



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Rio de Janeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro  
*Campus Realengo*

DIMAS SIQUEIRA DE ASSIS

**TOXICOLOGIA FORENSE DA COCAÍNA: UMA  
REVISÃO DA LITERATURA**

Rio de Janeiro  
2024

DIMAS SIQUEIRA DE ASSIS

**TOXICOLOGIA FORENSE DA COCAÍNA: UMA REVISÃO DA  
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora, como requisito parcial das exigências para conclusão do curso de Bacharelado em Farmácia.

Orientador: Prof. Dr Murilo Marinho Carvalho Lima

Rio de Janeiro  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Elaborada pela Bibliotecária

CIP - Catalogação na Publicação

S563a Siqueira de Assis, Dimas

Análise Forense da cocaína: uma revisão da  
literatura / Dimas Siqueira de Assis - Rio de Janeiro, 2024.  
27 f.

Orientação: Murilo Marinho Carvalho Lima.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação), Bacharelado  
em Farmácia, Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Realengo, 2024.

1. Técnicas de análises da cocaína. 2. Análise Forense. 3.  
Perícia. 4. Toxicologia da cocaína. I. Lima, Murilo Marinho  
Carvalho, orient. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 615

Bibliotecária: Karina Barbosa dos Santos – CRB-7/6212

DIMAS SIQUEIRA DE ASSIS

**TOXICOLOGIA FORENSE DA COCAÍNA: UMA REVISÃO DA  
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
banca examinadora, como requisito parcial das  
exigências para conclusão do curso de  
Bacharelado em Farmácia.

Aprovado em: 23/09/2024.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 **MURILO MARINHO CARVALHO LIMA**  
Data: 23/09/2024 22:24:57-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof<sup>º</sup> Dr<sup>º</sup> Murilo Marinho Carvalho Lima  
(Orientador – IFRJ / *Campus* Realengo)

Documento assinado digitalmente  
 **ALINE DAMICO DE AZEVEDO**  
Data: 24/09/2024 19:01:13-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Aline Damico de Azevedo  
(Membro Interno - IFRJ / *Campus* Realengo)

Documento assinado digitalmente  
 **FERNANDO DE OLIVEIRA BEZERRA**  
Data: 26/09/2024 16:50:06-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof<sup>º</sup> Me Fernando [de Oliveira](#) Bezerra  
(Membro Interno - IFRJ / *Campus* Realengo)

Rio de Janeiro  
2024

## SUMÁRIO

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO                                                                                                     | 7  |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA                                                                                          | 10 |
| 2.1 O surgimento do uso da cocaína na humanidade                                                                  | 10 |
| 2.1.2 Os efeitos da cocaína na sociedade e no organismo humano                                                    | 11 |
| 2.1.3 TÉCNICAS DE ANÁLISE TOXICOLÓGICA FORENSE                                                                    | 13 |
| 3. METODOLOGIA                                                                                                    | 15 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES                                                                                        | 16 |
| 4.1 Identificações de Cocaína em Cabelo Humano                                                                    | 16 |
| 4.2 Detecções de Cocaína em Amostras de Drogas                                                                    | 16 |
| 4.3 Detecções de Cocaína em Materiais Biológicos                                                                  | 17 |
| 4.4 Identificações de Adulterantes e Quantificação de Cocaína em Amostras Suspeitas                               | 18 |
| 4.5 Análises de Cocaína em Amostras de Crack por RMN de $^1\text{H}$                                              | 21 |
| 4.6 Análises de Cocaína em Amostras de Cocaína Por Espectrometria de Massas com Ionização Por Impacto de Elétrons | 22 |
| 4.7 Análises de Cocaína Por Infravermelho                                                                         | 24 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS                                                                                           | 24 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                                                                                        | 26 |

## RESUMO

A aplicação da toxicologia para os propósitos da lei é denominada toxicologia forense, e uma de suas principais atribuições é a identificação de substâncias, como as drogas de abuso, que possam ter contribuído como contexto da morte de um indivíduo, dentre elas a cocaína. O principal efeito da cocaína no organismo humano é a degradação dos níveis de consciência, modificando o curso normal do pensamento e comportamento social, criando uma relação entre o abuso da droga e os aspectos sociais. No âmbito da Toxicologia Forense, a cocaína encontra-se envolvida em questões do âmbito judicial, podendo ser a causa de morte do indivíduo, por exemplo, em situações de *overdose*, ou ter contribuído para tal, desta forma é importante comprovar a eficácia da aplicação da toxicologia forense na detecção da cocaína no organismo humano. O presente estudo foi elaborado a partir de uma revisão de literatura. Para admissão desses estudos, tomamos como critérios de inclusão de pesquisas que descrevessem o processo de análise forense (toxicológico) aplicado à cocaína, bem como a descrição da atuação desta droga no organismo humano e o ano de publicação; somente artigos que foram publicados no período de 2004 ao primeiro semestre de 2024 foram aceitos para a construção deste texto. A partir da análise dos dados encontrados na literatura foi possível elencar as principais análises em toxicologia forense aplicadas ao estudo da cocaína, além de elencar os principais elementos espectroscópicos que possibilitam a identificação inequívoca da cocaína em amostras suspeitas através da Espectrometria de Massas, Infravermelho e Ressonância Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$ . Sendo assim, é de extrema importância que outros estudos científicos sejam realizados com a finalidade de possibilitar mais análises forenses que permitam aumentar a fiscalização do tráfico desta substância ilícita, dado que a maioria dos estudos nos mostram a eficiência e a eficácia destas técnicas.

**Palavras-chave:** cocaína, análise forense, toxicologia da cocaína, técnicas de análise forense.

## ABSTRACT

The application of toxicology for the purposes of the law is called forensic toxicology, and one of its main attributions is the identification of substances, such as drugs of abuse, that may have contributed to the context of an individual's death, including cocaine. The main effect of cocaine on the human body is the degradation of the levels of consciousness, modifying the normal course of thought and social behavior, creating a relationship between drug abuse and social aspects. In the context of forensic toxicology, cocaine is involved in legal issues, and may be the cause of an individual's death, for example, in overdose situations, or have contributed to it. Therefore, it is important to prove the effectiveness of the application of forensic toxicology in detecting cocaine in the human body. This study was prepared based on a literature review. In order to admit these studies, we took as inclusion criteria research that described the forensic (toxicological) analysis process applied to cocaine, as well as the description of the action of this drug in the human body and the year of publication; Only articles published between 2004 and the first half of 2024 were accepted for the construction of this text. Based on the analysis of the data found in the literature, it was possible to list the main analyses in forensic toxicology applied to the study of cocaine, in addition to listing the main spectroscopic elements that allow the unequivocal identification of cocaine in suspected samples through Mass Spectrometry, Infrared and  $^1\text{H}$  Nuclear Magnetic Resonance. Therefore, it is extremely important that other scientific studies be carried out in order to enable more forensic analyses that allow for increased monitoring of the trafficking of this illicit substance, given that most studies show us the efficiency and effectiveness of these techniques

**Keywords:** Forensic analysis; Expertise; Toxicology of cocaine; forensic analysis techniques.

## 1. INTRODUÇÃO

A toxicologia forense é um procedimento que objetiva encontrar indícios de qualquer substância que pode ocasionar distúrbios ou alterações no organismo, seja de natureza humana ou animal ou qualquer agressão ambiental, de curto ou longo prazo. Dentre essas alterações podemos citar o uso de drogas, consumo de álcool etílico, resíduos de medicamentos e seus metabólitos, sedativos, venenos, ou seja, tudo aquilo que pode causar alterações significativas na natureza humana ou animal ou ambiental.

