

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO
CENTRO-OESTE

STEPHANIE VILLAESCUSA RODRIGUEZ

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE QUANTO A
PRESENÇA DE ADULTERANTE E METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS DE
COCAÍNA APREENDIDAS NAS CIDADES DE FRONTEIRAS DO ESTADO DE
MATO GROSSO DO SUL**

CAMPO GRANDE
2025

STEPHANIE VILLAESCUSA RODRIGUEZ

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE QUANTO A
PRESENÇA DE ADULTERANTE E METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS DE
COCAÍNA APREENDIDAS NAS CIDADES DE FRONTEIRAS DO ESTADO DE
MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Linha de Pesquisa: Processo saúde-doença na região centro oeste aspectos biopsicossociais, socioculturais, ecoambientais, epidemiológicos e clínicos.

Orientadora: Prof^a Dr^a: Danielle Bogo

CAMPO GRANDE
2025

STEPHANIE VILLAESCUSA RODRIGUEZ

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE QUANTO A
PRESENÇA DE ADULTERANTES E METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS DE
COCAÍNA APREENDIDAS NAS CIDADES DE FRONTEIRA DO ESTADO DE
MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Linha de Pesquisa: Processo saúde-doença na região centro oeste aspectos biopsicossociais, socioculturais, ecoambientais, epidemiológicos e clínicos

Orientadora: Prof^a Dr^a: Danielle Bogo

Banca examinadora:	Nota/conceito
_____	_____
Dra. Daniele Bogo – Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento da Região Centro-Oeste – UFMS	
_____	_____
Dra. Indiara Correia Pereira (Externo)	
_____	_____
Dra. Lilliam May Grespan Estodutto da Silva - UCDB	
_____	_____
Dra. Veronica Assalin Zorgetto Pinheiro	

AVALIAÇÃO FINAL: () Aprovada

() Reprovada

Dedico este trabalho a Deus pois é tudo sobre Ele e para Ele.

Dedico a todos que estiveram comigo na construção desse trabalho me orientando e contribuindo para a elaboração do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pois toda honra e glória é a Ele.

Aos meus familiares que sempre acreditaram em mim e me deram todo o suporte durante a realização deste trabalho para que eu pudesse finalizar.

Ao meu esposo que incentivou em momentos difíceis e compreendeu a minha dedicação quando foi necessário. Te amo

À professora e Dra Danielle Bogo que foi além de orientadora, mas uma alma que com toda a sua sabedoria e calma me auxiliou pessoalmente e profissionalmente

À todos colegas que conheci durante essa jornada e que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento da minha formação acadêmica, em especial a Brenda Moreschi que estive comigo

À todos do IALF pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para a pesquisa.

À equipe do laboratório de metabolismo de materiais e biomateriais do professor Dr Valter Aragão de Nascimento.

Deus é o dono de tudo. Devo a Ele a oportunidade que tive de chegar aonde cheguei. Muitas pessoas têm essa capacidade, mas não têm essa oportunidade. Ele a deu a mim, não sei por que. Sei que não posso desperdiçá-la.

(AYRTON SENNA, 1991)

RESUMO

O uso abusivo de drogas é um problema global que tem graves consequências, tanto para os usuários quanto para a sociedade. As identificações de constituintes inorgânicos nas drogas podem ser usadas para indicar o grau de pureza, além disso as variações das misturas podem ser usadas pela inteligência da polícia civil como auxílio na formulação de hipóteses sobre a estrutura do mercado ilegal de drogas. Foram coletadas todas as análises feitas no FTIR das amostras de apreensões nas cidades de fronteiras do Estado do Mato Grosso do Sul do período de 2019 até 2022 para avaliação. Neste estudo foram destacados os adulterantes mais comuns e as cidades com maior prevalência dos mesmos, como forma de supor uma rota de acordo com os teores de adulterantes. Através desses dados foi possível observar o comportamento pré pandemia, durante e pós pandemia quanto ao número de apreensões e os adulterantes mais utilizados. Os resultados demonstraram que durante a Covid-19 o número de apreensões apresentou uma redução de 1,3% em relação ao ano anterior, no entanto houve uma rápida recuperação do mercado ilícito. Também apontou uma reorganização na distribuição da droga, no entanto Ponta Porã e Corumbá mantiveram um importante papel na rota pelo número de apreensão. Quanto às substâncias adicionadas demonstraram que a cafeína é o adulterante mais comum invariavelmente do período, seguido da lidocaína um anestésico e anti-arrítmico. Já as cidades de fronteiras possuem uma média de 5,58% das apreensões anuais, apontando que apesar de sua posição geográfica estratégica não é o fator mais relevante. Quanto a presença de metais pesados foi assistido a presença de Arsênio, Chumbo e Cádmio nas amostras apreendidas, onde a concentração de Arsênio se mostrou bastante elevada, Chumbo apresentou uma média de 0,2554 ng.g e Cádmio não variou muito deslizando entre valores menores ou igual a 0.1ng.g

Descritores: Elementos Inorgânicos; Cocaína; Química Forense; Quimiometria; Metais Pesados

ABSTRACT

Drug abuse is a global problem that has serious consequences, both for users and for society. The identifications of inorganic constituents in drugs can be used to indicate the degree of purity, in addition, variations in mixtures can be used by civil police intelligence to assist in formulating hypotheses about the structure of the illegal drug market. All analysis carried out in the FTIR of seizure samples in border cities in the state of Mato Grosso do Sul from 2019 to 2022 were collected for evaluation. In this study, the most common adulterants and the cities with the highest prevalence of them were highlighted, as a way of assuming a route according to the chemical profile. Using these data, it was possible to observe pre-pandemic, during and post-pandemic behavior regarding the number of seizures and the most used adulterants. The results showed that during Covid-19 the number of seizures decreased by 1.3% compared to the previous year, however there was a rapid recovery in the illicit market. It also pointed to a reorganization in drug distribution, however Ponta Porã and Corumbá maintained an important role on the route due to the number of seizures. As for the added substances, they demonstrated that caffeine is the most common adulterant invariably of the period, followed by lidocaine, an anesthetic and anti-arrhythmic. Border cities have an average of 5.58% of annual seizures, indicating that despite their strategic geographic position it is not the most relevant factor. Regarding the presence of heavy metals, the presence of Arsenic, Lead and Cadmium was observed in the seized samples, where Arsenic was quite high, Lead presented an average of 0.2554 ng.g and Cadmium did not vary much, sliding between values less than or equal to 0.1 ng.g.

Descriptors: Inorganic elements; Cocaine; Forensic Chemistry; Chemometrics; Heavy Metals

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Informativo sobre o vinho Mariani à base de cocaína	199
Figura 2 – Rota Caipira	211
Figura 3 – Principais rodovias federais para o escoamento de drogas dentro do Estado de Mato Grosso do Sul	Erro! Indicador não definido.
Figura 4 – Estrutura molecular da Cocaína na forma de cloridrato.....	217
Figura 5 – Áreas de cultivo de cocaína no Peru	33
Figura 6 – Esquema da instrumentação de um espectrômetro de emissão óptica.....	327
Figura 7 – Amostras de cocaína em tubos de ensaio.....	43
Figura 8 – Bloco digestor (Tecnal).....	42
Figura 9 – Thermo iCAP 6300 Duo ICP Spectrometer (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Alemanha)	425
Figura 10 – Apreensões de cocaína entre os anos de 2019 e 2022.....	448
Figura 11 – Concentração de Arsênio, Chumbo e Cádmio em amostras de cocaína.....	478
Figura 12 – Dendograma de correlação entre as amostras de cocaína	56
Figura 13 –. Gráfico de dispersão para a relação entre concentração de Arsênio (ng.g-1) e a concentração de Chumbo (ng.g-1). Teste de correlação de Spearman.....	579
Figura 14 – Gráfico de dispersão para a relação entre concentração de Arsênio (ng.g-1) e a concentração de Cádmio (ng.g-1). Teste de correlação de Spearman.....	58
Figura 15 – Gráfico de dispersão para a relação entre concentração de Chumbo (ng.g-1) e a concentração de Cádmio (ng.g-1). Teste de correlação de Spearman.....	591

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Formas de apresentação da cocaína	28
Quadro 2 - Configurações instrumentais e	46
Condições operacionais do ICP- OES	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições de operação do digestor	423
Tabela 2 – Parametros das curvas analíticas de As, Pb e Cd por ICP-OES.	484
Tabela 3 – Limite de detecção e limite de quantificação obtidos na amostra de As, Pb e Cd.	Erro! Indicador não definido. 4
Tabela 4 – Número de apreensões por trimestre de 2019, 2020, 2021 e 2022.....	49
Tabela 5 – Total de amostras das cidades por ano e a prevalência dos adulterantes mais comuns..	Erro! Indicador não definido. 2
Tabela 6 – Total de amostras com adulterações do ano de 2019	524
Tabela 7 – Total de amostras com adulterações do ano de 2020.	53
Tabela 8 – Total de amostras com adulterações do ano de 2021.	534
Tabela 9 – Total de amostras com adulterações do ano de 2022.	535
Tabela 10 – Concentrações de As, Pb e Cb (ICP-OES) em amostras de cocaína.....	546
Tabela 11 – Valores de ρ obtidos a partir das correlações de Spearman entre os elementos Arsênio, Chumbo e Cádmio determinados em amostras de cocaína.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
ICP-MS	Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy)
IALF	Instituto de Análises Laboratorias Forenses
Inpad	Instituto Nacional de Pesquisa de Políticas Públicas do Álcool e Outras Drogas
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry)
ONU	Organização das Nações Unidas
PCC	Primeiro Comando da Capital
Senad	Secretaria Nacional de Políticas Sobre Drogas
Sisnad	Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas
SUS	Sistema Único de Saúde
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UNODC	Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime
LD	Limite de detecção
LQ	Limite de Quantificação
HCA	Análise Hierárquica de Cluster

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
K	Kelvin
L	Litro
µm	Micrômetro
min	Minuto
%	Porcentagem
v	Volume
mL	Mililitro
µL	Microlitro
cm	Centímetro
m	Massa
g	Gramma
mg	Miligramma
µg	Microgramma
ng	Nanogramma
V	Volts
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Origem e História da Cocaína	188
1.2	Abordagem geopolítica - Rotas de Tráfico	19
1.3	Drogas de abuso e a sua legislação	23
1.4	Química e Toxicologia Forense	Erro! Indicador não definido.
1.5	Classificação das drogas de abuso.....	26
1.6	Cocaína	27
1.6.1	Formas de Apresentação da Cocaína	28
1.6.2	Grau de Pureza da cocaína e o impacto na saúde	30
1.7	Metais Pesados	31
1.7.1	Chumbo	311
1.7.2	Cádmio	333
1.7.3	Arsênio	334
1.8	Técnica e formas de detecção	344
1.9	Técnica de ICP - OES.....	355
1.10	Quimiometria.....	377
2	OBJETIVOS	39
2.1	Objetivo geral.....	39
2.2	Objetivos Específicos	39
3	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	390
3.1	Coleta e avaliação de dados	390
3.2	Amostras analisadas pelo ICP-OES	390
3.3	Materiais.....	39
3.4	REAGENTES.....	41
4	MÉTODO.....	412
4.1	Pesagem de amostras.....	412
4.2	Pré tratamento de amostras.....	412
4.3	Aparelho.....	445
4.4	Tratamento das amostras.....	46

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	Análises de dados FTIR	46
5.2	Perfil de adulterantes das Amostras das cidades de fronteira	51
5.3	Determinação de As, Pb, Cd por ICP -OES nas amostras	54
5.4	Tratamento quimiométrico Análise de Cluster	56
5.4.1	Análise de Cluster	56
5.4.2	Correlação de Spearman.....	58
6	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Dos desafios que a sociedade enfrenta, o uso de drogas tem sido um combate multifacetado, uma vez que as consequências não se limitam aos usuários. De acordo com o relatório mundial sobre drogas de 2024, da UNODC, o mercado global de cocaína está passando por um aumento significativo, com níveis recordes de produção atingindo 2.757 toneladas em 2022, o que representa um aumento de 20% em relação ao ano anterior. Esse aumento na produção coincide com um aumento de 12% no cultivo de arbustos de coca, totalizando 355.000 hectares.

Conforme levantado pelo mesmo relatório, o número de usuários globais de drogas aumentou para 292 milhões, com usuários de cocaína respondendo especificamente por 23 milhões desse número.

Apesar do crescente problema dos transtornos por uso de drogas, um em cada onze usuários recebem algum tipo de tratamento, o relatório destacou os desafios contínuos para abordar os aspectos de saúde pública e justiça criminal que envolve o tráfico.

Por esse motivo a análise de drogas de abuso é uma das áreas que desperta grande interesse da comunidade científica no que tange a química forense, visto que para o enfrentamento do narcotráfico é importante o desdobramento da sua estrutura e para tal o conhecimento da composição das misturas das drogas auxiliam no processo (FARIAS, 2008).

A cocaína, substância que atua no sistema de recaptção da serotonina, norepinefrina e principalmente da dopamina, produz euforia, estado de alerta, redução de apetite, vasoconstrição, ausência de cansaço e após o uso, gera a depressão. O que justifica a busca constante do usuário, pela sensação gerada no primeiro contato, no entanto, o consumo prolongado e repetitivo pode levar a uma série de problemas, como irritabilidade, alucinações, depressão intensa e comportamento violento (SILVA; KENNEDY, 2017).

A cocaína é um alcaloide extraído das folhas de um arbusto chamado *Erythroxylum*, mais popularmente conhecido como coca. Existem mais de 250 espécies (Relatório [...], 2021), onde duas delas se destacam na produção ilícita de cocaína, são a *Erythroxylum coca* var *coca*, variedade amplamente cultivada nas encostas andinas de países como a Bolívia, Peru e Colômbia, suas folhas apresentam alto teor de alcaloides e a *Erythroxylum novogranatense* que cresce em regiões de baixa altitude como parte da Colômbia, no entanto esta possui menor concentração de alcaloides e é a espécie também utilizada pela indústria

farmacêutica (Scientists [...], 2024). Além disso, há evidências de que o cultivo de coca ocorre em outros países da região, como Honduras, Guatemala, Panamá, Equador e Venezuela (VOSS, 2023; CENTRO DE ESTUDOS SOBRE DROGAS E DESENVOLVIMENTO SOCIAL COMUNITÁRIO, 2023, p.24).

Durante o processo de refinamento algumas formas de apresentação são obtidas, variando o teor de concentração da cocaína e dos subprodutos como os contaminantes que podem estar presentes (WRIGHT *et al.*, 2009).

