al. Cobalt thiocyanate reagent revisited for cocaine identification on TLC. *New Journal of Chemistry*, v. 35, n. 7, p. 1351-1354, 2011.

HERNANDEZ, Eric; JENTOFT, Friederike C. **Formation and Reactivity of Unsaturated Carbocation Intermediates on HZSM-5 Observed by In Situ UV-vis and IR Spectroscopies.** In: 2019 North American Catalysis Society Meeting. NAM, 2019.

HESPANHOL, Maria C.; PASQUINI, Celio; MALDANER, Adriano O. Evaluation of a low-cost portable near-infrared spectrophotometer for in situ cocaine profiling. *Talanta*, v. 200, p. 553-561, 2019.

JEON, Mike et al. Cocaine Analogue Conjugated Magnetic Nanoparticles for Labeling and Imaging Dopaminergic Neurons. *Biomaterials Science*, 2020.

KAREL, Peter et al. **Ultrahigh-resolution MRI reveals structural brain differences in serotonin transporter knockout rats after sucrose and cocaine self-**



**administration.** *Addiction biology*, v. 25, n. 1, p. e12722, 2020.

KARIMOUNE, Fadjimata Salifou; RABANI, Adamou; HAMISSOU, Zangui. Retrospective survey on drugs seized in Niger from 2013 to 2016 and state of the art on drug analysis and detection techniques. **Technium Social Sciences Journal**, v. 5, p. 238-248, 2020.

KNUTH, Marianne et al. Analysis of cocaine adulterants in human brain in cases of drug-related death. **Forensic science international**, v. 285, p. 86-92, 2018.

LEADEBAL JUNIOR, Roosevelt Alves Fernandes. **Dimensionamento da área de perícia documentoscópica de uma Superintendência da Polícia Federal via teoria das filas.** 2019. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal de Pernambuco.**

LEHMANN, Eraldo Luiz et al. **Emprego de espectrometria de massas inorgânica e suas hifenações na análise de amostras de interesse forense.** 2019.

MACEDO JUNIOR, Fernando César de. **Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear de  $^{13}\text{C}$  no estudo de rotas biossintéticas de produtos naturais.** *Quím. Nova*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 116-124, Feb. 2007.

MADRY, Milena M.; KRAEMER, Thomas; BAUMGARTNER, Markus R. **Cocaine adulteration with the anthelmintic tetramisole (levamisole/dexamisole): Long-term monitoring of its intake by chiral LC-MS/MS analysis of cocaine-positive hair samples.** *Drug testing and analysis*, v. 11, n. 3, p. 472-478, 2019.

MAGALHAES, Elisangela Jaqueline et al. **Desenvolvimento de métodos para quantificação de drogas em matrizes de interesse forense.** 2012.

MARCELO, M. C. A. et al. Scott test evaluation by multivariate image analysis in cocaine samples. **Microchemical Journal**, v. 127, p. 87-93, 2016.

MARCELO, Marcelo Caetano Alexandre. **Metodologias para análise de cocaína empregando instrumentação analítica associada a quimiometria.** 2017.

NEVES, G. D. N. **Caracterização de amostras de cocaína apreendidas pela polícia civil do estado de Rondônia.** Porto Velho, 2013. 86p. (Dissertação) Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Universidade Federal de Rondônia.

OGA. Seizi: CAMARGO. Maria de Almeida: OLIVEIRA. José Antonio de. **Fundamentos de Toxicologia.** 4. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2014. 704 p.

OLIVEIRA, Marcelo Firmino de et al. **Análise do teor de cocaína em amostras apreendidas pela polícia utilizando-se a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência com detector UV-Vis.** *Eclética Química*, v. 34, p. 77-83, 2009.

OLIVEIRA. Luis Fernando Martins; WAGNER. Sandrine Comparsi. A cocaína e sua adulteração. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 6, n. 1, 2015.

OLIVEIRA, Pâmela Anália Costa de. **Medidas colorimétricas com smartphones para identificação de amostras de cocaína e quantificação de alguns adulterantes.** 2017.



ORTIZ, Rafael Scorsatto et al. **Frozen fish and (pseudo) cocaine? A case report.** Forensic Science International: Reports, v. 1, p. 100016, 2019.

ÖZGÜR, Erdoğan et al. **Molecularly Imprinted Polymer Integrated Plasmonic Nanosensor for Cocaine Detection.** Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition, n. just-accepted, p. 1-9, 2020.

PALIOSA, Patrícia Klitzke; SEBBEN, Viviane Cristina; LIMBERGER, Renata Pereira. **Cocaína e seus metabólitos: validação de método analítico por cromatografia em camada delgada e cromatografia gasosa/espectrometria de massas. Salão de Iniciação Científica (18.: 2006: Porto Alegre) Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2006., 2006.**

PASSAGLI, Marcos. **Toxicologia forense: Teoria e Prática.** 5. ed. Campinas, Sp: Millenium Editora, 2018. 552 p.

PAVIA, Donald L.. LAMPAM, Garv M.. KRIZ, George S.. VYVYAN, James R. **Introdução à Espectroscopia.** Tradução por Pedro Barros. São Paulo, Cengage Learning, 2010. 699p.

PASSOS, Nayanna Souza. **Aplicação da análise multivariada para classificação de misturas de cocaína, lidocaína e cafeína por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier por refletância total atenuada (ATR-FTIR).** 2019.