A aplicação da toxicologia para os propósitos da lei é denominada toxicologia forense, e uma de suas principais atribuições é a identificação de substâncias, como as drogas de abuso, que possam ter contribuído com o contexto da morte de um indivíduo (CASTELLARI *et al*, 2018; LISBOA, 2016; JESUS, 2021, PRITSCH, 2020).

A toxicologia forense, quando em conjunto a perícia criminal, possibilita a investigação de crimes. A investigação das substâncias deve ser realizada por profissionais eficientes, os quais devem seguir protocolos específicos, coletando a maior quantidade de evidências possíveis para um laudo pleno e categórico, e desta forma, conceder a mais justa resolução para a saúde pública e sociedade em geral (JESUS, 2021).

A perícia forense na área químico-toxicológica compreende estas duas grandes disciplinas científicas interdependentes. A química forense é o ramo das ciências forenses voltado para a produção de provas materiais para a justiça, através da análise de substâncias diversas, tais como drogas lícitas e ilícitas, venenos, acelerantes e resíduos de incêndio, explosivos, resíduos de disparo de armas de fogo, combustíveis, tintas e fibras. Embora a química forense seja um tema muito importante e que desperte cada vez mais interesse perante a sociedade científica, a sua aplicação no campo da criminalística ainda constitui uma linha de pesquisa recente no Brasil (ROMAO, 2011).

A análise de drogas de abuso é uma das áreas que desperta grande interesse da comunidade científica no que tange à química forense. O combate ao narcotráfico e aumento de dependentes químicos são grandes desafios que a humanidade enfrenta diariamente. A química forense, além de identificar os principais componentes que constituem uma amostra de droga e caracterizá-la como ilícita, pode ser utilizada na identificação de compostos químicos remanescentes do

processo de refino ou fabricação, fornecendo perfis químicos e elementos que correlacionam amostras de diferentes apreensões, identificando rotas e origens geográficas de produção (SHIBUYA, 2007).

Todavia, as limitações de recursos e a grande demanda de exames impõem ao perito oficial a necessidade de responder a um primordial questionamento no prazo legal: qual a identidade do material apreendido? Neste panorama, métodos de análises rápidos são utilizados na caracterização das substâncias químicas ilícitas, ou seja, as metodologias empregadas são estritamente qualitativas.

No âmbito da Toxicologia Forense, a cocaína encontra-se envolvida em questões do âmbito judicial, podendo ser a causa de morte do indivíduo, por exemplo, em situações de overdose, ou ter contribuído para tal. Está igualmente envolvida na alteração do desempenho humano, por exemplo, efeitos na condução rodoviária e em situações de rastreio de drogas ilícitas, dentre elas o requisito para desempenhar determinadas atividades profissionais (QUENTAL, 2015).

Tal procedimento pode ser utilizado nas mais diversas áreas de conhecimento, dentre elas a área de peritos, onde o profissional pode encontrar teor toxicológico no corpo das vítimas; área esportiva, em caso de *doppings*; área da segurança onde a polícia rodoviária pode encontrar ou não a presença de álcool e/ou substância ilícitas no organismo de quem está sendo analisado.

Dentre as diversas substâncias consideradas ilícitas, e, portanto, alvo da perícia química e toxicológica, a cocaína é um dos compostos mais importantes, tanto do ponto de vista de seus efeitos no Sistema Nervoso Central, quanto do impacto sócio-econômico gerado pelo comércio ilícito deste composto.

A cocaína é o principal alcalóide extraído das folhas da espécie *Erythroxylum coca*, planta nativa da América do Sul (MARTINI, 2001). Segundo Matos *et al* (2021) a cocaína é um composto da família dos ésteres e vem sendo utilizada pelos humanos há vários séculos e acabou por se tornar uma droga de uso indiscriminado e, cujos impactos vêm crescendo a cada ano e com o aumento indiscriminado do uso vem junto o aumento de óbitos devido ao seu uso exacerbado e o seu principal efeito no organismo humano, a saber: a degradação dos níveis de consciência, modificando o curso normal do pensamento e comportamento social, criando uma relação entre o abuso da droga e os aspectos sociais.

O consumo humano da cocaína é relatado há séculos e tem sua provável

origem nas regiões do Equador e Peru (DINIS-OLIVEIRA *et al*, 2012).

A alteração comportamental do usuário acarreta conflitos nas mais diversas áreas da vida do mesmo, e a necessidade descontrolada pelo consumo da droga, em alguns casos, leva o indivíduo a praticar atividades ilegais como furtos e roubos para financiar o uso da droga (MUAKAD, 2012).

Quental (2015) acrescenta que mesmo o uso da cocaína ter diminuído nos últimos anos, ela ainda é a droga mais consumida no mundo. A cocaína possui múltiplas ações que atuam no sistema nervoso central e periférico, sendo um potente estimulante e também um anestésico local com propriedades vasoconstritoras.

Vemos com o passar dos anos o uso abusivo de entorpecentes e o quanto eles têm sido amplamente vendido de forma contínua na população mundial, não somente no Brasil.

De acordo com Santos (2007) um dos problemas mais corriqueiros da sociedade atual é o uso indiscriminado de drogas ilícitas e de acordo com a Lei 11.343/ 2006 Em: Vade Mecum, usuários de drogas são mais suscetíveis a cometer delitos pelo fato de serem racionalmente atacados e afetados pelo uso desses entorpecentes, além de precisarem de recursos para manter o seu vício. Outro fato observado é o aumento de adolescentes que realizam a mesma prática, independentemente sua classe social.

Frente a esta situação, este estudo vem mostrar a importância da atuação da análise forense mediante o uso abusivo e indiscriminado da cocaína na sociedade como um todo. Através desta pesquisa, podemos mostrar à sociedade como um todo qual é o real papel da Toxicologia forense a fim de fiscalizar e abolir o uso da cocaína nas mais diversas áreas.

Como a presença de cocaína pode ser detectada no organismo humano? Diante deste questionamento, este estudo tem por objetivo pesquisar: Qual a importância da atuação do Cientista Forense nas elucidações de intoxicação, por drogas de abuso, como a cocaína?