O Brasil em razão da sua posição geográfica, possui algumas desvantagens ao confrontar o narcotráfico, uma vez que o país compartilha mais de 16 mil quilômetros de fronteiras com dez países da América do Sul, sendo aproximadamente 12 mil desses na Amazônia, uma região de difícil acesso e pouca presença estatal, tornando-a barata e portanto acessível, a participação do Primeiro Comando da Capital, maior organização criminosa do país, e os diversos desafios e limitações para o seu enfrentamento (SILVA, 2023).

A prova disso é o número de apreensões de drogas, segundo dados da SEJUSP, Machado e Machado (2024), só este ano já foram apreendidas quatro toneladas e meia de cocaína no Estado de Mato Grosso do Sul.

Por possuir baixo rendimento nos processos químicos para obtenção, a cocaína é uma das drogas mais adulteradas no Brasil. O mercado de drogas ilícitas tem por estratégia a mistura com adulterantes e diluentes como forma de aumentar o lucro, além das impurezas do próprio processo de refino, agravando o quadro clínico do usuário (Cocaína [...], 2022).

Metais pesados como arsênio, chumbo e cádmio, são elementos químicos altamente tóxicos para a saúde humana, mesmo em baixas concentrações, uma vez que esses elementos podem se acumular no organismo ao longo do tempo. Dados científicos mostram claramente que a exposição a eles representam riscos graves à saúde humana, causando quadros clínicos como câncer, neurotoxicidade, problemas renais e cardiovasculares. Estes são particularmente perigosos para grupos vulneráveis, portanto a conscientização sobre as fontes de exposição e a implementação de medidas preventivas são essenciais para proteger a saúde pública e minimizar os danos associados (SINICROPI, 2024).

Atualmente, não há muitos estudos científicos detalhados sobre a presença de metais pesados como chumbo, cádmio e arsênio diretamente na cocaína. No entanto, sabe-se que a contaminação pode vir de pesticidas usados no cultivo de coca ou de resíduos

industriais em áreas de mineração, comuns nas regiões andinas que cultivam a planta (WHO, 2024)

O objetivo do presente trabalho foi analisar, não somente qual o adulterante e o diluente mais prevalente, como analisar os metais pesados nas amostras de cocaína apreendidas nas cidades fronteiras do Estado do Mato Grosso do Sul. Para a determinação quantitativa da concentração desses, primeiro realizou-se o processo de digestão em blocos, e posteriormente utiliza-se para a quantificação dos elementos, a técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)

1.1 Origem e História da Cocaína

O uso da cocaína, substância psicoativa, remonta a um passado longínquo e cheio de histórias, além de numerosas lendas que se referem a ela como fertilidade, sobrevivência ou mesmo a morte (FERREIRA; MARTINI, 2001). Até início dos anos 2000, índios peruanos colocam as folhas de coca junto com os mortos, acreditando ser algo necessário para o “além da vida”, ou seja, a sua folha resgata a cultura dos povos encontrados ao leste dos Andes (BAHLS; BAHLS, 2002).

Em relato do europeu Américo Vespúcio publicado em 1507, ele descreveu o uso de coca misturada com bicarbonato de sódio, uma prática que sobrevive até o momento presente. Tal fato, remete a explicação da necessidade de uma licença especial para a compra do bicarbonato na Bolívia (Cocaína [...], 2020). O país considera a planta como “Patrimônio Cultural” desde 2009 (Papa [...], 2015).

Ainda que o contato do ser humano com a coca datam há mais de 2.500 anos, apenas no século XIX alguns cientistas alemães investigaram e trabalharam com a planta sul americana, e em 1855 o químico alemão Friedrich Gaedcke extraiu o princípio ativo da folha, que ele chamou de erythroxyton e em 1859 seu colega Albert Niemann, isolou o alcaloide que passou a chamar de cocaína (AGATI *et al.*, 2010). O mesmo tem uma ação anestésica, que na época passou a ser indicado para aliviar dor de dente em bebês e como anestésico tópico em cirurgias tanto ocular quanto nasal, no entanto a sua recomendação não parava por aí, Sigmund Freud, um psicanalista muito famoso até escreveu um livro, enfatizando seus efeitos benéficos o que estendeu mais ainda a sua lista

de indicação (Cocaína [...], 2022).

A mesma foi incluída em algumas bebidas e vendidas como energizantes. A mais famosa de todas essas, foi o vinho Mariani, desenvolvido pelo químico e farmacêutico Angelo Mariani que chegou a ser condecorado pelo Papa Leão Treze, consumidor do vinho, em prol do seu trabalho pela humanidade. Em 1885 um americano retirou o álcool do vinho transformando-o em um tônico, o que então deu a origem a afamada Coca-Cola, e somente em 1903 que a droga foi substituída pela cafeína (Geopolítica [...], 2021) (Figura 1).

Figura 1 – Informativo sobre o vinho Mariani à base de cocaína



Fonte: Metrópole (2020)

1.2 Abordagem geopolítica - Rotas de Tráfico

A geopolítica da cocaína   um tema complexo e heterogêneo. Com rastros devastadores por onde passa a sua produ o esta frequentemente ligada a questões de pobreza, falta de alternativas economicas sustentáveis e em alguns casos conflitos armados internos que facilitam o cultivo ilegal. Ela atravessa fronteiras internacionais até mesmo antes de chegar aos mercados de consumo (SILVA, 2023).

Os impactos sociais e econ micos são profundos e isso inclui corrup o de institui es públicas, aumento da violência ligada ao crime organizado, destrui o ambiental devido ao desmatamento para o cultivo e todo esse cenário desencadeia uma

luta política de segurança nacional, cooperações internacionais e intervenções militares em regiões seriamente comprometidas. Isso tudo repercute nas relações diplomáticas entre países produtores, países de trânsito e consumidores (LIMA *et al.*, 2017).

Segundo publicações da UNODC e da Interpol, a Colômbia, o Peru e a Bolívia são os principais produtores de coca, pois a planta possui um bom desempenho nas condições geográficas desses países, representando 61%, 26% e 13% respectivamente de toda a América do Sul (AMORIM, 2023).

O Brasil entra desempenhando um papel relevante no tráfico de drogas. O país atua como um corredor importante na distribuição para mercados internacionais, compreendendo por principais destinos finais a África, Europa e Ásia, uma vez que os caminhos são determinados pelos locais de oferta e de demanda, no entanto o país não é apenas um meio de trânsito como também um grande consumidor (GEOPOLÍTICA [...], 2021).

Uma das principais rotas conhecida, é a denominada rota caipira, onde a droga sai tanto do Peru quanto da Bolívia descem até o Paraguai, que faz fronteira com o estado de Mato Grosso do Sul, chegam ao estado de São Paulo e Santos e então saem do país para o seu destino (GEOPOLÍTICA [...], 2021).

De acordo com a localização, o Paraguai é o maior corredor de cocaína da Bolívia para a Europa. A coca boliviana é misturada no Paraguai com precursores químicos ilegais que chegam de outros países em seguida escondidas em meio a diversos produtos em caminhões e contêineres para atravessar a fronteira, alcançar o litoral brasileiro e então chegar aos principais portos de destino (RIZZI, 2017).

Na imagem abaixo referente a rota caipira (Figura 2), ilustra o percurso do Estado de Mato Grosso do Sul adentro, com dois pontos de entrada sendo Corumbá e Pedro Juan Caballero em destaque até que se alcance o litoral brasileiro.

Figura 2 – Rota Caipira



Fonte: Rizzi (2017)

O Estado de Mato Grosso do Sul tem uma posição participativa na rota, o que é palpável pelo número de apreensões de drogas. Dentre as informações fornecidas pela PRF, abaixo a imagem (Figura 3) destaca as cinco principais rodovias federais mais utilizadas para o escoamento das drogas, são elas: BR- 163, BR- 262, BR-267, BR-060 e BR- 463 (Machado; Machado, 2024).

Figura 3 – Principais rodovias federais para o escoamento de drogas dentro do Estado de Mato Grosso do Sul



Fonte: Jornal Midiamax (2024)

Uma das explicações para que o consumo no Brasil seja tão grande é a proximidade com o produtor que barateia o seu consumo, diferentemente dos outros países, outro fator relevante é a oferta, essa quanto maior, maior a necessidade de aumentar a demanda, e fala-se de um país de grande extensão territorial e povoado, além de toda a limitação política no enfrentamento dessa problemática e a presença de uma organização criminosa que integra toda a estrutura do tráfico da cocaína que é o Primeiro Comando da Capital (PCC), que são facilitadores pro comércio ilegal (Geopolítica [...], 2021).

A realidade da cracolândia no Estado de São Paulo não é uma ocorrência isolada que o país enfrenta, levantamentos da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) mostram que aproximadamente 70% dos estados brasileiros encaram essa problemática, ou seja, mini cracolândias estão surgindo e isso é um agravamento (Cracolândia [...], 2023).

No país, as medidas de lockdown adotadas com relação à Covid-19 parecem ter tido impacto na redistribuição e na gestão do mercado de cocaína internamente (Relatório [...], 2022). O relatório da ONU menciona que no nosso país houve um aumento nas mortes relacionadas à cocaína durante a pandemia e diz que “é possível que uma mudança na dinâmica do tráfico tenha resultado em um aumento na disponibilidade de cocaína e intensificado os padrões de uso”(Papa [...], 2015).

A produção global de cocaína vem alcançando níveis alarmantes à medida que a demanda se recupera após restrições impostas devido à Covid. Em 2019 a produção chegou a 234 mil hectares plantados (Geopolítica [...], 2021). No ano seguinte, em 2020, a produção global de cocaína atingiu 1.982 toneladas. O Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC) informou que o cultivo de coca aumentou 35% entre 2020 e 2021, chegando a níveis recordes (Papa [...], 2015)

O governo brasileiro adotou diversas estratégias para lidar com o problema das drogas. Isso inclui esforços no campo da prevenção, tratamento e repressão ao tráfico. No entanto, a complexidade do problema envolve desafios como a falta de acesso a tratamentos de qualidade para dependentes químicos, a corrupção e a violência associada ao tráfico de drogas, bem como a necessidade de abordagens que considerem tanto os aspectos de saúde pública quanto de segurança. A lacuna no tratamento para transtornos associados ao uso de drogas continua sendo grande. Em 2021, apenas uma em cada cinco pessoas recebeu tratamento por transtornos associados ao uso de drogas. Além disso, as disparidades no

acesso ao tratamento em diferentes partes do mundo estão aumentando (Relatório [...], 2023).

1.3 Drogas de abuso e a sua legislação

A legislação brasileira começou a se preocupar com o problema das drogas a partir de 1890, neste ano foi promulgado o artigo 159 do Código Penal, pelo governo provisório do Brasil, tratava do crime de expor à venda ou ministrar substâncias entorpecentes sem legítima autorização e sem as formalidades prescritas nos regulamentos sanitários. A pena prevista para esse crime era detenção de um a seis meses e multa de 200 a 500 mil réis (BRASIL, 1890). Desde então o Brasil procurou acompanhar os critérios internacionais.

Esse artigo foi alterado em 1932, por influência dos Estados Unidos, que iniciaram uma campanha contra o uso da cannabis (maconha). A nova redação do artigo 159 incluiu a expressão “ou qualquer outra substância capaz de determinar hábito nocivo ou pernicioso”, e aumentou a pena de detenção de seis meses a dois anos e multa de 500\$ a 2.000\$ réis. Esse artigo foi revogado pelo Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940, que instituiu o novo Código Penal, com um capítulo específico sobre os crimes contra a saúde pública, incluindo o tráfico e o uso de drogas (BRASIL, 1890).

Em 23 de agosto de 2006 foi promulgada a lei de número 11.343, conhecida como Lei de Entorpecentes ou Lei de drogas é uma das principais leis do nosso país, que refere ao Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas (Sisnad) (BRASIL, 2006).

Esse sistema estabelece as políticas públicas para o enfrentamento do tráfico de entorpecentes. Entre elas estão a prevenção do uso indevido dessas substâncias, assistência social como a atenção e reinserção dos usuários e dependentes. Além disso, define as políticas de repressão à produção e ao tráfico ilícito de substâncias entorpecentes e também os crimes relacionados a essas atividades (BRASIL, 2006).

A lei teve algumas alterações pela Lei nº 13.840, de 5 de junho de 2019, que dispõe sobre alguns aspectos da primeira, principalmente em relação ao Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas (Sisnad), às condições de atenção aos usuários ou dependentes de drogas e ao financiamento das políticas sobre drogas (BRASIL, 2019).

Entre elas, introduziu a possibilidade de internação involuntária dos usuários ou dependentes de drogas que não tiverem capacidade de consentir com o tratamento. A internação involuntária deverá ser realizada em unidades de saúde ou hospitais gerais, com prazo máximo de 90 dias, mediante laudo médico e autorização da família ou do representante legal do paciente, uma vez que a mesma também estabeleceu que o Sisnad deveria atuar em articulação com o Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2019).

1.4 Química e Toxicologia forense

A química forense é uma área da ciência forense dedicada a solução de questões de natureza forense, com o objetivo de atender a aspectos de interesse jurídico por meio da análise de diferentes substâncias presentes em diversas matrizes, como drogas ilícitas e lícitas (ROMÃO, *et al.*, 2011).

Além de identificar substâncias específicas também pode fornecer informações cruciais sobre a origem, idade e pureza. Essas avaliações são fundamentais em uma investigação e na apresentação de provas em processos judiciais (ROMÃO *et al.*, 2011).

Assim sendo, torna-se importante por parte dessa matéria a pesquisa dos processos de refino e diluição das drogas, bem como a rota utilizada por traficantes (COSTA, 2012).

Muitos são os estudos que buscam a identificação dos constituintes das amostras apreendidas mas poucos quantificam, menos ainda os elementos inorgânicos. Uma técnica de preparo de amostra que vem sendo muito usada para a digestão das drogas ilícitas é a digestão ácida utilizando radiação por micro-ondas em sistema fechado devido a sua rapidez e eficiência (CUADERNOS DE EDUCACION DESARROLLO, 2024). Em geral as vantagens preconizadas para digestão assistidas por micro-ondas em sistema fechado são semelhantes àquelas para o sistema fechados de alta pressão com aquecimento convencional (blocos de digestão), em contrapartida o sistema aberto tem maior risco de perda de analitos por volatilização, maior risco de contaminação devido o ambiente de trabalho e maior consumo de insumos.

A técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), é uma técnica analítica amplamente utilizada para detectar e quantificar elementos químicos em uma variedade de amostras. Capaz de apresentar

múltiplos elementos simultaneamente em concentrações muito baixas, na faixa de ppb (partes por bilhão) de forma rápida. Essas vantagens tornam uma ferramenta essencial para a pesquisa científica (SKOOG *et al.*, 1998).