PHILIPSEN, Mai H. et al. **Mass Spectrometry Imaging of Cocaine. Drug Removal and Methyphenidate Alter Phospholipids in Drosophila Brain.** bioRxiv, 2020.

RESENDE, Isis Marin et al. **A relação entre a intoxicação por cocaína e o infarto agudo do miocárdio.** Cadernos da Medicina-UNIFESO, v. 2, n. 2, 2019.

RIBEIRO, Tatiana Pinho Alves; DA SILVA, Diogo Severino Ramos. **La importancia del estudio de la ciencia forense en la identificación de adolescentes infractores. Derecho y Cambio Social,** n. 55, p. 681-714, 2019.

RIGUETO, Yasmin Ribeiro. **Determinação de dureza em água fluvial na Bacia do Córrego Sujo–Teresópolis por espectrofotometria de absorção molecular no UV-VIS.** 2017.

ROMAO, W. et al. **Espectrometria de Massas Ambiente e Tandem na Quantificação de Drogas de Abuso.** 2019.

SABINO, Bruno D. et al. **Analysis of Cocaine and Crack Cocaine via Thin Layer Chromatography Coupled to Easy Ambient Sonic Spray Ionization Mass Spectrometry. American Journal of Analytical Chemistry,** v. 2, n. 6, p. 658, 2011.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Juan et al. **NMR spectroscopy for assessing cocaine-functional monomer interactions when preparing molecularly imprinted polymers.** Microchemical Journal, v. 147, p. 813-817, 2019.

SANT'ANA, Luiza D. et al. **Evaluation of cocaine samples seized in the streets of the state of Rio de Janeiro, Brazil.** Química Nova, v. 42, n. 4, p. 379-386, 2019.

SERRANO, Julia Neves Prates. **Caracterização e quantificação de novas substâncias psicoativas por ressonância magnética nuclear.** 2019.



SHIMOMURA, Eric T.; JACKSON, George F.; PAUL, Buddha Dev. **Cocaine, Crack Cocaine, and Ethanol: A Deadly Mix. In: Critical Issues in Alcohol and Drugs of Abuse Testing.** Academic Press, 2019. p. 215-224.

SKOUPÁ, Veronika et al. **Role of TiO<sub>2</sub> nanoparticles and UV irradiation in the enhancement of SERS spectra to improve levamisole and cocaine detection on au substrates.** *Langmuir*, v. 35, n. 13, p. 4540-4547, 2019.

SILVA, Dina Raquel da. **Desenvolvimento e validação de metodologia analítica para identificação e quantificação de alcaloides minoritários em amostras de cocaína por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC).** 2016.

SOUSA, Denise VM et al. Cellulose cone tip as a sorbent material for multiphase electrical field-assisted extraction of cocaine from saliva and determination by LC-MS/MS. *Talanta*, v. 208, p. 120353, 2020.

SUDO, João Tomizo Cardoso et al. **Determinação de cocaína e seus adulterantes empregando Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS).** Dissertação de Mestrado. 2020.

TAKITANE, Juliana et al. Determination of cocaine, metabolites and a crack cocaine biomarker in whole blood by liquid-liquid extraction and UHPLC-MS/MS. *Forensic science international*, v. 289, p. 165-174, 2018.

TEIXEIRA, Mirna Barros; ENGSTROM, Elvne Montenegro; RIBEIRO, José Mendes. Revisão sistemática da literatura sobre crack: análise do seu uso prejudicial nas dimensões individual e contextual. *Saúde em Debate*, v. 41, p. 311-330, 2017.

TSUMURA, Yukari; MITOME, Toshiaki; KIMOTO, Shigeru. False positives and false negatives with a cocaine-specific field test and modification of test protocol to reduce false decision. *Forensic science international*, v. 155, n. 2-3, p. 158-164, 2005.

TSUJIKAWA, Kenii et al. Development of a new field-test procedure for cocaine. *Forensic science international*, v. 270, p. 267-274, 2017.

UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME - UNODC. **UNODC discute cultivo e tráfico de drogas, no Brasil e nos países da região, em reunião promovida pela Embaixada da Espanha.** 2019. Acesso em: <http://www.unodc.org/lpo-brazil/pt/frontpage/2019/09/unodc-discute-cultivo-e-trfco-de-drogas-no-brasil-e-nos-pases-da-regio-em-reunio-promovida-pela-embaixada-da-espanha.html>

UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME - UNODC. **Recommended methods for the identification and analysis of cocaine in seized materials.** 2012.

VÁZQUEZ, Dolores et al. Polarographic determination of the stability constant of the ternary complex formed between cocaine and cobalt thiocyanate. *Toxicological & Environmental Chemistry*, v. 99, n. 1, p. 10-16, 2017.

WANG, Hongbiao et al. **Moderate-Intensity Aerobic Exercise Restores Appetite and Prefrontal Brain Activity to Images of Food Among Persons Dependent on Methamphetamine: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study.** *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 13, p. 400, 2019.



ZAKI, Nadia G. et al. **Heterolentic complexes of cocaine/TMEDA with some f block metals: Synthesis. DFT studies. spectral. thermal. cytotoxicity and antimetastatic properties.** *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 229, p. 117938, 2020.

ZHAO, Jianping et al. Detection and quantification of phenethylamines in sports dietary supplements by NMR approach. **Journal of pharmaceutical and biomedical analysis**, v. 151, p. 347-355, 2018.