Este estudo tem por objetivo elencar as principais técnicas em toxicologia forense, bem como de identificação da cocaína nos procedimentos de perícia química possibilitando compreender vantagens e desvantagens das técnicas mais utilizadas, de modo a contribuir com os processos de tomada de decisão com

relação à escolha dos métodos de investigação que visam dar eficiência no controle relativo ao uso indiscriminado no Brasil.

Descrever os métodos da toxicologia forense no que tange ao uso da cocaína seja em âmbito esportivo, seja no âmbito social. Conduzir um levantamento histórico sobre o surgimento da cocaína como droga de abuso na humanidade. Construir um levantamento sobre como surgiu a toxicologia forense, em especial da análise da cocaína. Descrever os métodos da toxicologia forense aplicada à detecção da cocaína.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. O SURGIMENTO DA COCAINA NA HUMANIDADE**

A cocaína é um alcalóide tropânico com ação psicotrópica, caracterizada pelo seu efeito simpático-comimético (DINIS-OLIVEIRA *et al.*, 2012; PILGRIM *et al.*, 2013; QUENTAL, 2015, SN). É um dos estimulantes naturais mais antigos que se conhece, sendo que existem relatos de utilização da *Erythroxylon coca* remontam há milhares de anos (QUENTAL, 2015, SN).

Apesar de serem muitas as tribos que usavam a referida planta para várias ocasiões, a sua origem encontra-se associada ao estado Inca, uma vez que este deu um significado religioso ao consumo das folhas, além de ter controlado o seu cultivo e distribuição pelas classes mais altas e pelos trabalhadores, de modo a diminuir o cansaço e aumentar a resistência física (FREYE, 2009; QUENTAL, 2015, SN).

Também os índios sul-americanos costumavam mascar as folhas de coca com a finalidade de atenuar os efeitos das altitudes elevadas, para combater a fome e aumentar a resistência muscular (WHITE e LAMBE, 2003; KARCH, 2006).

No entanto, o interesse por esta planta só surgiu na Europa após o sucesso da famosa bebida Vin Mariani, uma mistura de vinho com um extrato não purificado de folhas de coca criada em 1863 pelo empresário e químico Angelo Mariani (KARCH, 1999; FREYE, 2009; QUENTAL, 2015).

Karch (2006) relata que com o passar dos anos diversos usos da planta de coca, desde substituto da comida, estimulante, tratamento de doenças e alívio dador, até à sua utilização para manter a temperatura corporal.

Mais tarde, o farmacêutico John Styth Pemberton, baseando-se na fórmula Vin Mariani, produziu French Wine Coca, que viria a tornar-se a receita original da Coca-Cola® após a substituição do vinho por um xarope à base de açúcar e extratos de frutos, contendo também folhas de coca. Porém, a popularidade

da cocaína levou a alguns abusos e, assim, foram criadas algumas leis estatais de modo a controlar sua distribuição. Por conseguinte, em 1904, a companhia Coca-Cola® viu-se obrigada a retirar a cocaína dos seus produtos (ANDREWS e SOLOMON, 1975; QUENTAL, 2015, SN).

## 2.1.2 OS EFEITOS DA COCAÍNA NA SOCIEDADE E NO ORGANISMO HUMANO

Ao nos atentarmos aos noticiários, sejam eles locais ou nacionais ou ainda internacionais, podemos perceber o aumento vertiginoso do consumo de cocaína e entorpecentes nas classes mais altas da sociedade, passando por esportistas, artistas de tv ou cinema até cantores consagrados.

Há pelo menos duas décadas, a presença de diversas substâncias orgânicas naturais e sintéticas no ambiente, dentre as quais fármacos, produtos de higiene pessoal e hormônios sexuais, têm chamado à atenção da comunidade científica e regulatória devido aos potenciais riscos que podem trazer ao ambiente e à saúde humana e/ou animal (TERNES *et al*, 1998).

Jones-Lepp *et al* (2004, P.47) e Postigo *et al* (2010; P.36-75) afirmam que nas últimas décadas, estudo têm colocado em evidência um novo grupo de contaminantes emergentes compostos por drogas de abuso e substâncias psicotrópicas, cuja fabricação, comercialização e consumo são proibidos ou, em alguns países, objeto de controle.

Apesar das drogas de abuso apresentarem, comprovadamente, efeitos psicotrópicos e, muitas vezes, tóxicos frente aos seres humanos, ainda não existem estudos ecotoxicológicos a respeito dessas substâncias (HUERTA-FONTELA *et al*, 2008; POSTIGO *et al*, 2010).

Entretanto, suspeita-se que possam provocar efeitos deletérios sobre ecossistemas contaminados, tal qual tem sido observado em estudos ecotoxicológicos envolvendo drogas lícitas, como produtos farmacêuticos e/ou mistura de fármacos (POMATI *et al*, 2006; FEITOSA E SODRÉ, 2013).

Postigo *et al* (2010) afirmam que um possível outro motivo de preocupação para a sociedade como um todo é o fato destas substâncias terem se tornado codominantes pseudo persistentes, definição esta que surge em função de sua grande produção e consumo perene.

As drogas de abuso abrangem uma grande variedade de substâncias químicas. Entretanto, uma das abordagens empregadas para a classificação destas substâncias busca ordená-las em quatro grupos distintos. Segundo o Relatório

Anual do Observatório Europeu das Drogas e da Toxicodependência (EMCDDA, 2008). Pertencente à classe dos alcaloides tropânicos, a cocaína é obtida majoritariamente a partir das folhas de coca (*Erythroxylum coca*) ou, mais raramente, sintetizada a partir da ecgonina (ECG) e derivados (ZUCCATO *et al*, 2008).

Em seres humanos apenas uma pequena fração da cocaína consumida é excretada na urina e nas fezes sem ser metabolizada. A maior parcela é excretada sob a forma de metabolitos, sendo o principal deles a benzoilecgonina (ZUCCATO *et al*, 2005).

Stelmaszczyk *et al* (2021) relatam que “as formas de administração da cocaína são diversas, como inalação, uso intravenoso ou ingestão”. Além destas, a cocaína também pode ser fumada, como quando consumida sob a forma de apresentação conhecida como crack. Vemos que muitos são afetados pelo uso dos mais variados tipos de drogas. Sendo assim, é de real importância que as autoridades competentes criem estratégias e técnicas para se detectar a presença dessas drogas no organismo.

Um dos problemas que mais afetam o contexto social atual é o consumo de drogas ilícitas. Isso porque este consumo reflete não só na saúde, no convívio familiar e social, como também movimentam cifras milionárias por ano, consistindo em um mercado financeiro ilícito não só no Brasil, mas em muitos outros países também (SANTOS *et al*, 2007).