Devido a grande quantidade de elementos e informações que se pode obter através das análises torna-se necessário utilizar ferramentas estatísticas para auxiliar nas interpretações dos resultados. dessas ferramentas três são: a análise hierárquica de Cluster (HCA) e correlação de Spearman (BRERETON, R.G. *et al.*, 2003).

Dentro dessa grande área destaca-se a toxicologia forense, que é a ciência que estuda os agentes tóxicos em matrizes biológicas, ou seja, que busca avaliar o impacto dos mesmos no organismo (PASSAGLI, 2006).

Em resumo, a toxicologia forense é uma ciência interdisciplinar aplicada nas investigações, seja no âmbito criminal ou em outras áreas, ou ainda durante o processo judicial, com a finalidade de auxiliar na elucidação dos fatos e na resolução de casos judiciais (PRITSCH, 2020).

Os profissionais da área trabalham com o objetivo de identificar, isolar e analisar as evidências, que podem ser provenientes de uma cena de crime (*post mortem* ou *ante mortem*), dopagem no esporte, teste de drogas em ambiente de trabalho e no trânsito. O estudo quando relacionado a casuística forense, pode contribuir significativamente para o esclarecimento de processos de intoxicações e contaminações, acerbando-se em disciplinas como a química analítica, farmacologia, química clínica e medicina legal, essas análises podem ser feitas em matrizes diversas inclusive nas pequenas amostras de substâncias encontradas no local de crime (TOXICOLOGIA FORENSE, 2024).

A interpretação dos resultados das análises toxicológicas requer conhecimento sobre as propriedades farmacocinéticas e farmacodinâmicas das substâncias tóxicas, bem como sobre os fatores que podem influenciar na sua distribuição, metabolização e eliminação no organismo. É igualmente necessário considerar os efeitos tóxicos agudos ou crônicos das substâncias, as interações entre elas e os sinais clínicos ou patológicos observados nas vítimas. Este campo consegue estreitar as informações de forma a fornecer dados referente a coleta, preparo até mesmo a diluição, sendo assim, auxiliam na atividade policial através das informações quanto a rota e até precursores de uma nova droga sintética (TOXICOLOGIA FORENSE, 2024).

1.5 Classificação das drogas de abuso

Por drogas de abuso compreende-se substâncias que alteram o funcionamento normal do sistema nervoso central, mais especificamente o encéfalo, alterando o humor, a interpretação dos estímulos sensoriais e outras funções. A intoxicação ocorre quando a ingestão produz alterações comportamentais, fisiológicas e psicológicas e a repetição da prática pode levar a tolerância, onde ocorrem adaptações fisiológicas sendo necessárias doses maiores para obter um mesmo resultado, ou seja, em busca da sensação desejada o usuário vai aumentando a frequência e a dose (MOELLER, 2011).

Elas podem ser classificadas de acordo com diferentes critérios, como a origem, a legalidade, a estrutura, os efeitos e o impacto social. A classificação mais usada para o agrupamento das drogas segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), é dividida em três categorias principais, de acordo com os seus efeitos no SNC:

- Depressoras: são aquelas que diminuem a atividade cerebral, causando sonolência, relaxamento, diminuição da dor e da ansiedade. Exemplos: álcool, opioides, benzodiazepínicos, inalantes.
- Estimulantes: são aquelas que aumentam a atividade cerebral, causando euforia, excitação, aumento da energia e da atenção. Exemplos: cocaína, anfetaminas, cafeína, nicotina.
- Alucinógenas ou Perturbadoras: são aquelas que alteram a percepção da realidade, causando alucinações, distorções sensoriais, alterações do humor e do tempo. Exemplos: LSD, psilocibina, mescalina, DMT.

Essa classificação não é rígida nem exclusiva, pois algumas drogas podem ter efeitos mistos ou variáveis de acordo com a dose, a via de administração, o contexto e as características do usuário (ALARCON, 2012).

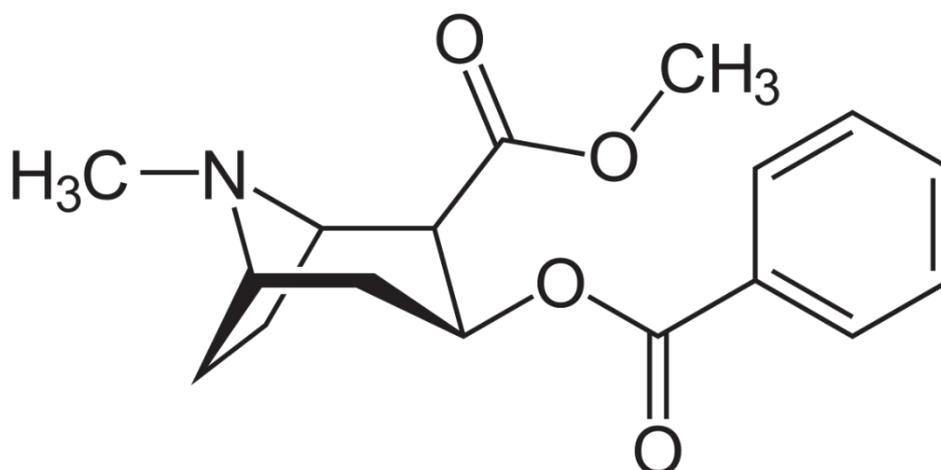
O processo de ação dessas drogas segue três etapas, inicialmente a compulsão, que é o desejo de usar, a tolerância que é em consequência do uso progressivo e por fim a dependência, onde o uso passa a ser necessário para o funcionamento dos neurotransmissores (CUNHA et al., 2017).

1.6 Cocaína

De acordo com a IUPAC, a cocaína é um composto orgânico que possui o nome sistemático de metil (1R,2R,3S,5S)-3-(benzoiloxi)-8-metil-8-azabicyclo[3.2.1] octano-2-carboxilato. Apresenta fórmula molecular $C_{17}H_{21}NO_4$, de peso molecular de 303,36 g/mol, ponto de fusão na faixa de 96-98 Graus Celsius, é insolúvel em água e solúvel no metanol. O cloridrato de cocaína é solúvel em ambos solventes (Sección de laboratorio y asuntos científicos, oficina de las naciones unidas contra la droga y el delito, 2012).

A cocaína é definida como um alcaloide tropânico, por apresentar em sua estrutura o núcleo tropano, observado na figura 4 (CUNHA *et al.*, 2017). Os alcaloides são compostos por um grupo orgânico heterogêneo, onde uma das similaridade é a presença do nitrogênio, geralmente na forma de uma função de amina, existem várias classes e normalmente são encontrados em muitas plantas e têm propriedades farmacológicas, podendo ser usados como medicamentos ou drogas (COSTA, 2012).

Figura 4 – Estrutura molecular da Cocaína na forma de cloridrato



Fonte: Wikipedia (2020)

O mecanismo de ação da cocaína ocorre através da combinação do átomo de nitrogênio com receptores da membrana celular bloqueando a condução de íons de sódio e potássio, impedindo assim a propagação do impulso nervoso. Exerce efeito ao bloquear os transportadores de serotonina, noradrenalina e dopamina, aumentando a concentração dos

mesmos nas fendas sinápticas, o que intensifica a estimulação dos receptores pós sinápticos (RODRIGUES; SILVEIRA, 2022).

A intensidade do efeito eufórico após o seu uso depende de quão rápido a droga atinge o cérebro que está correlacionado com a dose e a forma de uso. Quando injetada, atinge o cérebro em segundo levando ao rápido início dos efeitos, por outro lado quando inalada, forma mais comum de uso recreativo, surgem rapidamente em torno de 5- 10 minutos. O crack, forma fumada, proporciona um efeito mais rápido e intenso, mas de curta duração (MOTA *et al.*, 2013).

1.6.1 Formas de Apresentação da Cocaína

A droga possui apresentações distintas que interferem na sua forma de uso e no efeito obtido, são elas (Ferigolo; Signor, 2007):

Quadro 1 – Formas de apresentação da cocaína

<p>Folhas de coca (<i>Ertroxylum coca</i>)</p>	<p>sua planta pode atingir até 3 metros de altura, apresenta casca de coloração avermelhada, suas folhas apresentam forma elíptica, oval ou lanceolada e são alternadas. A média de vida da planta varia de 10 a 15 anos, no entanto a produção está relacionada com as condições e tratamentos recebidos podendo variar. Culturalmente mascaradas ou ingeridas como chá (GOMEZ; PINEDA, 2013).</p>
<p>Pasta base de coca (PBC)</p>	<p>primeiro produto obtido através do processo de extração dos alcaloides da planta, é composta pela mistura das folhas com solventes orgânicos, como gasolina e querosene, contém muitas impurezas além dos metabólitos da planta, ela é reconhecida pela sua forma de pó de coloração bege ou amarela escura e é consumida por vias respiratórias inalando os vapores ao atingir a temperatura de 90 Graus Celsius (RODRIGUES; SILVA,</p>

	2019).
Base de cocaína (BC)**	é o segundo produto intermediário entre a folha de coca e o cloridrato de cocaína. É obtido pela purificação (oxidação) da pasta base de cocaína (PBC), e como resultado, seu teor de cocaína é maior (em relação a PBC). O principal método de purificação da PBC envolve a oxidação através da adição de permanganato de potássio em solução ou álcool etílico. A substância pode ser fumável, como forma de consumo, dada sua natureza alcalina (ALMEIDA; COSTA, 2020).
Crack	possui aspecto petrificado de coloração amarelada, é obtido através da solução aquecida do cloridrato de cocaína com algum composto básico, normalmente o bicarbonato ou hidróxido de sódio seguido de resfriamento e solidificação, resultando em um material rígido (ZACCA, et al. 2014).
Cloridrato de cocaína	quando a pasta é tratada com ácido clorídrico obtendo um pó de aspecto cristalino, inodoro com coloração que pode variar entre branco e amarelado, de paladar amargo, volátil ou seja se decompõe em altas temperaturas, portanto não pode ser fumada, ela é usada via endovenosa dissolvida em água ou aspirada.
Merla*	obtida da pasta base combinada com algumas substâncias como ácido sulfúrico possui a forma pastosa de coloração branca, com alto teor de água e de sais de sódio também é fumada.
Oxi*	cocaína oxidada, e sintetizada através da mistura de restos da pasta de cocaína com gasolina ou querosene e cal virgem (ALMEIDA,2015).

Fonte: UNODC, CDE, SIMCI (2022b); UNODC (2021); ZACCA et al. (2014)

1.6.2 Grau de Pureza da cocaína e o impacto na saúde

A análise química da substância em si é uma informação relevante sob dois aspectos, primeiro que a sua pureza está diretamente relacionada ao valor no mercado e como forma de obter mais lucro as organizações criminosas adulteram adicionando produtos para aumentar o volume, a outra perspectiva é que se trata de uma substância com elevado consumo mundial. Ao levantar dados referente a composição das substâncias consumidas por um usuário significa compreender os potenciais riscos decorrentes do uso e então prevenir e tomar medidas mais aprimoradas no atendimento a esse usuário (BRASIL, 2023).

Importante abranger aspectos socioculturais, socioeconômicos do local em estudo, uma vez que o uso de drogas ilícitas sofrem essa influência. Em um cenário que pode ser tão diversificado a dinâmica de preço, pureza e uso alteram (MEASHAM; SOUTH, 2012).

Raramente a cocaína é encontrada com alto grau de pureza, além dos adulterantes e diluentes adicionados ela geralmente apresenta contaminantes derivados do refino e transporte, esses que muitas vezes estão presentes em maiores concentrações. Os diferentes componentes, assim como as suas combinações encontradas nas amostras permitem o monitoramento da dinâmica do mercado de drogas ilícitas no país e apoia ações para o fortalecimento de políticas públicas baseadas em evidências científicas (AMORIM, 2023)

Das substâncias que podem ser misturadas classifica-se em quatro grupos:

1. Impurezas: as quais são outros produtos naturais presentes nas plantas como os metabólitos e vestígios de solventes.
2. Aditivos ou agentes de diluição: que são substâncias que não apresentam nenhuma atividade farmacológica
3. Adulterantes: essas substâncias possuem atividades farmacológicas, são usadas para potencializar o efeito da droga sob o usuário
4. Contaminantes: que são as consequências do preparo do produto final a

partir das folhas.

1.7 Metais Pesados

Por definição, metais pesados são aqueles elementos químicos com alta densidade e toxicidade. Dentre eles assistimos o chumbo, arsênio e o cádmio, que são considerados micro contaminantes ambientais (WHO, 2024)

A cocaína pode conter metais pesados que são associados a sérios problemas de saúde, que vão variar conforme a quantidade e a duração da exposição. Esses metais podem estar presentes tanto devido a contaminação ambiental quanto aos processos de adulteração que ocorrem durante a produção e distribuição da mesma, a combinação pode agravar ainda mais os perigos do efeito da droga (SHAFIR, 2024). O metal quando complexado com elementos orgânicos tem interferência na sua biodisponibilidade, toxicidade e modalidade do metal (VIEIRA, 2000).

1.7.1 Chumbo (Pb)

O chumbo elementar é um metal de aparência acinzentada cujo principal minério é a galena (PbS), embora poucos compostos de chumbo sejam fracamente solúveis em água, muitos são solúveis em fluidos corporais e tóxicos, especialmente quando inalados como fumos ou particulados finamente divididos (LEPERA, 2008).