Vemos que não é somente a família que é duramente atacada por este tipo de consumo, mas também o trabalhador, que cada vez mais tem sido atacado de forma agressiva pelos usuários de drogas para usurpar bens destes trabalhadores e através destes bens eles acabam por financiar seus vícios.

Também há que se considerar que indivíduos usuários de drogas certamente são mais suscetíveis à prática de crimes, tanto devido ao fato de geralmente ficarem racionalmente afetados quando do uso da droga, quanto por necessidade de angariar fundos para a manutenção do vício (FERNANDEZ e MORALES, 2006; FEITOSA e SODRÉ, 2013).

A cocaína constitui o mais importante alcalóide extraído das folhas do arbusto *Erythroxylum coca* (ZARZUELLA, 1995; GAMIEIRO *et al*, 2009). Os efeitos iniciais da cocaína no organismo constituem em euforia, excitação, insônia e supressão do apetite, devido à ação no sistema nervoso central (LEI 11.343/ 2006; OLIVEIRA *et al*, 2009; STEPHENS *et al*, 2004).

A cocaína possui múltiplas ações centrais e periféricas, sendo um potente estimulante do sistema nervoso central e também um anestésico local com propriedades vasoconstritoras. O seu consumo

está frequentemente associado a um aumento da frequência cardíaca, da pressão arterial e da temperatura corporal. Em casos de overdose, estas alterações podem ser acompanhadas por convulsões e, eventualmente, morte por paragem cardiorrespiratória. O consumo continuado desta droga está associado ao aparecimento de complicações, sendo mais frequentes as cardíacas (infarto agudo do miocárdio, arritmias), pulmonares, neurológicas e psiquiátricas (manifestações psicóticas). Deste modo, a determinação da cocaína e dos seus metabolitos em amostras biológicas assume grande interesse em Toxicologia Clínica e Forense (QUENTAL, 2015; STELMASZCZYK *et al*, 2021).

Jones (2019) realizou uma breve revisão literária acerca do cocaetileno. Foi encontrado nesta pesquisa que o cocaetileno é um metabólito farmacologicamente ativo da cocaína que se forma no organismo humano quando um usuário ingere álcool e cocaína simultaneamente.

### 2.1.3 TÉCNICAS DE ANÁLISE TOXICOLÓGICA FORENSE

As metodologias mais comumente empregadas para identificação de drogas de abuso nas perícias forenses são as reações colorimétricas de complexação e o uso da cromatografia em camada delgada. Os métodos colorimétricos são utilizados como testes preliminares para delimitar o campo de pesquisa das possíveis substâncias e apresenta a possibilidade de diversos falso-positivos nos seus resultados, principalmente na identificação de cocaína através do método colorimétrico clássico de Scott ou Scott modificado (TSUMURA, 2005).

As técnicas para detecção de cocaína no organismo humano são de grande valia e acredita-se que um bom método para encontrar a presença da cocaína em organismo humano é através da análise de fios de cabelo. Para que tais técnicas dêem resultados satisfatórios, é necessário que esses exames sejam realizados no período noturno e com temperaturas amenas (BERMEJO *et al*, 2005).

No âmbito da Toxicologia Forense, a cocaína encontra-se envolvida em questões do âmbito judicial, podendo ser a causa de morte do indivíduo (por exemplo, em situações de overdose) ou ter contribuído para tal. Está igualmente envolvida na alteração da performance humana (por exemplo, efeitos na condução rodoviária) e em situações de rastreio de drogas ilícitas, por exemplo, requisito para desempenhar determinadas atividades profissionais (QUENTAL, 2015).

Outra técnica utilizada para a detecção de cocaína em organismo humano é a PSL e sua variante PLS-DA. A sua atuação consiste num processo calibração multivariado usado para construção de modelos de regressão baseados em uma variável latente de decomposição. Em outras palavras, essa técnica é utilizada para

detectar a forma química da cocaína presente no organismo (RODRIGUES *et al*, 2013).

Técnicas cromatográficas como Cromatografia em Camada Delgada, Cromatografia Líquida de Alta performance (CLAE), Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM), além da própria Espectrometria de Massas, Infravermelho e Ressonância Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  são métodos físicos de identificação estruturais importantes para a identificação inequívoca de cocaína em amostras passíveis de investigação química. A cromatografia em camada delgada pode ser utilizada na análise definitiva das substâncias químicas devido à praticidade quanto à seleção de fases móveis, rapidez e simplicidade, contudo, necessita de um padrão de referência de difícil aquisição (devido à necessidade de autorizações especiais). Além disso, a técnica depende da temperatura ambiente, da adequada saturação do sistema de solventes eluentes, do modo de aplicação na placa cromatográfica, da correta seleção de substâncias reveladoras e da técnica adequada de aplicação da amostra.

A utilização da Ressonância Magnética Nuclear quantitativa (RMNq) baseia-se, principalmente, no fato de que a intensidade integrada (ou seja, a área sob o sinal de um pico de RMN) é diretamente proporcional ao número de núcleos que originam este sinal, independente da natureza química da amostra. Portanto é teoricamente possível quantificar substâncias sem a necessidade de curvas de calibração e padrões de referências primários do analito alvo (que no caso de drogas de abuso são de difícil aquisição até pelos órgãos policiais). Além disso, a técnica de espectroscopia de RMN é um método de análise não destrutivo, o que se constitui em uma vantagem quando se trata de amostras presentes em pequenas quantidades (ARAÚJO FILHO, 2006).

### **3. METODOLOGIA**

Este estudo é uma revisão bibliográfica de cunho qualitativo. Para a confecção deste texto surgiu a seguinte problemática: A análise forense realmente consegue alcançar a ação da cocaína a qualquer momento no organismo humano?

Para admissão desses estudos, tomamos como critérios de inclusão pesquisas que descrevessem o processo e/ou método de análise forense (toxicológico) aplicado à cocaína, bem como descreve a atuação desta droga no

organismo humano e o ano de publicação; somente artigos que foram publicados no período de 2004 ao primeiro semestre de 2024 foram aceitos para a construção deste texto.

As palavras chaves utilizadas na busca foram análise forense, perícia, toxicologia da cocaína e técnicas de análise forense. Primeiro foi realizada uma pesquisa sobre artigos que respondessem às nossas questões de estudo e mediante o *site* de pesquisa *Google Academic* encontramos ao todo 860 resultados pelo fato de não mencionarmos o ano de publicação e ao fazermos novamente a pesquisa incluindo o período desejado (2004 a 2024) o número de publicações caiu para 390 estudos, incluindo artigos e trabalhos de conclusão de curso.

Essa pesquisa durou duas semanas e em seguida foi realizada a leitura dos títulos, bem como dos resumos e dos textos na íntegra, com o objetivo de corroborar tais estudos encontrados com a questão norteadora e também para admiti-los ou não mediante os critérios de inclusão estabelecidos, que já foram mencionados anteriormente. Identificaram-se 56 publicações, todas no *Google Academic*. Após a aplicação do critério de ano de publicação e idioma, permaneceram 42 estudos. Destes, foram encontradas duplicações, permanecendo 34 estudos. Mediante afinalização da pesquisa inicial, foi realizada a exclusão daqueles artigos que não respondiam às questões de estudo, do total dos artigos selecionados, somente 28 obedeciam a todos os critérios de inclusão para a confecção deste estudo, sendo 16 no idioma português, 11 no idioma inglês e 1 no idioma espanhol.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir da pesquisa na literatura foram elencados os principais métodos utilizados na toxicologia forense da cocaína, tendo a diferenciação na escolha do método a ser empregado como a matriz biológica, quantidade esperada de cocaína, a rapidez, sensibilidade e a reprodutibilidade do método.

##### **4.1. IDENTIFICAÇÃO DE COCAÍNA EM CABELO HUMANO**

Segundo BERMEJO *et al* (2005), “Foi desenvolvido um método para determinação simultânea de cocaína (COC) e cocaetileno (CE) em cabelo humano, utilizando microextração em fase sólida (SPME) e cromatografia gasosa-

espectrometria de massa (CG/EM) como técnica analítica para identificar e quantificar os compostos. O modo de monitoramento de íons selecionado (SIM) foi usado para obter maior sensibilidade em CG/EM, sendo o rótulo deuterado análogos foram usados como padrões internos. A resposta do detector demonstrou-se linear para os compostos estudados na faixa de 0,4–15 ng/mg, com coeficientes de correlação superiores a 0,995. Os coeficientes de variação oscilaram entre 0,65% e 14,18% e a precisão ficou na faixa de 0,73% a 11,20%. Os limites de quantificação e detecção foram considerados aceitáveis. Finalmente, esse método foi aplicado em 15 amostras de cabelo de usuários de cocaína, obtendo resultados positivos em todos os casos. As concentrações médias foram 5,39 ng/mg (intervalo: 0,43–8,98 ng/mg) para cocaína e 1,11 ng/mg (intervalo: 0,42–2,23 ng/mg) para cocaetileno”.

Neste estudo ainda verificou-se que após uma dose única aguda de cocaína e etanol, o perfil concentração-tempo do CE (cocaetileno) segue um nível inferior ao da cocaína, embora o CE seja detectável no sangue por várias horas a mais. Neste caso, pode ser feito um cálculo para somar as concentrações de cocaína e CE em amostras de sangue forenses quando os resultados toxicológicos são interpretados em relação à intoxicação aguda e ao risco de uma morte por overdose.

#### 4.2. DETECÇÃO DE COCAÍNA EM AMOSTRA DE DROGAS

A determinação do teor de cocaína em amostras de drogas consiste em uma importante tarefa em órgãos como a Polícia Federal Brasileira (PFB). Nesse sentido, GROBÉRIO *et al* (2014) apresentou um método baseado em espectros de infravermelho obtidos por refletância total atenuada (ATR) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLSR) para quantificar cloridrato de cocaína em amostras de drogas. O método foi desenvolvido e validado com 275 amostras reais de drogas apreendidas pela BFP em todo o Brasil. A determinação foi realizada no intervalo de 35 a 99% (m/m) de cocaína nas amostras. Os resultados indicaram que o método é capaz de analisar diretamente amostras de drogas contendo cocaína na forma de cloridrato sem necessidade de qualquer preparo de amostra com erros médios de aproximadamente 3,00%, precisão de 1,50% (m/m) e concentração mínima detectável de 13% (m/m).

#### 4.3. DETECÇÃO DE COCAÍNA EM MATRIZES BIOLÓGICAS

Na toxicologia forense é importante ter análises específicas e sensíveis para quantificação de drogas ilícitas em matrizes biológicas. Johansen e Bhatia (2007) desenvolveu um método quantitativo para determinação de cocaína e seus principais metabólitos (éster metílico de ecgonina, benzoilecgonina, norcocaína e etileno cocaína) em sangue total e urina por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massa em tandem LC/MS/MS.

No experimento Johansen e Bhatia (2007) realizou o pré-tratamento da amostra (0,20 g) consistiu de precipitação ácida, seguida de centrifugação e extração em fase sólida do sobrenadante, usando colunas sorventes de modo misto (SPEC® MP1 Ansys Diag. Inc.). A separação cromatográfica foi realizada a 30 °C em fase reversa Coluna Zorbax C18 com sistema gradiente composto por ácido fórmico, água e acetonitrila. A análise foi realizada por eletrospray positivo ionização com um espectrômetro de massa quadropolo triplo operando no modo de monitoramento de reações múltiplas (MRM). Duas transições MRM de cada analito foram estabelecidas e critérios de identificação foram estabelecidos com base no tempo de retenção e na proporção de íons.

A quantificação foi realizada usando analitos internos deuterados de cocaína, benzoilecgonina e éster metílico de ecgonina. As curvas de calibração dos padrões extraídos foram lineares ao longo uma faixa de trabalho de 0,001–2,00 mg/kg de sangue total para todos os analitos. O limite de quantificação foi de 0,008 mg/kg; a precisão interdia (medida pelo desvio padrão relativo -% RSD) foi inferior a 10% e a precisão (BIAS) inferior a 12% para todos os analitos no sangue total. Amostras de urina foram estimados semiquantitativamente em um nível de corte de 0,15 mg/kg com uma precisão interdia de 15%.

Um método de Espectrometria de Massas por cromatografia líquida (LC/MS/MS) foi desenvolvido para confirmação e quantificação de cocaína e seus metabólitos (éster metílico de ecgonina, benzoilecgonina, norcocaína e etileno cocaína) no sangue total e semiquantitativo na urina. O método é específico e sensível e oferece, portanto, uma excelente alternativa a outros métodos, como GC-MS, que envolve derivatização.

A técnica de CLAE com detecção UV-Vis foi empregada na análise do teor de cocaína em amostras apreendidas de cocaína e crack. Uma fase móvel de acetonitrila/água (95:5v/v) possibilitou um sinal de pico para a cocaína em 3,5

minutos. O sinal espectrofotométrico otimizado foi obtido em um comprimento de onda de 224 nm. A curva analítica de 1,0 a 40,0 ppm para cocaína foi obtida, exibindo um coeficiente de correlação linear de 0,9989, com limites de detecção e quantificação de 0,75 e 3,78 ppm, respectivamente. Esta metodologia foi aplicada na dosagem de amostras confiscadas de cocaína e crack no Laboratório de Polícia Científica de Ribeirão Preto - SP (OLIVEIRA *et al*, 2009).