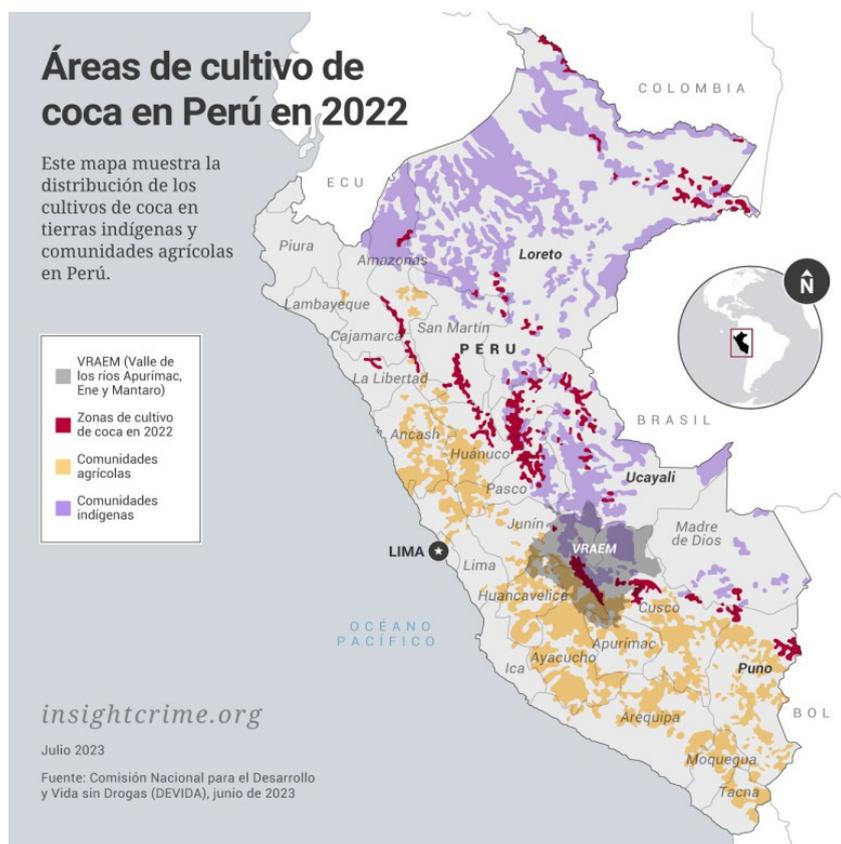
Da disposição no organismo a absorção pulmonar do chumbo e de seus compostos é influenciado pelo tamanho aerodinâmico da partícula e pela sua solubilidade e cerca de 40% do material que chega aos alvéolos são absorvidos. Já a absorção do metal ingerido é de 10% e desses 50% é eliminado pela bile. O metal no sangue é distribuído para todos os tecidos inclusive para o feto e depositado nos ossos (LEPERA, 2008).

Não existe nível de chumbo no sangue que não produza algum efeito deletérios. Seus sintomas são relativamente proporcionais aos níveis, o risco de deficiência

cognitiva aumenta quando o nível total de chumbo no sangue é de $\geq 10\text{mcg/dL}$ por um grande período, outros sintomas podem ser observados com níveis séricos $> 50\text{mcg/dL}$ como cólicas abdominais, constipação intestinal e alterações do humor (O'Malley; O'Malley, 2022). A anemia normocítica ou microcítica é uma sugestão de intoxicação pelo metal, o diagnóstico é definitivo se o nível no sangue for $\geq 5\text{mcg/dL}$. Possui efeito acumulativo podendo causar danos irreversíveis ao cérebro, principalmente crianças, hiperatividade, retardamento de crescimento, anemia, tumores renais (CUNHA; MACHADO,2004) e doenças oculares (BOCCA et al., 2020)

O chumbo está listado entre os produtos químicos de maior preocupação para a saúde pública, conforme a OMS (Rocha, 2022). Esse mesmo metal, muito utilizado como diluente inorgânico na cocaína, está entre as substâncias mais produzidas pelo Peru, país com destaque no tráfico. Uma pesquisa realizada em 2021, apontou uma intoxicação preocupante pelo mesmo em população indígena da região de Cusco, que também é uma zona de cultivo de coca, como aponta o mapa ilustrado abaixo (Figura 5).

Figura 5 – Áreas de cultivo de cocaína no Peru



Fonte: Voss (2023).

1.7.2 Cádmiio (Cd)

Em 1817 Friedrich Strh Meyer, descobriu o cádmio a partir das impurezas do mineral calamina (Zn_2CO_3), originando assim o seu nome (MARTÍN, 2000).

É um metal tóxico, de cor branco-prateada, maleável, dúctil, estável e de baixo ponto de fusão (MARCIA GUEKEZIAN, 2024).

A principal via de absorção é respiratória que pode chegar de 10% a 40% do metal inalado. Após absorvido liga-se às proteínas do sangue, geralmente albumina, inicialmente é distribuído ao fígado e redistribuído de forma mais lenta para os rins, formando um complexo cádmio-metalotioneína.

Contatos mais breves tendem a provocar dores de cabeça, resfriados ou dores musculares, já um contato mais prolongado pode levar a danos muito graves, tais como pneumonia, bronquite ou edemas pulmonares. A contaminação com o cádmio atinge de maneira mais aguda os rins, comprometendo irreversivelmente a habilidade de remover ácidos do sangue. Essa disfunção provoca a diminuição da concentração de fosfatos no sangue, fraqueza muscular e por vezes, coma (TSUCHIYA, 1979).

1.7.3 Arsênio (As)

O arsênio é um elemento químico conhecido por propriedades tóxicas e carcinogênicas. Em muitos países andinos como Bolívia e Peru, ele está presente naturalmente em altos níveis no solo e na água devido a geologia da região e conseqüentemente pode resultar em níveis elevados na água e em alimentos cultivados nessas áreas.

Cerca de 99% do arsênio é absorvido pela mucosa intestinal e passado para os eritrócitos. Ele interage com a fração de globina da hemoglobina, acumula-se no fígado, rins, coração, pulmões, sistema muscular e nervoso, trato gastrointestinal e baço (CASTRO-BEDRINANA *et al.*, 2023). Na maioria dos casos, os efeitos mais imediatos são vômitos, diarreia e hemorragia gastrointestinal. Já a exposição crônica afeta o sistema vascular, causa hipertensão, doenças cardiovasculares, diabetes, doenças dérmicas,

canceres (JOMOVA et al., 2011) e conjuntivite (BARRA et al., 2000).

Um estudo realizado em 2015 na região de Piura no Peru, encontrou elevados níveis de arsênio em água subterrânea e identificou a relação com problemas de saúde como câncer de pele e doenças cardiovasculares, a pesquisa foi publicada na Journal of Environmental Science and Health.

1.8 Técnica e formas de detecção

Muitas são as técnicas empregadas nos laboratórios forenses, as técnicas de espectrometria de absorção atômica por aquecimento eletrotérmico (ETAAS), espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS), espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) tem sido amplamente citado na literatura para as análises de elementos traços, porém para a quantificação em cocaína poucos trabalhos são encontrados (AMORIM, 2023)

Bermejo-Barrera et. al obteve a solubilização completa das cocaína com diluição aquosa de HNO_3 3,5% v/v final e trabalhou com os elementos inorgânicos por ETAAS, FAAS e FAES, enquanto Violante et al diluiu em HCl 1:1 e utilizou a técnica de ICP OES e Magalhães et al que avaliaram a composição orgânica e inorgânica através de técnicas espectrométricas multielementar com solução de HNO_3 10% v/v final (AMORIM, 2023).

No entanto, devido toda a alteração que a cocaína sofre até que ela chegue às ruas é importante decantar completamente as amostras, assim mais informações podem ser levantadas como o perfil de adulteração através das rotas, neste caso é interessante realizar a solubilização total das amostras.

Assim, uma técnica de preparo das amostras que vem sendo muito usada para digestão completa de diversas matrizes, é a digestão ácida utilizando radiação por micro-ondas em sistema fechado devido a rapidez e eficiência na digestão (BUDIČ; KLEMENC, 2000).

1.9 Técnica de ICP - OES

A primeira etapa para iniciar qualquer método de espectrometria óptica é a atomização da amostra, no qual ocorre o processo de volatilização e decomposição da amostra de interesse produzindo uma fase gasosa de íons e átomos. Essa etapa pode influenciar na sensibilidade, precisão e exatidão do método, considerada uma etapa crítica.

A técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) é uma técnica de análise química que permite a determinação simultânea de vários elementos em uma amostra, por possuir boa sensibilidade e fazer medições precisas em proporção de ppb (parte por bilhão). A técnica utiliza um plasma de argônio como fonte de excitação, que atinge temperaturas muito altas (entre 7000 e 10000 K) e produz átomos e íons excitados que emitem radiação eletromagnética em comprimentos de onda característicos de cada elemento. A radiação emitida é medida por um espectrômetro óptico, que permite a identificação e quantificação dos elementos presentes na amostra (CAZES, 2005).

A transferência de energia para os elétrons através da bobina é chamada acoplamento indutivo. A técnica baseia-se na medição da radiação eletromagnética emitida por átomos ou íons excitados pelo plasma nas regiões do espectro visível e ultravioleta (160 - 800 nm) (As técnicas [...], 2020). Uma vez que cada elemento emite luz em comprimentos de ondas característicos e estas podem ser usadas para a análise quantitativa (PETRY, 2005).

No plasma de argônio, os íons de argônio e os elétrons são as espécies condutoras principais. Uma vez formado no plasma, são capazes de absorver potência suficiente de uma fonte externa para manter sua temperatura em um determinado nível, de forma que a ionização adicional é capaz de sustentar o plasma indefinidamente (SKOOG, et al., 1998).

Na espectrometria de emissão óptica com fonte de radiofrequência ou seja plasma acoplado indutivamente, apresenta temperatura duas vezes maior que a combustão por chama. A alta temperatura, a estabilidade e o ar ambiente relativamente inerte no plasma eliminam mais interferências do que a combustão por chama (HARRIS, 2005)

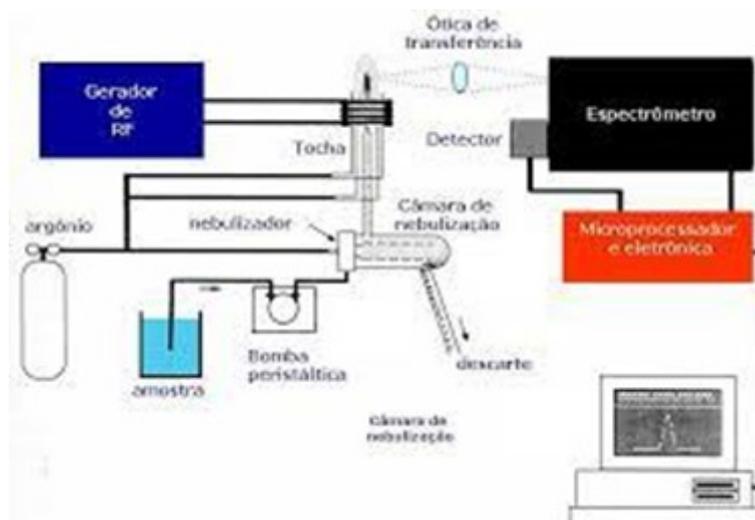
A amostra é introduzida no equipamento na sua forma líquida, no espectrômetro ela sofre nebulização sendo transportada até o plasma, onde ocorre o processo de dessolvatação, vaporização, atomização e excitação e/ou ionização. Os átomos gerados vão emitir uma radiação característica (BOSS *et al.*, 1997).

É uma técnica que aceita matrizes complexas e têm habilidade de analisar quantidades muito pequenas, menor de 1 mL para amostras líquidas e menos de 50 mg para amostras sólidas (HOU *et al.*, 2000)

A técnica ICP-OES tem várias vantagens, como alta sensibilidade, baixo limite de detecção (LD), ampla faixa linear de resposta, alta seletividade, baixa interferência espectral e matriz, alta reprodutibilidade e rapidez na análise. em decorrência disso pode ser utilizada para a determinação de baixas concentrações de metais. A técnica também tem algumas desvantagens, como alto custo do instrumento e do consumo de argônio, necessidade de maior experiência do operador, dificuldade na determinação de alguns elementos como C, H, N, O e halogênios, e possibilidade de contaminação da amostra (MOREAU, 2008)

Na Figura 6, pode-se observar os principais compartimentos do equipamento sendo eles:

Figura 6 – Esquema da instrumentação de um espectrômetro de emissão óptica



Fonte: SKOOG *et al.*, 2006

Em resumo o equipamento conta com um sistema de vácuo cujo interior possui um par de eletrodos onde a distância dos mesmo são variáveis e este ligados a uma fonte de alta tensão. Acoplado a essa câmara possui uma válvula agulha que regula o fluxo de injeção do gás a ser ionizado, na sequência do equipamento um espectrômetro interligado a uma fibra óptica e um microcomputador com o software de interface micro espectrômetro para o processamento de dados (Espectrometria [...], 2020).

1.10 Quimiometria

A Análise Hierárquica de Cluster (HCA) é um processo hierárquico que tem por objetivo exibir dados em um espaço bidimensional de maneira a enfatizar os seus agrupamentos e padrões naturais. Os principais aspectos da sua análise estão em identificar padrões ou características comuns e seus subgrupos dentro de um conjunto de dados (RECONHECIMENTO... 2021).

A similaridade pode ser entendida como a distância entre objetos no espaço. Os resultados são apresentados na forma de dendrogramas os quais agrupam amostras em função das suas similaridades. Conforme essas amostras são agrupadas formam-se hierarquia de vários níveis. A distância euclidiana e a técnica de conexão baseada na distância do vizinho mais próximo são as metodologias mais utilizadas para o cálculo da similaridade (RECONHECIMENTO... 2021).

Gráfico de dispersão, uma análise que tem por finalidade identificar os valores mais distintos, os valores que estão fora, extremamente baixos ou altos, ou outliers como podemos chamar.

Um coeficiente de correlação mede o grau pelo qual duas variáveis tendem a mudar juntas. Já o Coeficiente de Correlação de Spearman, teste não paramétrico, mede o grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas. Os valores da correlação (ρ) variam de +1 para -1, que reflete a intensidade de uma relação linear entre os dois conjuntos de dados, onde $r = 1$ é perfeita positiva, $r = -1$ é perfeita negativa, $r = 0$ nula, $0 < r < 1$ positiva e $-1 < r < 0$ é negativa. (CORRELAÇÃO...2022).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar e avaliar quanto a presença de adulterantes e metais pesados nas amostras de cocaína apreendidas nas cidades de fronteiras do Estado de Mato Grosso do Sul (Corumbá, Ladário, Porto Murtinho, Caracol, Bela Vista, Antônio João, Ponta Porã, Aral Moreira, Laguna Carapã, Amambai, Coronel Sapucaia, Paranhos, Sete Quedas, Tacuru, Japorã, Eldorados, Iguatemi e Mundo Novo).

2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer o perfil das amostras apreendidas nas cidades fronteiras do Estado de Mato Grosso do Sul quanto a presença de adulterantes;
- Identificar nas amostras quais os principais adulterantes utilizados;
- Identificar quais cidades de fronteiras tiveram o maior número de apreensões;
- Avaliar diferenças quanto ao número de apreensões antes e depois da pandemia;
- Identificar os metais Pb, Cd e As presentes nessas amostras;
- Quantificar os metais Pb, Cd e As nas amostras;

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 Coleta e avaliação de dados

Foram coletados dos registros manuais os resultados obtidos pelas análises do FTIR das amostras de cocaína apreendida nas cidades de fronteira do Estado de Mato Grosso do Sul, realizados pelos peritos do IALF da Polícia Científica do Estado do período de 2019 até 2022 e então foram tabelados no Excel para proceder com a pesquisa.

3.2 Amostras analisadas pelo ICP-OES

Após a coleta de todos os resultados foram totalizadas 458 amostras de cocaína apreendida em cidade de fronteira do Estado no período de 2019 a 2022. Como o número de amostras é extenso e para a realização das análises seria viável uma pequena amostragem, foram consideradas apenas as amostras referente ao ano de 2019 e então estabelecidos alguns critérios tanto de inclusão quanto de exclusão, totalizando 29 amostras.

- Critérios de exclusão: amostra que foi detectada a presença de cocaína no FTIR e amostra que continha menos de 1 g de contra prova. Uma vez que a análise realizada é destrutiva e seria necessário reservar uma quantidade para o departamento de polícia científica.
- Critérios de inclusão: amostras que apresentaram algum adulterante ou diluente como resultado na análise por FTIR.

3.3 Materiais

- Balança semi analítica;

- Espátula de metal;
- Tubo de ensaio;
- Eppendorf;
- Centrifugador
- Sistema de digestão por micro-ondas.

3.4 Reagentes

- Ácido nítrico 65% P.A. (HNO_3) PM: 63,01 (ISO FAR);
- Peróxido de Hidrogênio P.A. (H_2O_2) PM: 34,01 (DINÂMICA);
- Água ultra pura (PURELAB OPTION-Q);
- Soluções padrão monoelementar de Chumbo (Pb), Arsênio (As) e Cádmio (Cd) para a calibração do equipamento de ICP MS (1000mg/L).
- O gás argônio para o ICP MS foi obtido pela orientadora Dra. Danielle Bogo.

4 MÉTODO

4.1 Pesagem de amostras

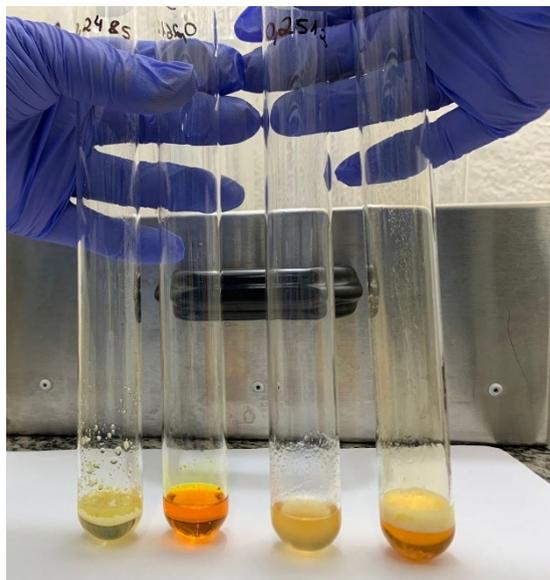
A primeira pesagem das amostras foi realizada usando uma balança semi-analítica do Laboratório do Instituto de Análises Laboratoriais Forenses (IALF).

Devido a quantidade limitada de amostra que são armazenadas, uma quantidade de 0,25g de amostras de cocaína foram pesadas e armazenadas em um eppendorf individualmente e identificadas de 1 a 29 e em seguida foram encaminhadas para o Laboratório de Metabolismo e Biomateriais da UFMS sob a supervisão de um perito do IALF.

4.2 Pré tratamento de amostras

As amostras de cocaína foram pesadas novamente no Laboratório de Metabolismo e Biomateriais em balança analítica para averiguar o peso, posteriormente foram transferidas para um tubo de ensaio de vidro (Figura 7) em seguida foram digeridas em mistura ácida. As digestões das amostras ocorreu em sistema aberto e preparadas como se segue: em uma capela de exaustão com 1 ml de água ultra pura, 2,5 ml HNO_3 (ácido nítrico) e 1,5 ml de H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) e submetido ao programa de aquecimento do bloco digestor (Figura 8) com rampas de patamares (TECNAL) (Tabela 1).

Figura 7 – Amostras de cocaína em tubos de ensaio



Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Bloco digestor (Tecnal)



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 – Condições de operação do digestor

Etapas	1	2	3	4	5
Set Point	80°	90°	100°	120°	150°
Tempo Rampa	15	10	10	10	15

(minutos)

Tempo Patamar (minutos)	60	30	50	60	120
----------------------------	----	----	----	----	-----

Após a digestão ácida as amostras como descrito anteriormenete, foram filtradas com papel filtro comum e tiveram o seu volume completado com água ultra pura até 10 ml. Em seguida as concentrações dos elementos nas amostras foram determinadas pela técnica de espectrometria de emissão ótica de plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). ICP-OES trata-se de uma técnica de análise elementar que utiliza os espectros de emissão de uma amostra para identificar e quantificar os mesmo presentes na matriz. A linha de emissão selecionada (comprimento de onda em nm) para a determinação de elementos foram: As (189.042 nm); Cd (228.802 nm); Pb (220.353 nm). As concentrações dos diferentes elementos nestas amostras foram determinadas utilizando as correspondentes curvas de calibração padrão obtidas utilizando solução padrão monoelementar de Chumbo (Pb), Arsênio (As) e Cádmio (Cd) e todas as análises foram realizadas em triplicata para cada amostra.

O limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) do procedimento proposto foram calculados utilizando o BEC (Background Equivalent Concentration). Onde o LD foi calculado três vezes o valor do desvio padrão dividido por slope e o LQ foi dez vezes o valor do desvio padrão do branco dividido por slope.

Utilizando o procedimento com as condições otimizadas, foram construídas curvas de calibração dos elementos analisados por ICP-OES, uma boa sensibilidade e ótimos coeficientes de correlação ($R^2 > 0,9994$) foram obtidos (Tabelas 2 e 3)

Tabela 2 – Parametros das curvas analíticas de As, Pb e Cd por ICP-OES.

Analito	Equação da reta	R²
Cd	$y = 11015x + 102,54$	$R^2 = 0,9995$
Pb	$Y = 926,64x + 12,077$	$R^2 = 0,9997$
As	$Y = 398,91x + 4,5663$	$R^2 = 0,9995$

Tabela 32 – Limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) obtidos na amostra de As, Pb e Cd.

Analito	LD (ng.mL-1)	LQ (ng.mL-1)
As	0,0027	0,0092
Pb	0.0032	0,01
Cd	0,0332	0,110

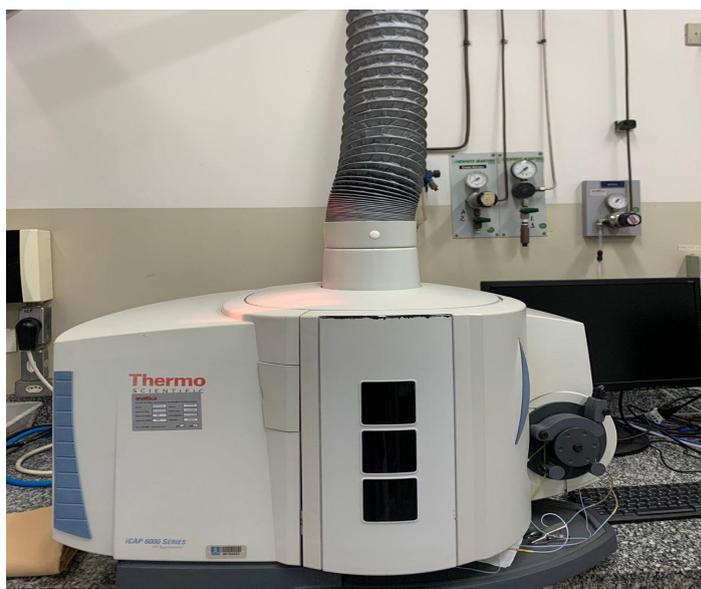
Assim, os parâmetros das curvas analíticas e os limites de detecção e quantificação se mostraram satisfatórios para a determinação dos constituintes inorgânicos em amostras de cocaína apreendidas nas cidades de fronteiras do Estado de Mato Grosso do Sul.

4.3 Aparelho

Foi utilizado um modelo Thermo iCAP 6300 Duo (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany) (Figura 9). Os metais determinados foram Cádmiio, Chumbo e Arsênio.

As configurações instrumentais e as condições operacionais do ICP-OES estão listadas no quadro 2.

Figura 93 – Thermo iCAP 6300 Duo ICP (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany)



Fonte: Autoria própria.

Quadro 2 – Configurações instrumentais e Condições operacionais do ICP- OES

Parâmetros	Condições
Tempo de vazão da amostra	0,35 L min ⁻¹
Tempo de vazão do gás do plasma	120 L min ⁻¹
Potência de RF	1250 W
Tempo de integração	5 s
Tempo de estabilização	20 s
Pressão de nebulização	30 psi
Modo de visão	Axial

4.4 Tratamento das amostras

Os resultados foram expressos pela média das triplicatas \pm desvio padrão. O programa utilizado foi o Microsoft Office Excel 2007.

A fim de se obter uma separação das amostras de cocaína de rua apreendidas, com base na composição química inorgânica, a análise de Cluster (agrupamento) foi executada.

O diagrama de Cluster foi obtido utilizando as concentrações dos elementos de 27, das 29, amostras analisadas. Duas amostras foram retiradas do estudo por meio de análise do gráfico de dispersão (Figura 13), pois apresentavam um comportamento outlier, prejudicando assim o resultado da análise. Nesta análise, as amostras foram agrupadas de acordo com suas semelhanças.

Para avaliar a associação entre as concentrações de Arsênio, de Chumbo e de Cádmio, uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste de correlação não-paramétrico de Spearman. O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) é um tamanho de efeito cujo valor absoluto pode ser classificado como: fraca ($\rho \geq 0,30$), moderada ($\rho \geq 0,50$), alta ($\rho \geq 0,70$) ou muito alta ($\rho \geq 0,90$) (HINKLE, WIERSMA & JURIS, 2003).

Essas análises foram conduzidas no software R versão 4.1.0 (R CORE TEAM, 2021) e adotaram um nível de significância (α) de 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises de dados FTIR

Os dados do FTIR foram concedidos pelos peritos do IALF da Polícia Científica do Estado de Mato Grosso do Sul. As informações assistidas nesse trabalho são referentes a 2019 até o ano de 2022 (Figura 10), abrangendo desde do período que antecede a pandemia do Covid -19, até o final dela, sendo assim, possível averiguar se houve impacto nessas cidades e se houve ou não alteração nas características das amostras com relação aos adulterantes e o número de apreensão no decorrer desse período.

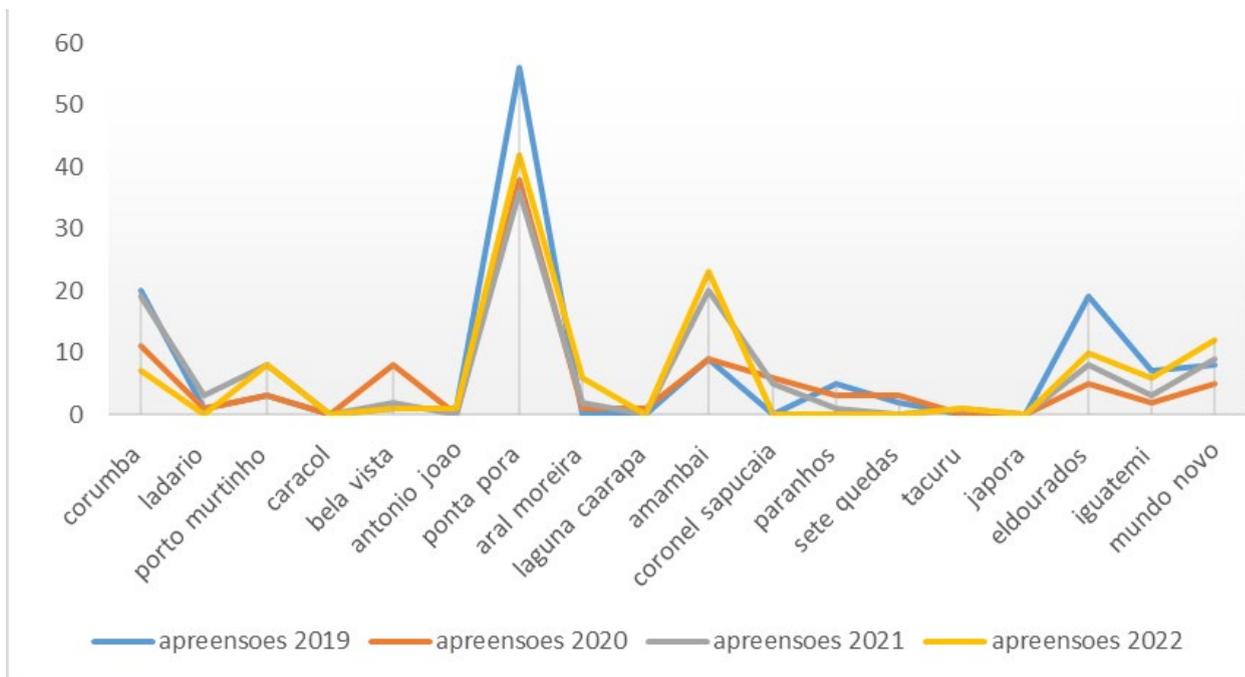
O total de apreensões nas cidades de fronteira em 2019 foi de 132, o equivalente a 6,6% das apreensões do estado. Destacando-se Ponta Porã com 42,42%, Corumbá com 15,15% e Eldorado 14,39%.

Já no ano de 2020 tivemos um total de 95 amostras apreendidas, representando 5,31% das apreensões estatais. Dessas evidenciamos Ponta Porã 39,58%, seguida por Corumbá representando 11,45% e Amambai com 9,37%.

Em 2021 ainda vivíamos um quadro de pandemia, no entanto o número de apreensões aumentou com relação a 2020 totalizando 117 amostras, sendo 5,71% das apreensões anual do estado. Ponta Porã segue em ênfase representando 30,76%, em seguida temos Amambai e Corumbá com 17,09% e 16,23% respectivamente.

No período pós pandemia em 2022, o número de apreensões segue o comportamento do ano anterior totalizando em 115 amostras, 4,7% em cidades de fronteiras. No entanto Ponta Porã continua sendo pioneira com 35,89%, Amambai com 19,65% e Mundo Novo se destaca com 10,25%.

Figura 4 – Apreensões de cocaína entre os anos de 2019 e 2022



Fonte: Autoria própria.