#### 4.4. IDENTIFICAÇÃO DE ADULTERANTES E QUANTIFICAÇÃO DE COCAÍNA EM AMOSTRAS SUSPEITAS

Adulterantes são substâncias farmacologicamente ativas desenvolvidas para fins médicos, porém, há pouco conhecimento sobre sua influência no corpo humano quando há uso concomitante com cocaína. Rodrigues *et al* (2013) estudou a identificação de adulterantes e a quantificação do teor de cocaína por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/MS) e Infravermelho (IV). Espectros de 91 amostras foram obtidos por espectroscopia no infravermelho usando refletância total atenuada (ATR-FTIR), e utilizados na construção de um modelo de análise de componentes principais (PCA) por quimiometria. A primeira componente principal (PC1) discriminou as amostras de maior pureza das mais diluídas/adulteradas, nas quais foram identificadas lidocaína, cafeína e benzocaína. PC2 discriminou a forma química da cocaína, cloridrato ou base. Além disso, dois modelos supervisionados discriminantes (mínimos quadrados parciais para análise discriminante, PLS-DA) foram desenvolvidos para classificar as amostras em função de sua diluição (abaixo e acima de 15% m/m) e de sua forma química, apresentando taxas de acerto que variaram entre 83 e 97%.

GAMEIRO *et al* (2019) estudou as substâncias atropina, fenacetina, hidroxizina, cetamina, lidocaína e tetramisol. Foi feito analisando 97 amostras de sangue reais testaram previamente positivo para cocaína e/ou seus metabólitos. Os analitos de interesse foram extraídos, usando um método simples baseado na precipitação de proteínas com acetonitrila congelada e análise adicional por GC/MS. O método foi totalmente validado de acordo com os parâmetros e critérios implementados no laboratório e recomendações SWGTOX (recuperação média: 94–115%; CV: 6,2–13%; VIÉS: 2,7–7,8%). 31 amostras foram positivas para adulterantes: fenacetina (19%), tetramisol (15%), lidocaína (8%) e hidroxizina (1%).

As concentrações foram maiores nas amostras post-mortem para todos os compostos analisado. A lidocaína foi mais prevalente em amostras coletadas in vivo enquanto o tetramisol estava presente quase exclusivamente em amostras post-mortem. A fenacetina foi distribuída uniformemente entre os exames post-mortem e amostras in vivo. O método validado permite uma análise rápida, precisa, exata e econômica de compostos selecionados e requer alíquotas de amostra menores, o que pode ser importante em casos post-mortem. As informações coletadas podem ser importantes em futuros estudos de correlação entre a presença de adulterantes e toxicidade da cocaína.

GARZÓN (2009) estudou sessenta e cinco (65) amostras de cloridrato de cocaína. Sua pureza foi determinada e é realizada uma análise qualitativa de adulterantes e diluentes, e solventes residuais ocluídos. A presença de tropacocaína, norcocaína, cis-cinamoilcocaína, trans-cinamoilcocaína, benzoilecgonina, bem como os adulterantes cafeína, fenacetina, levamisol e hidroxizina. Na análise quantitativa verifica-se que a pureza da cocaína. O menor foi de 64,58% e o maior foi de 95,83%. Em relação aos solventes residuais, são detectados 136 compostos desta natureza, alguns dos quais foram identificados preliminarmente. Os resultados anteriores contribuíram para o conhecimento da química forense e do potencial toxicológico de amostras de cloridrato de cocaína produzida e apreendida na Colômbia.

O processo de extração baseada em extração assistida por micro-ondas foi otimizado para permitir condições ótimas para o isolamento de uma ampla gama de analitos de amostras de sangue coletadas em cartões DBS. A extração com acetato de etila com um tampão de pH = 9 realizada a uma temperatura de 50 °C por 15 min garantiu alta eficiência de extração dos analitos testados. O método otimizado foi validado. Limites de detecção (LOD = 4,38–21,1 ng/mL) e quantificação (LOQ = 14,6–70,4 ng/mL), precisão inter e intra-dia (CV = 1,37–13,4% e 3,39–14,8%, respectivamente), recuperação (RE = 93,0–112,4%) e efeito de matriz (ME = 98,4–101,6%) foram determinados. Os resultados da validação indicam a possibilidade de usar o método proposto na análise de amostras de sangue reais coletadas de vítimas de agressão sexual.

Segundo Stephan (2004), a determinação de que a cocaína é diretamente responsável pela causa imediata da morte deve ser considerada apenas quando houver uma compreensão razoavelmente completa das circunstâncias ou fatos que

cercam a morte. Outra causa mais óbvia e imediata de morte deve estar ausente, ou, pelo menos, a cocaína deve ser demonstrada como um fator contribuinte significativo na cadeia de descobertas médicas que levam diretamente à causa imediata da morte.

Nem toda investigação de morte requer as etapas sequenciais descritas neste artigo, mas essas etapas devem ser consideradas no início da investigação sempre que houver uma base de cena, investigação, médica ou histórica para acreditar que a cocaína esteja diretamente relacionada à causa da morte. Uma morte de perfil relativamente alto quando se sabe que a cocaína está envolvida, ou uma morte envolvendo comportamento incomum por parte do falecido com envolvimento policial são exemplos em que essas considerações podem muito bem se aplicar. As informações precisam ser obtidas o mais rápido possível para ter a maior chance de documentar com sucesso a base toxicológica para o diagnóstico.

Esses fatos incluiriam, mas não necessariamente se limitariam a, uma investigação da cena (sempre que possível), uma revisão cuidadosa dos relatórios investigativos de todas as agências envolvidas, a temperatura interna inicial do corpo, bem como a do ambiente no momento do colapso ou morte, o histórico médico anterior do indivíduo e os resultados de uma autópsia forense completa e estudos toxicológicos. O conhecimento e a compreensão da literatura forense relevante atual sobre esse assunto devem estar disponíveis para o revisor antes de qualquer interpretação da importância da cocaína em uma morte específica.

#### 4.5. ANÁLISE DE COCAÍNA EM AMOSTRAS DE CRACK POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR DE $^1\text{H}$

Costa (2012) realizou um estudo de identificação de cocaína em amostras de Crack por RMN de  $^1\text{H}$ . Mesmo sendo evidenciados sinais de impurezas no espectro de RMN de  $^1\text{H}$ , é possível identificar os sinais compatíveis com estrutura da cocaína e qualquer perito forense deverá estar atento aos seguintes sinais de RMN de  $^1\text{H}$ .

Observa-se os sinais referentes a cinco hidrogênios do anel aromático referente à fenila com barreira de rotação devido à ressonância de um par de elétrons Pi da fenila com a carbonila do éster. Essa barreira de rotação impede que os sinais da fenila se apresentem como um múltiplo integrando para cinco hidrogênios. O sinal em 8 ppm refere-se aos hidrogênios 14 a 14' (equivalentes),

desblindados pelo efeito retirador de densidade eletrônica da carbonila. Enquanto que o sinal em 7,54 ppm se refere ao hidrogênio H-16 e o sinal em 7,40 ppm se refere aos hidrogênios H15 e 15'. O sinal de hidrogênio oximetílico H-3 é observado em 5,3 ppm. Outros dois sinais fundamentais são o sinal de hidrogênio oximetílico (H-3) em 5,25 e o sinal de N-metila em 2,26 ppm e da metoxila em 3,74 ppm.