De acordo com os dados levantados podemos observar que o mercado de drogas ilícitas se mostrou flexível, onde a pandemia foi um atalho para ajustar a sua dinâmica. Observa-se um comportamento quase constante no número de apreensões, com um leve declínio em 2020, ano que foi implementado medidas de distanciamento social no país, seguido de uma rápida recuperação, esta pode ser justificada por vários motivos, o primeiro é que as pessoas ficaram reclusas, isso trouxe diversas mudanças sociais, comportamentais e emocionais, outro fator foi o impedimento da participação dos grupos de apoio, consequentemente os usuários aumentaram o uso e a frequência das drogas de forma geral (HOSSRI, 2021).

Conforme mostrado no relatório da UNODC, houve uma tendência crescente da droga nos estados do oeste do país, pois as medidas adotadas relacionadas à COVID-19 dificultou o deslocamento interno, pelo crime organizado, as dificuldades no transporte transfronteiriço levaram provavelmente a um aumento dos voos clandestinos e, por conseguinte, a um aumento dos fluxos para os estados fronteiriços a oeste, isso sugere que pouca droga adentrou o país sentido litoral, dado esse se confirma com a queda na apreensão de drogas nos países europeus.

A pandemia impôs necessidades de adaptação às instituições de segurança pública

no Brasil e prejudicou algumas atividades policiais, além dos afastamentos de policiais civis e militares por conta da suspeita de Covid-19, uma pesquisa realizada pela revista Piauí (Mazza, 2020), em 13 Estados brasileiros revelava que cerca de 7,3 mil policiais entre civis e militares tinham sido afastados de suas atividades por suspeita de terem contraído a COVID-19 e outro levantamento feito pelo Monitor da Violência (SILVA *et al.*, 2021), projeto do portal G1 em parceria com o núcleo de estudos da violência (NEV-USP) e o Fórum Brasileiro de Segurança Pública (FBSP), o vírus da COVID-19 causou a morte de 465 policiais civis e militares no país no mesmo período. A mesma fonte revelou que de 7471 policiais, 1611 foram afastados só no nosso Estado de Mato Grosso do Sul, representando 21,56% e 4 óbitos, mas, inversamente, levou a medidas restritivas de deslocamento que facilitaram a interdição de drogas nas estradas.

Tabela 4 – Número de apreensões por trimestre de 2019, 2020, 2021 e 2022

Cidades de fronteira	ano	Primeiro trimestre	Segundo trimestre	Terceiro trimestre	Quarto trimestre	Total amostras por cidade
Corumbá	2019	20	0	0	0	20
	2020	0	3	0	8	11
	2021	0	0	6	13	19
	2022	7	0	0	0	7
Ladário	2019	1	0	0	0	1
	2020	0	1	0	0	1
	2021	0	0	3	0	3
	2022	0	0	0	0	0
Porto Murtinho	2019	0	3	0	0	3
	2020	1	1	1	0	3
	2021	2	2	1	3	8
	2022	3	4	1	0	8
Caracol	2019	0	0	0	0	0
	2020	0	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0	0
	2022	0	0	0	0	0
Bela Vista	2019	1	0	0	0	1
	2020	2	1	5	0	8
	2021	2	0	0	0	2

	2022	0	1	0	0	1
Antonio Joao	2019	0	0	1	0	1
	2020	0	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0	0
	2022	0	0	0	1	1
Ponta Porã	2019	20	9	12	15	56
	2020	14	2	17	5	38
	2021	6	14	12	7	36
	2022	21	4	10	6	42
Aral Moreira	2019	0	0	0	0	0
	2020	1	0	0	0	1
	2021	0	0	2	0	2
	2022	1	3	1	1	6
Laguna Carapã	2019	0	0	0	0	0
	2020	0	0	1	0	1
	2021	0	0	0	0	0
	2022	0	0	0	0	0
Amambai	2019	3	0	3	3	9
	2020	3	2	4	0	9
	2021	1	10	5	4	20
	2022	8	5	2	8	23
Coronel Sapucaia	2019	0	0	0	0	0
	2020	0	0	5	1	6
	2021	0	2	3	0	5
	2022	0	0	0	0	0
Paranhos	2019	0	4	0	1	5
	2020	0	3	0	0	3
	2021	1	0	0	0	1
	2022	0	0	0	0	0
Sete Quedas	2019	0	0	0	2	2
	2020	0	1	0	2	3
	2021	0	0	0	0	0
	2022	0	0	0	0	0
Tacuru	2019	0	0	0	0	0
	2020	0	0	0	0	0
	2021	0	0	1	0	1
	2022	1	0	0	0	1
Japorã	2019	0	0	0	0	0
	2020	0	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0	0
	2022	0	0	0	0	0
Eldourados	2019	1	7	8	3	19

	2020	1	0	1	3	5
	2021	4	1	0	3	8
	2022	1	5	4	0	10
Iguatemi	2019	0	2	1	4	7
	2020	0	0	0	2	2
	2021	2	1	0	0	3
	2022	0	1	5	0	6
Mundo Novo	2019	2	3	2	1	8
	2020	1	2	1	1	5
	2021	3	2	4	0	9
	2022	6	1	3	2	12
Total de amostras por trimestre	2019	48	28	27	29	
	2020	23	16	35	22	
	2021	21	32	37	30	
	2022	48	24	26	18	

Quanto ao perfil de apreensões trimestrais, podemos avaliar o comportamento do fluxo dessa droga durante o ano e por qual cidades elas tem percorrido. É possível averiguar que as apreensões foram mais significativas no primeiro trimestre de 2019, momento em que a pandemia ainda não é iniciado e de 2022, momento em que antece o fim da Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional, que é declarado em 22 de abril deste ano (MINISTÉRIO....2022). Já nos anos de 2020 e 2021, o maior número de apreensões ocorreu no terceiro trimestre, sendo 2020 com um comportamento bem abaixo no segundo trimestre, justificado pelo início do isolamento e das medidas restritivas.

Associando as informações quanto ao número de apreensões nas cidades de fronteira e a demanda por trimestre, pode-se notar que no ano de 2020 e 2021 onde a maior demanda se concentra no terceiro trimestre as cidades com maior atividade são as mesmas, sendo Ponta Porã, Corumbá e Amambai, sugerindo que a cocaína está entrando tanto da Bolívia quanto do Paraguai em proporções semelhantes sentido sul do estado.

Quanto as cidades com maior atividade destaca-se Ponta Porã, cidade localizada no Estado de Mato Grosso do Sul. Ela faz fronteira com a cidade de Pedro Juan Caballero, no Paraguai, cidade que está ligada ao fluxo de drogas através da Rota Caipira, como levantado pela PRF, o que a torna um ponto importante e estratégico. A cidade é atravessada pela BR-463 e BR-267 ambas muito utilizada para o escoamento de drogas, justificando o seu

fluxo de apreensão.

Em seguida temos a cidade de Corumbá, atravessada pela BR-262, que é uma das principais rodovias federais, ligando a outros pontos importantes como Campo Grande e Três Lagoas e conectando até o Espírito Santo. A cidade faz fronteira com o Paraguai a oeste, com Bolívia ao norte, através do Rio Paraguai, que faz parte da região pantaneira. Portanto, é uma cidade que tem localização estratégica e é ponto de ligação com países vizinhos, Bolívia um grande produtor e Paraguai um ponto de adulteração. A cidade também tem atuação na Rota Caipira.

Outra cidade que chama atenção é Amambai, que em 2019 e 2020 teve constância na participação e em 2021 e 2022 tem um aumento significativo, ela está situada ao sul do Estado, perto da fronteira com o Paraguai. Também apresentam visibilidade as cidades de Eldorado, Iguatemi e Mundo Novo, todas vizinhas ao sul do estado, sugerindo uma proximidade a regiões com portos.

5.2 Perfil de adulterantes das Amostras das cidades de fronteira

Conhecer os adulterantes pode contribuir para o aprimoramento do controle dessas substâncias no mercado lícito e também pode contribuir para às autoridades o direcionamento as investigações a partir das substâncias encontradas.

A decisão de fazer análise de cocaína apreendida pelos estados também se deve ao fato de não haver coleta sistemática desde dado no âmbito estadual. Trata-se portanto, de um assunto ainda incipiente no país sobre a pureza de cocaína.

A adulteração da cocaína na forma de base ou crack seria um procedimento mais complexo do que em sua forma de “pó”, devido ao fato da substância na forma de base se apresentar no atacado como grandes tijolos de cocaína fundida (como “rapaduras”) e, portanto, não se mistura com facilidade a outros elementos sólidos, e para esse procedimento, ser necessário o manuseio de algum tipo de estrutura e técnica.

Apresentado os dados estatísticos referente a apreensão nas cidades de fronteiras, as análises feitas por FTIR das mesmas foi possível avaliar os compostos mais prevalentes nas amostras.

Tabela 5 – Total de amostras das cidades por ano e a prevalência dos adulterantes mais comuns.

Ano	Total de amostras das cidades de fronteiras	Cafeína	Lidocaína	Fenacetina
2019	132	12,8%	2,27%	0,75%
2020	96	6,25%	2,08%	
2021	117	12,8%	2,56%	0,85%
2022	117	5,98%		

Conforme os dados levantados o teor médio de cloridrato de cocaína nas amostras apreendidas é de 30,86%, confrontando os resultados obtidos pelas análises feita pelo INC/PF onde foi possível observar elevados valores de grau de pureza em um nível de 90% entre 2009 e 2021, sugerindo que as apreensões feita pela PF, essas geralmente em maior quantidade são mais puras e quando elas são distribuídas aos varejistas essas são adulteradas antes de chegar nas mãos dos usuários pelas ruas das cidades.

De acordo com a tabela acima também é possível perceber que a cafeína é o adulterante mais prevalente nas amostras apreendidas nas cidades de fronteira no período de 2019 a 2022, uma possível explicação seria por potencializar os efeitos psicoestimulante da droga e dentre os riscos dessa junção são as convulsões, problemas cardiovasculares e morte (SANTANA *et al.*, 2019).

A lidocaína segue em segundo, um anestésico local comumente utilizado em ambientes clínicos para procedimentos de menor risco, esse na década de 80 foi considerado o principal e como observado continua sendo uma opção viável, o uso simultâneo e frequente dessa combinação potencializa a convulsão (SANTANA *et al.*, 2019; Pawlik *et al.*, 2015) e a fenacetina, um antipirético e analgésico derivado do paracetamol, quase não aparece nos resultados, a substância não tem efeitos psicoestimulantes e a associação de ambos pode causar doenças cardiovasculares, urológicas ou renais (PAWLIK *et al.*, 2015).

Em regiões próximas às zonas de produção da cocaína, é possível inferir que

circulam com maior frequência produtos anteriores à fabricação do cloridrato da cocaína (como pasta base de cocaína e base de cocaína). Duas consequências na dinâmica do mercado da cocaína na América do Sul podem ser constatadas a partir disso. A primeira sendo a existência de uma maior oferta de cocaína na forma de “base”, com diferentes formas de fabricação. A segunda, refere-se à possibilidade das formas de cocaína fumável possuírem menores níveis de adulteração, uma vez que logo após a transformação em forma de pasta base já estariam prontas para o consumo.

Em um estudo realizado pela Polícia Científica no ano de 2023 de quatro estados do Brasil, sendo Mato Grosso, Pernambuco, Paraná e São Paulo, a fenacetina é um adulterante pouco usado. A cafeína é a substância mais utilizada onde São Paulo, estado vizinho de Mato Grosso do Sul é o estado que mais utiliza e Mato Grosso onde apenas 2,9% constam a presença da substância. A lidocaína possui distribuição semelhante com a cafeína, embora com menos presença, e assim como ocorre em São Paulo é o estado com maior presença. Tudo isso aponta que o padrão entre MS e SP se mantém semelhante.

Ao cruzar as cidades assistidas com a quantidade total de amostras com os respectivos adulterantes também podemos observar um comportamento de adulteração, como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 6 – Total de amostras com adulterações do ano de 2019.

Cidade	Cafeína	Lidocaína	Fenacetina
Antônio João	1	-	-
Ponta Porã	11	1	1
Amambai	2	-	-
Eldorados	4	2	-

Tabela 7 – Total de amostras com adulterações do ano de 2020.

Cidade	Cafeína	Lidocaína	Fenacetina
Ladário	-	1	-
Ponta Porã	4	1	-
Coronel Sapucaia	2	-	-

Tabela 8 – Total de amostras com adulterações do ano de 2021.

Cidade	Cafeína	Lidocaína	Fenacetina
---------------	----------------	------------------	-------------------

Porto	-	1	-
Bela Vista	1	-	-
Ponta Porã	8	2	-
Amambai	1	-	-
Coronel Sapucaia	1	-	-
Tacuru	1	-	-
Mundo Novo	2	-	1

Tabela 9 – Total de amostras com adulterações do ano de 2022.

Cidade	Cafeína	Lidocaína	Fenacetina
Ponta Porã	5	-	-
Amambai	1	-	-
Mundo Novo	1	-	-

Das cidades de fronteira, Ponta Porã e Amambai foram as que apresentaram maior número de adulteração quando comparadas com as demais cidades. Dado esse indica ponto de recebimento e adulteração da droga antes da sua posterior distribuição. Algumas chegaram a apresentar nenhuma adulteração.

5.3 Determinação de As, Pb, Cd por ICP -OES nas amostras

O intuito de quantificar esses metais também é tem uma preocupação da saúde pública, uma vez que podemos compreender os potenciais riscos e prevenir acidentes decorrente do uso assim como aprimorar o atendimento do Estado em casos de emergências.

Os resultados das concentrações das amostras analisadas estão apresentados na tabela 10. As concentrações observadas apresentaram grandes variações especialmente no Arsênio. As concentrações de arsênio se mostraram bastante elevadas com relação aos outros elementos analisados, o que é sugestivo para sua origem, uma vez que a água subterrânea naturalmente contaminada por esse metal, principalmente nas regiões andinas de países como Argentina, Chile, Peru e Bolívia. Nessa área geográfica, a presença de arsênio ocorre devido à lixiviação natural de minerais arsenicais presentes nas formações geológicas das montanhas. Esse processo é intensificado por atividades

vulcânicas e processos hidrotermais comuns nas regiões de mineração dos Andes. As atividades de mineração, comuns em Chile, Bolívia e Peru, também liberam resíduos ricos em arsênio.

As concentrações de chumbo se mostraram relativamente baixas, com um valor médio de 0.2554 ng.g, apenas duas amostras apontaram concentração próxima de 1ng.g, essas são respectivamente as amostras 8 e 25, ambas apreendidas na cidade de Ponta Porã.

As concentrações de Cádmio não variaram muito deslizando em valores menores ou igual a 0.1 ng.g. É considerado um contaminante ambiental, proveniente principalmente da atividade de siderurgia do aço e de outras atividades industriais. Ele também está presente em fertilizantes agrícolas.

Tabela 10 – Concentrações de As, Pb e Cb (ICP-OES) em amostras de cocaína.

Concentração (ng.g-1) ± desvio padrão relativo (RSD)			
Amostras	Arsênio	Chumbo	Cádmio
1	0,0631 ± 0,0155	0,1033 ± 0,0244	0,0831 ± 0,0029
2	0,0834 ± 0,0073	0,1484 ± 0,0100	0,0870 ± 0,0011
3	0,5306 ± 0,0044	0,1972 ± 0,0121	0,0927 ± 0,0009
4	0,7717 ± 0,0045	0,3544 ± 0,0141	0,0932 ± 0,0014
5	0,5356 ± 0,0267	0,1340 ± 0,0248	0,0856 ± 0,0027
6	0,5472 ± 0,0252	0,3040 ± 0,0248	0,0907 ± 0,0020
7	0,3818 ± 0,0224	0,1304 ± 0,0152	0,0890 ± 0,0022
8	1,6241 ± 0,0207	0,9954 ± 0,0269	0,1769 ± 0,0029
9	0,8452 ± 0,0070	0,3920 ± 0,0117	0,1135 ± 0,0023
10	0,4364 ± 0,0226	0,1534 ± 0,0183	0,0912 ± 0,0028
11	0,8938 ± 0,0112	0,4124 ± 0,0213	0,1163 ± 0,0026
12	0,5411 ± 0,0203	0,1595 ± 0,0088	0,0921 ± 0,0011
13	0,5230 ± 0,0267	0,1458 ± 0,0127	0,0917 ± 0,0021
14	0,4853 ± 0,0228	0,2082 ± 0,0180	0,0984 ± 0,0016
15	0,6484 ± 0,0088	0,2934 ± 0,0063	0,1053 ± 0,0013
16	0,7530 ± 0,0170	0,2989 ± 0,0172	0,1002 ± 0,0028

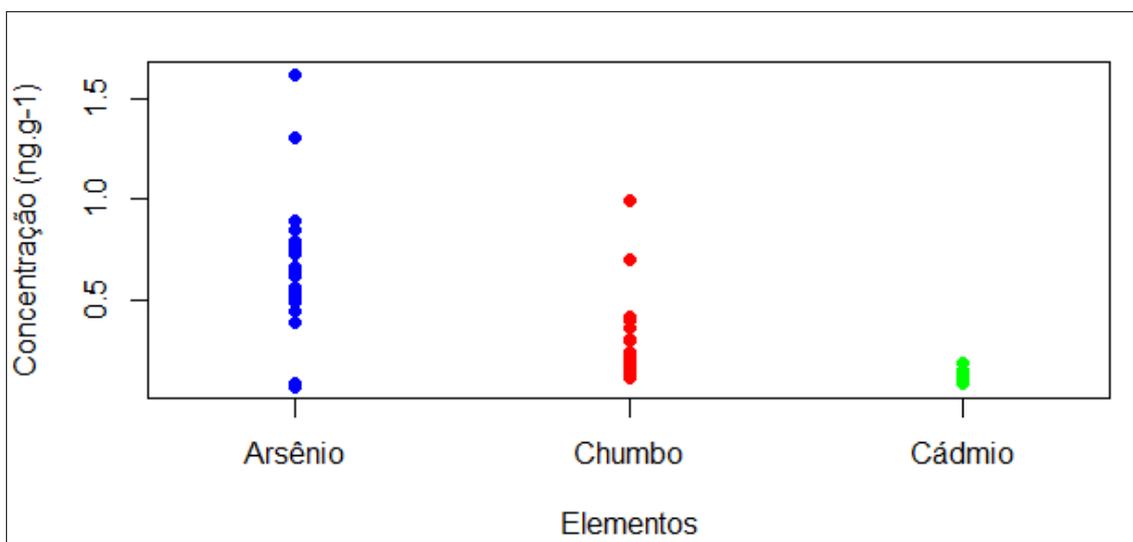
17	0,5341 ± 0,0299	0,1807 ± 0,0301	0,0945 ± 0,0033
18	0,7910 ± 0,0092	0,2173 ± 0,0096	0,0997 ± 0,0010
19	0,5257 ± 0,0288	0,1701 ± 0,0255	0,0947 ± 0,0029
20	0,6169 ± 0,0334	0,1573 ± 0,0263	0,0932 ± 0,0034
21	0,5081 ± 0,0280	0,1646 ± 0,0154	0,0948 ± 0,0019
22	0,5610 ± 0,0279	0,2089 ± 0,0375	0,0980 ± 0,0038
23	0,7307 ± 0,0326	0,1733 ± 0,0316	0,0926 ± 0,0039
24	0,6140 ± 0,0235	0,2149 ± 0,0249	0,0979 ± 0,0032
25	1,3084 ± 0,0377	0,6949 ± 0,0393	0,1477 ± 0,0039
26	0,5120 ± 0,0299	0,2381 ± 0,0233	0,1055 ± 0,0039
27	0,6627 ± 0,0244	0,2022 ± 0,0249	0,1010 ± 0,0032
28	0,6463 ± 0,0201	0,2056 ± 0,0220	0,0982 ± 0,0019
29	0,4909 ± 0,0285	0,1480 ± 0,0300	0,0940 ± 0,0036

5.4 Tratamento quimiométrico Análise de Cluster

5.4.1 Análise de Cluster

O gráfico de dispersão mostra a distribuição das concentrações (em ng.g^{-1}) de Arsênio (Azul), Chumbo (Vermelho) e Cádmiio (Verde) nas amostras analisadas. Cada ponto representa uma amostra individual, e a dispersão dos pontos reflete a variabilidade das concentrações. As cores diferenciam os elementos, conforme indicado na legenda.

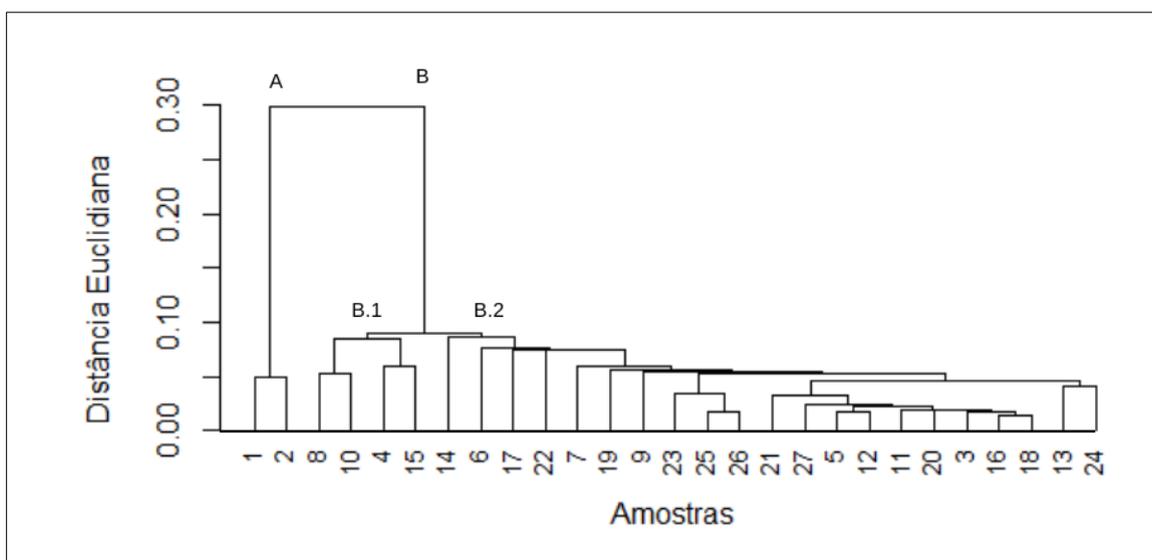
Figura 11 – Concentração de Arsênio, Chumbo e Cádmiio em amostras de cocaína



Fonte: Autoria própria.

Pelo diagrama de Cluster dois grupos principais foram obtidos, A e B (Figura 12). O grupo B contém a maior parte das 27 amostras analisadas, 25 no total; sendo que estas se dividem nos subgrupos B.1 e B.2, grupos estes que apresentam características distintas em relação a região de apreensão.

Figura 12 – Dendograma de correlação entre as amostras de cocaína.

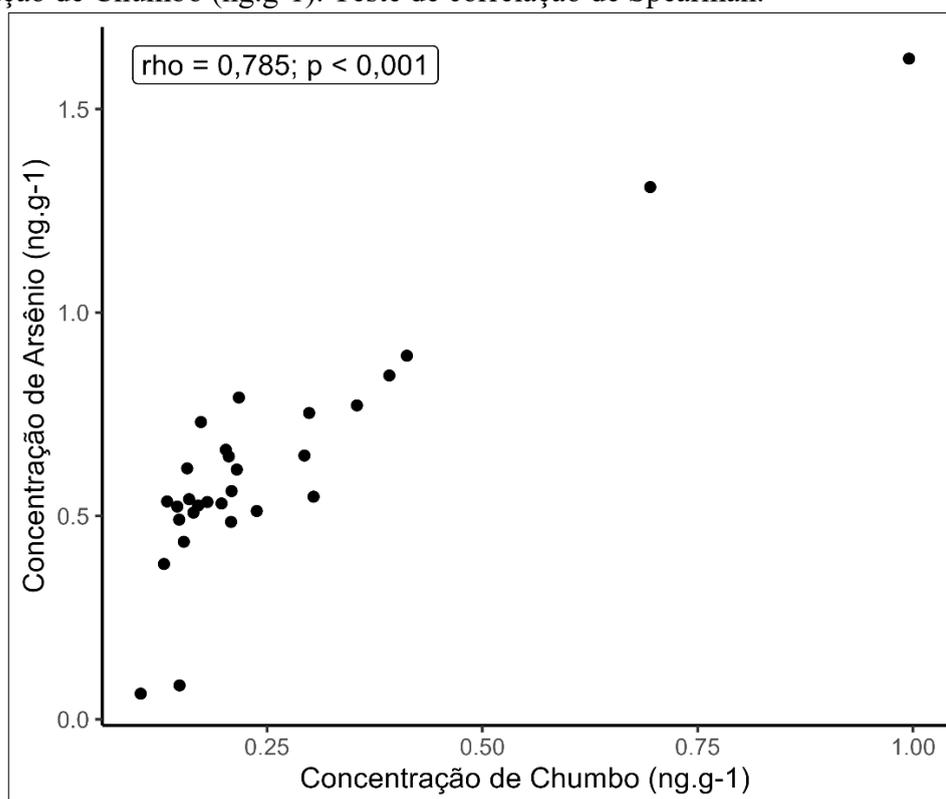


Fonte: Autoria própria.

5.4.2 Correlação de Spearman

O teste de correlação de Spearman indicou que há uma correlação positiva, alta e estatisticamente significativa entre a concentração de Arsênio e a concentração de Chumbo ($\rho = 0,785$; $p < 0,001$), uma correlação positiva, moderada e estatisticamente significativa entre a concentração de Arsênio e a concentração de Cádmiio ($\rho = 0,699$; $p < 0,001$) e uma correlação positiva, alta e estatisticamente significativa entre a concentração de Chumbo e a concentração de Cádmiio ($\rho = 0,799$; $p < 0,001$). Esse resultado está representado na Figura 13, 14 e 15.

Figura 13 – Gráfico de dispersão para a relação entre concentração de Arsênio (ng.g-1) e a concentração de Chumbo (ng.g-1). Teste de correlação de Spearman.

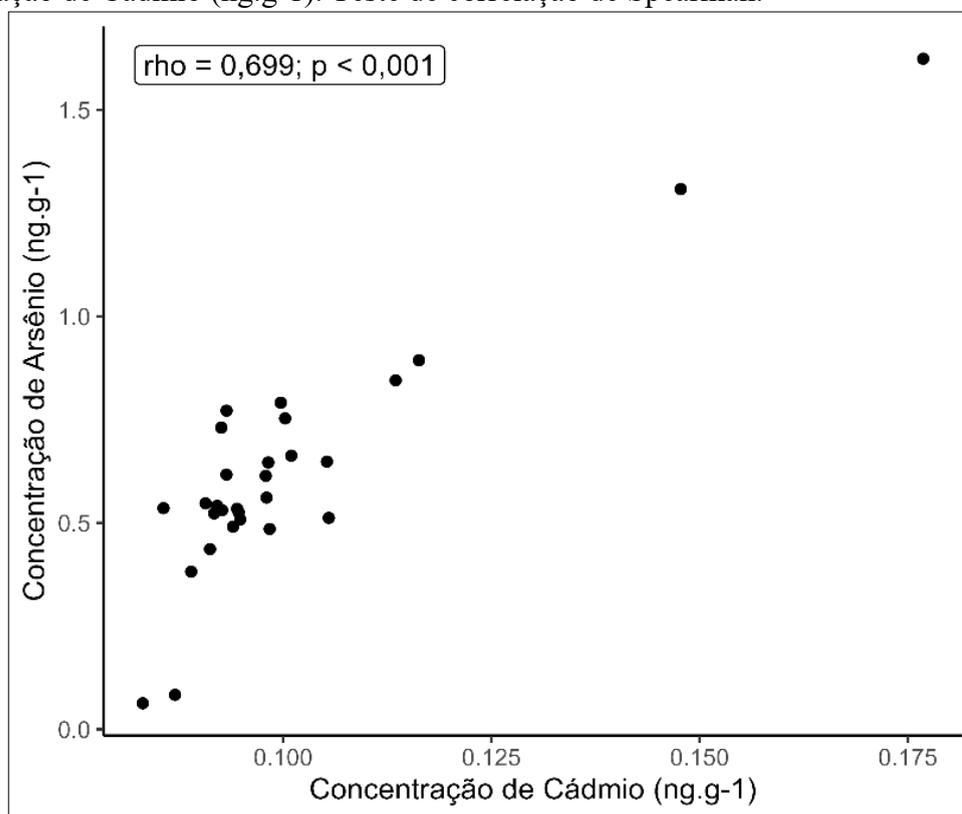


Fonte: Autoria própria.