#### 4.6. ANÁLISE DE COCAÍNA POR ESPECTROMETRIA DE MASSAS COM IONIZAÇÃO POR IMPACTO DE ELÉTRONS

O íon molecular ( $M^{+}$ ) da cocaína ( $C_{17}H_{21}NO_4^{+}$ ,  $m/z$  303) fragmentados com energias de colisão de 5-20 eV para produzir pelo menos nove íons de produto estáveis que aparentemente se formam sem a detectável intermediação de outros íons. Estes incluem os íons listados tendo  $m/z$  272, 222, 198, 182, 181, 122, 97, 83 e 82. Embora as varreduras de íons de produto para  $m/z$  303 não tenham produzido pico sem  $m/z$  288, 275, 274, 259, 244 e 155 sob estas condições, outros dados indicam que no espectro de Impacto por Elétrons (IE) esses íons também podem vir diretamente de  $m/z$  303.

Os íons mais abundantes formados a partir do  $M^{+}$  em 5-10 eV nos experimentos MS/MS são aqueles com  $m/z$  198, 181, 83 e 82. O íon  $m/z$  182 representa apenas um pico de intensidade relativa de 2-4%, o que parece estar em desacordo com o fato de que o pico  $m/z$  182 é geralmente um dos dois picos mais intensos no espectro de IE de 70 eV. No entanto, deve ser lembrado que os picos observados no EIMS resultam da interação de uma série de fatores – mais importante ainda, a percentagem de íon(s) precursor(es) que produzem o íon representado, as energias internas dos íons precursores e de produto, e o estabilidade do íon produto em direção à fragmentação adicional.

Assim, embora relativamente poucos íons  $m/z$  303 pareçam formar íons  $m/z$  182 diretamente em baixas energias de colisão, este íon é listado como um íon precursor para apenas um outro íon relativamente abundante representado no espectro IE ( $m/z$  82). Os íons  $m/z$  182 formados mesmo sob as condições mais energéticas do EIMS parecem relativamente resistentes à fragmentação adicional, levando a uma porcentagem maior de íons  $m/z$  182 sobrevivendo à viagem da fonte de íons através do analisador até o detector.

#### 4.7. ANÁLISE DE COCAÍNA POR INFRAVERMELHO

De acordo com Rodrigues *et al* (2013), a região espectral que fica ao redor  $2540\text{ cm}^{-1}$  é característico do cloridrato de cocaína, atribuído ao estiramento NH-H devido ao cloridrato formação de sal. No entanto, um grande número de sinais infravermelhos é observado no espectro infravermelho do padrão de cocaína, a maioria deles também está presente nas amostras de calibração. Várias bandas infravermelhas podem ser nomeadas:  $729$ ,  $1026$  e  $1071\text{ cm}^{-1}$  (correspondente à flexão fora do plano e o estiramento com benzeno mono substituído);  $1105$ ,  $1265$  e  $1230\text{ cm}^{-1}$  (alongamento em acetato C-O); as bandas entre  $1490$ - $1460\text{ cm}^{-1}$  (vibrações de flexão C – H) e as banda sem  $1712$  e  $1728\text{ cm}^{-1}$  (alongamento da vibração dos dois grupos carbonila).

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cocaína, além de causar danos individuais irreparáveis, também impulsiona um ciclo de violência e degradação social. A relação entre o consumo de entorpecentes e a criminalidade é evidente, com usuários recorrendo a roubos e assaltos para financiar seus vícios. A substância age no sistema nervoso central, provocando euforia inicial seguida de depressão, além de alterações fisiológicas como taquicardia, hipertensão e, em casos extremos, convulsões e óbito.

Diante desse cenário, a perícia forense desempenha um papel crucial na identificação e quantificação de drogas em organismos humanos. A toxicologia forense, em particular, utiliza um conjunto de técnicas analíticas para detectar resíduos de substâncias ilícitas em diversos tipos de amostras biológicas. Essas técnicas, que se baseiam em princípios da química e da farmacologia, permitindo aos peritos fazer a identificação positiva de drogas ilícitas, estabelecer a relação entre o consumo de drogas e eventos criminosos, além de auxiliar no diagnóstico de intoxicações e na avaliação de casos de overdose, em se tratando de exames pós-morte.

A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) é uma das técnicas mais utilizadas em toxicologia forense, devido à sua alta sensibilidade e especificidade. Essa metodologia permite identificar e quantificar

uma ampla variedade de drogas e seus metabólitos em amostras de sangue, urina, cabelo e outros tecidos. Além da CG-EM, outras técnicas como a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), o INFRAVERMELHO e a RMN de  $^1\text{H}$  também são empregadas com grande eficácia na análise da cocaína como de outras drogas de abuso.

A constante evolução das técnicas de análise forense tem possibilitado a detecção de quantidades cada vez menores de drogas em amostras biológicas, o que aumenta a precisão e a confiabilidade dos resultados. No entanto, a complexidade das matrizes biológicas e a constante emergência de que os produtores de Cocaína estão cada vez mais “espertos” e inserem interferentes químicos para “mascarar” mudar a estrutura da cocaína e com isso tentar dificultar sua identificação positiva, como também o aparecimento de novas drogas sintéticas representa desafios para os profissionais dos laboratórios de toxicologia forense.

É fundamental que sejam realizados investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento de novas metodologias analíticas, bem como na capacitação de profissionais da área. A expansão dos laboratórios de toxicologia forense e a integração desses serviços com as forças policiais são medidas essenciais para o combate à produção e ao tráfico de drogas e a redução dos danos causados pelo consumo dessas substâncias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO V. S. Aplicação da espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) à toxicologia forense. Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2006.

BERMEJO, Ana Maria; LOPÉZ, Patricia; ÁLVAREZ, Iván; TABERNERO, Maria Jesús; FERNÁNDEZ, Purificación. Solid-phase micro extraction for the determination of cocaine and cocaethylene in human hair by gas chromatography–mass spectrometry. *Forensic Science International* 156 (2006)2–8.

CASTELARI, Gustavo Marconcini et al. TOXICOLOGIA FORENSE: Ciência multidisciplinar que abrange o estudo das causas de mortes por intoxicação e os materiais biológicos utilizados para esse fim, que direcionam a investigação médico-legal e a emissão do laudo toxicológico. *Ambiente Acadêmico*, [s. l], v. 1, n. 4, p. 22-37, jun. 2018. Acesso em 21 de junho de 2024.

DINIS-OLIVEIRA, Ricardo Jorge e tal. Clinical and Forensic Signs Related to Cocaine Abuse. *Current Drug Abuse Reviews*, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 64-83, 3 abr. 2012. Bentham Science Publishers Ltda. <http://dx.doi.org/10.2174/1874473711205010064>. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22280333/>>. Acesso em 12 de novembro de 2023.

FEITOSA, Rafael Silva; SODRÉ, Fernando Fabriz. Drogas de abuso em águas naturais e residências urbanas: ocorrência, determinação e aplicações forenses. *Quim. Nova*, Vol. 36, No. 2, 291-305, 2013.

GARZÓN, William F. M.; A, Fabián PARADA; R, Néstor M. FLORIÁN. Análisis forense de muestras de cocaína producidas en Colombia: i. Perfil cromatográfico de muestras de clorhidrato de cocaína. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA* ISS Nº 121-4004 Volumen 16 número 2, año 2009. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. págs. 228-236.

GROBÉRIO Tatiane S.; ZACCA Jorge J.; TALHAVINIB Marcio and BRAGA Jez W. B. Quantification of Cocaine Hydrochloride in Seized Drug Samples by Infrared Spectroscopy and PLSR. *Sociedade Brasileira de Química*; Vol. 25, Nº. 9, Institute of Chemistry, University of Brasília, P.O. Box 4478, 70904-970 Brasília-DF, Brazil

HUERTA-FONTELA, M.; GALCERAN, M. T.; VENTURA, F.; *ENVIRON. SCI. Technol.* 2008, 42, 6809.

JESUS, Samantha Stancode; SILVA, Daniel Sachs. Toxicologia forense e sua importância na saúde pública. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, [S.L.], v.7, n.7, p.767-781, 31 jul. 2021. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.51891/rease.v7i7.1716>. Acesso em 25 de julho de 2024.

JOHANSEN S.S., BHATIA H.M. Quantitative analysis of cocaine and its metabolites in whole blood and urine by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 852; 338–344 (2007)

JONES, Alan Wayne. Forensic Drug Profile: Cocaethylene. *Journal of Analytical Toxicology*, 2019;43:155–160 doi: 10.1093/jat/bkz007 Advance Access Publication Date: 23 February 2019.

KARCH, S. B. (2006). *A Brief History of Cocaine*. CRC Press.

Lei 11.343/ 2006 Em: Vade Mecum. Obra Coletiva de autoria da Editora Saraiva coma colaboração de Antonio Luiz Toledo, Márcia Cristina Vaz dos Santos Windt e LiviaCéspe- des. 7. ed. atual. ampl. Saraiva: São Paulo, 2009. p. 1731.

LISBOA, Márcia Passadouro. Matrizes biológicas de interesse forense. 2016. 45 f. Monografia (Especialização)-Curso de Farmácia, Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/48554>. Acesso em 28 de maio de 2024.

MARTINIS, Bruno Spinosa de et al (org.). *Toxicologia Forense*. São Paulo: Blucher, 2018. 750 p.

MATOS, Hannah Sabrina Mascarenhas; CAMARGO, Isabela Ribeiro; CARMO, Vitória Aparecida Meneses Do. Aspectos forenses e analíticos da exposição à cocaína. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/20220> Acesso em 21 de junho de 2024.

MUAKAD, I. B. A cocaína e o crack: as drogas da morte. *Revista da Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo*, [S. l.], v. 106, n. 106-107, p. 465-494, 2012. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rfdusp/article/view/67954>>. Acesso em 21 de junho de 2024.

OLIVEIRA, Marcelo Firminode; ALVES, Jacqueline Querino; ANDRADE, José Fernando de; SACZK, Adelir Aparecida; OKUMURA, Leonardo Luiz. Análise do teor de cocaína em amostras apreendidas pela polícia utilizando-se a técnica de cromatografia líquida de alta eficiência com detector UV-Vis. *Ecl. Quím São Paulo*, 34; nº3: 77 - 83, 2009.

POSTIGO, C.; López de Alda, M. J.; BARCELÓ, D.; *Environ. Int.* 2010, 36, 75. PRITSCH, Izanaraetal. Toxicologia forense: o estudo dos agentes tóxicos nas ciências forenses. *Revista Criminalística e Medicina Legal*, [S.L.], v.05, n.º 1, p.19-26, 2020. *Revista Criminalística e Medicina Legal*. <http://dx.doi.org/10.51147/rcml039.2020>. Disponível em: <http://revista-cml.com.br/2020/12/15/toxicologia-forense-o-estudo-dos-agentes-toxicos-nas-ciencias-forenses/>. Acesso em 01 de junho de 2024.

QUENTAL, Ana Raquel de Pinho Sousa. Análise toxicológica da cocaína e dos seus metabolitos em contexto forense. Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas. Disponível em:

[https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5170/1/PPG\\_23796.pdf](https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/5170/1/PPG_23796.pdf).

Acesso em 21 de junho de 2024.

RODRIGUES, Nathália V. S.; CARDOSO, Eduardo M.; ANDRADE, Marcus V. O.; DONNIC, Claudio L.; SENA, Marcelo M. Analysis of Seized Cocaine Samples by using Chemometric Methods and FTIR Spectroscopy. J. Braz. Chem. Soc., Vol.24, No. 3, 507-517, 2013. Printed in Brazil - ©2013 Sociedade Brasileira de Química.

SANTOS, M.J.; Kassouf, A.L. Economia, 8 (2007) 187.

STELMASZCZYK, Pavel; GACEK, Ewa; WIETECH-POSŁUSZNY, Renata. Optimized and Validated DBS/MAE/LC–MS Method for Rapid Determination of Date-Rape Drugs and Cocaine in Human Blood Samples—A new Tool in Forensic Analysis. Separations 2021, 8, 249. <https://doi.org/10.3390/separations8120249>.

STEPHENS, Boyd G; JENTZEN, Jeffrey M.; KARCH, Steven.; MACH, Deborah C.; WETLI, Charles V. Criteria for the Interpretation of Cocaine Levels in Human Biological Samples and Their Relation to the Cause of Death. Am J Forensic Med Pathol 2004; 25: 1–10.

WHITE, S. M. e LAMBE, C. J. (2003). The pathophysiology of cocaine abuse. J Clin Forensic Med, 10, pp. 27-39.

ZARZUELA, J. L. Química Legal. Em: Tochetto, D. et al. Tratado de Perícias Criminalísticas. ed. Sagra-DC Luzzatto, Porto Alegre, 1995, cap. 8, p. 164-169.

ZUCCATO, E.; CASTIGLIONI, S.; Philos. TR Soc. A 2009, 367, 3965.

TSUMURA YM, T.; KIMOTO, S. (2005). False positives and false negatives with a cocaine-specific field test and modification of test protocol to reduce false decision. *Forensic science international* 155: 158-164.