A Anistia Internacional destacou em um relatório que o Estado Peruano reconhece que 10 milhões de seus habitantes, cerca de um terço da população, estão sob o risco de exposição a metais pesados, mais de 20% o equivalente a 6,8 milhões de pessoas a metaloides como o arsênio. O Peru ainda é um dos maiores produtores mundiais de chumbo além de outros metais

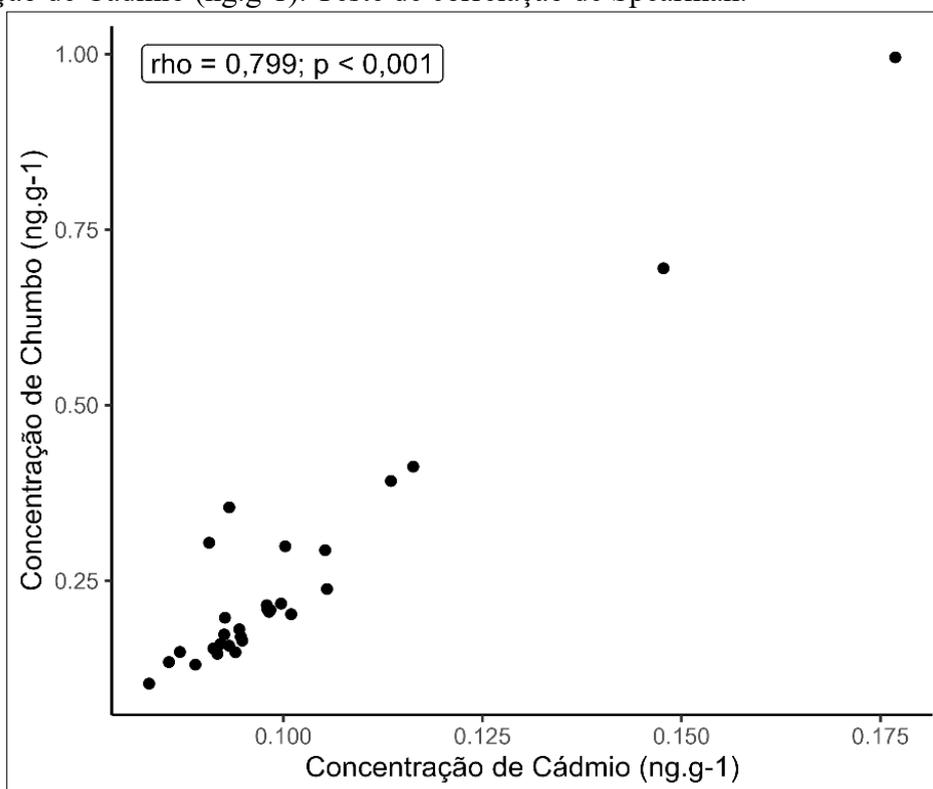
(CONTAMINAÇÃO...2021).

Figura 5 – Gráfico de dispersão para a relação entre concentração de Arsênio (ng.g-1) e a concentração de Cádmiu (ng.g-1). Teste de correlação de Spearman.



Fonte: Autoria própria.

Figura 65 – Gráfico de dispersão para a relação entre concentração de Chumbo (ng.g-1) e a concentração de Cádmi (ng.g-1). Teste de correlação de Spearman.



Fonte: Autoria própria.

Nos últimos dez anos houve alguns casos de contaminação por chumbo e cádmio em países andinos, principalmente Peru na região central dos Andes, nas áreas próximas ao complexo de mineração de La Oroya, estudos identificaram níveis elevados de chumbo e cádmio em sistemas agrícolas. Outro estudo mostrou contaminação por chumbo e cádmio na região de Mantaro, também no Peru, pela utilização de fertilizantes fosfatados (Castro-Bedriñana *et al.*, 2023).

As correlações obtidas (Tabela 11) foram utilizadas para sugerir relações entre os elementos e os produtos utilizados na produção/adulteração da droga.

Tabela 31 – Valores de ρ obtidos a partir das correlações de Spearman entre os elementos Arsênio, Chumbo e Cádmi determinados em amostras de cocaína.

	Arsênio	Chumbo	Cádmi
Arsênio	1		
Chumbo	0,785	1	

Cádmio	0,669	0,799	1
---------------	-------	-------	---

6 CONCLUSÕES

Quanto ao grau de pureza é bastante importante quando se analisa este mercado ilícito, o presente estudo mostrou que o maior teor de cloridrato de cocaína nas amostras apreendidas no Estado de Mato Grosso do Sul corresponde a 30,86%, ou seja, as mesmas quando circulando dentro do estado já apresentam bastante adulteração, quanto mais distante do mercado atacadista mais elevada a tendência de adulteração.

Conforme dados coletados no FTIR a cafeína, um estimulante do sistema nervoso central, que se consumida em grandes quantidades, possui efeitos indesejáveis com distúrbios de sono e humor, constante estado de alerta, é o adulterante majoritário nas amostras que não deram positivo para cocaína, possivelmente por ser de baixo custo e fácil acesso comparado aos anestésicos em geral (Cocaína [...], 2022)., seguida de lidocaína e fenacetina.

Quanto as cidades de fronteira que Ponta Porã, Corumbá, Amambai, Iguatemi, Mundo Novo e Eldourados são as cidades com maior participação no fluxo de drogas. Corumbá e Ponta Porã são porta de entrada pela Rota Caipira no nosso estado, justificado pelo maior número de apreensões em relação as demais cidades de fronteira.

O período de pandemia teve pouca repercussão no mercado ilícito e uma rápida recuperação, mostrando quão flexível é a rota do tráfico.

Quanto a presença de metais pesados a presença de Arsênio, Cádimo e Chumbo foram detectadas em todas amostras. Arsênio apresentou maior concentração, seguido de Chumbo e Cádimo.

REFERÊNCIAS

23 a 29/10 – Semana Internacional de Prevenção da Intoxicação por Chumbo. **BVS – Biblioteca Virtual em Saúde**, 2022. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/23-a-29-10-semana-internacional-de-prevencao-da-intoxicacao-por-chumbo/>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

ALARCON, S. Drogas Psicoativas: Classificação e bulário das principais drogas de abuso. Álcool e outras drogas: diálogos sobre um mal estar contemporâneo. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2012, pp103-129.

ALMEIDA, R. R. de *et al.* Cocaine-induced pulmonary changes: HRCT findings. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 323–330, jul./ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000000025>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/H7ktPhpzpL8Ck7n6HpSbyNF/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

ALVES, B. Os riscos à saúde causados pelo uso de mercúrio no garimpo. **G1 Globo Saúde**, fev. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/saude/noticia/2023/02/08/os-riscos-a-saude-causados-pelo-uso-de-mercurio-no-garimpo.ghtml>. Acesso em: 23 de março de 2024.

AMORIM, L. A produção de cocaína cresce 35% no ano e bate recorde - a droga chega até por correspondência. **Exame**, mar. 2023. Disponível em: <https://exame.com/mundo/producao-de-cocaina-cresce-35-no-ano-e-bate-recorde-droga-chega-at-e-por-correspondencia/>. Acesso em: 23 out. 2023.

As técnicas de ICP-OES e ICP-MS. **Revista Analytica**, [2020]. Disponível em: <https://revistaanalytica.com.br/as-tenicas-de-icp-oes-e-icp-ms/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

BAHLS, F. C.; BAHLS, S. Cocaína: origens, passado e presente. **Interação em Psicologia**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 175-181, 31 dez. 2002. Universidade Federal do Paraná. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/psi.v6i2.3305>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/psicologia/article/view/3305>. Acesso em: 2 fev. 2025.

BASTOS, W. R.; LACERDA, L. D. A CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA BACIA DO RIO MADEIRA: UMA BREVE REVISÃO. **Geochimica Brasiliensis**, [s. l.], v. 18, n. 2, 2012. Disponível em: <https://geobrasiliensis.emnuvens.com.br/geobrasiliensis/article/view/215>. Acesso em: 19 out. 2023.

CASTRO-BEDRIÑANA, J. *et al.* Lead, Cadmium, and Arsenic in Raw Cow's Milk in a Central Andean Area and Risks for the Peruvian Populations. **Toxics**, v. 11, n. 10, 809, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11100809>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305->

6304/11/10/809. Acesso em: 2 fev. 2025.

Contaminação com minerais tóxicos ameaça indígenas no Peru. Estado de Minas Disponível em:

https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2021/05/18/interna_internacional,1267690/c/ontaminacao-com-minerais-toxicos-ameaca-indigenas-no-peru.shtml. Acesso em: 18 novembro de 2025.

BORGES, M. T. G. *et al.* PERFIL QUÍMICO DA COCAÍNA APREENDIDA NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA E SEUS EFEITOS NA SAÚDE. **Revista Brasileira de Biomedicina**, [s. l.], v. 2, n. 2, 2022. Disponível em: <https://revistadabiomedicina.com.br/index.php/12222/article/view/114>. Acesso em: 2 fev. 2025.

BRASIL é o maior consumidor de crack do mundo, revela estudo. **Terra**, 2012. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/brasil-e-o-maior-consumidor-de-crack-do-mundo-revela-estudo,60b1dc840f0da310VgnCLD200000bbcecb0aRCRD.html>. Acesso em: 12 de maio de 2024.

BRASIL notificou mais de mil intoxicações por mercúrio em 15 anos. **Associação Paulista de Medicina**, fev. 2023. Disponível em: <https://www.apm.org.br/ultimas-noticias/brasil-notificou-mais-de-mil-intoxicacoes-por-mercurio>

BRASIL, K. Plantios de coca ameaçam a floresta amazônica na fronteira do Brasil. **Amazônia real**, nov. 2013. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/plantios-de-coca-ameacam-floresta-amazonica-na-fronteira-do-brasil/#:~:text=Segundo%20ele%2C%20uma%20parte%20da,pode%20superar%20a%20100%20toneladas>. Acesso em: 20 out. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 7179, de 20 de maio de 2020**. Institui o Plano Integrado de Enfrentamento ao Crack e outras Drogas, cria o seu Comitê Gestor, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 21 maio 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7179.htm. Acesso em: 15 de maio de 2024.

BRASIL. **Lei nº 13.840, de 5 de junho de 2019**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 6 jun. 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/113840.htm. Acesso em: 10 de abril de 2024.

BRASIL. **Lei nº 11343, de 23 de agosto de 2006**. Institui o Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas – Sisnad [...]. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 24 ago. 2006. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2006/lei-11343-23-agosto-2006-545399-publicacaooriginal-57861-pl.html>. Acesso em: 20 de abril de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Encontro regional debate redução do uso de mercúrio. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/paises-da-america-latina-e-do-caribe-debatem-medidas-para-com-bater-uso-de-mercurio-1>. Acesso em: 20 out. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 847, de 11 de outubro de 1890.** Promulga o Código Penal. Brasília, DF: Coleção de Leis no Brasil, 1890. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-847-11-outubro-1890-503086-p-ublicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 19 de maio de 2024.

BUDIČ, B.; KLEMENC, S. Determination of trace elements in heroin by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry using ultrasonic atomic emission spectrometry using ultrasonic nebulization. **Spectrochimica Acta part B**, [s. l.], v. 55, n. 6, jun. 2000, p. 681-688. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0584-8547\(00\)00199-3](https://doi.org/10.1016/S0584-8547(00)00199-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0584854700001993>. Acesso em: 2 fev. 2025.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Estatística Básica, 6. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

CARNEIRO, T. Rotas do tráfico pela Amazônia: como o Pará é “passagem obrigatória” da cocaína para o resto do Brasil. **G1 Globo Pará**, abr. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/04/04/rotas-do-trafico-pela-amazonia-como-o-para-e-passage-obrigatoria-da-cocaina-para-o-resto-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 2 de março de 2024.

CASTRO, R. A. de *et al.* Crack: pharmacokinetics, pharmacodynamics, and clinical and toxic effects. **Revista Médica de Minas Gerais**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 242-248, jun. 2015. DOI: 10.5935/2238-3182.20150045. Disponível em: https://www.rmmg.org/exportar-pdf/1782/en_v25n2a17.pdf. Acesso em: 2 fev. 2025.

CAVALCANTE, T. Estimativa do número de usuários de crack e/ou similares nas capitais do país. **FioCruz**, set. 2013. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/maior-pesquisa-sobre-crack-ja-feita-no-mundo-mostra-o-perfil-do-consumo-no-brasil>. Acesso em: 12 de maio de 2024.

CAZES, J. (ed.). **Analytical Instrumentation Handbook**. 3. ed. Nova York: Marcel Dekker, 2005.

Cerca de 50kg de cocaína são apreendidos em Manaus. **G1 Globo Amazonas**, jun. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2024/06/07/cerca-de-50-kg-de-cocaina-sao-apreendidos-em-manaus.ghtml>. Acesso em: 15 de maio de 2024. Cocaína apreendida no Rio Grande do Sul pode ter até 100% de impureza.

CENTRO DE ESTUDOS SOBRE DROGAS E DESENVOLVIMENTO SOCIAL COMUNITARIO (Cdesc). Dinamicas do mercado de drogas ilicitas no Brasil vol. 2: Grau de pureza de cocaína em quatro estados. Brasília: Cdesc, Escritorio das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC) Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Ministerio da Justiça e Segurança Pública, 2023.97 p. Disponível em : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-protecao/politicas-sobre-drogas/subcapas-senad/copy2_of_Relatorio_Sobre_Pureza_V6.pdf Acesso em 5 de junho de 2024

Cocaína no estado pode ter até 100% de impurezas. **Instituto Geral de Perícias**, mar. 2022. Disponível em: <https://igp.rs.gov.br/cocaina-apreendida-no-rio-grande-do-sul-poder-ate-100-de-impureza>. Acesso em 6 de junho de 2024.

COCAÍNA pode ser medicinal?. Gravado por Alberto Dell Isola. [S. l.: s. n.], ago. 2022. Publicado pelo canal Como a mente funciona. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gaAy1NmKoTA>. Acesso em: 25 out. 2023.

COCAÍNA: Sem oficializar, Bolívia permite plantio de coca para drogas. Gravado por Folha de São Paulo. [S. l.: s. n.], set. 2020. 1 vídeo (18 min). Publicado pelo canal Folha de S.Paulo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Dn9RGG7YYSs>. Acesso em: 24 out. 2023.

COLASSO, C. TOXICOLOGIA DO CÁDMIO: QUAIS OS CUIDADOS QUE VOCÊ
Convenção de Minamata. **CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/convencao-de-minamata/#:~:text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20de%20Minamata%20sobre,%C3%A9%20usado%2C%20liberado%20ou%20emitido..> Acesso em: 20 out. 2023.

COSTA, R. A. R. **Determinação do grau de pureza de amostras de crack apreendidas no Estado da Paraíba por RMNq-1H e CLAE-DAD**. 2012. Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/6724?&locale=pt_BR#:~:text=O%20teor%20m%C3%A9dio%20de%20coca%C3%ADna%20determinado%20pelo%20m%C3%A9todo%20de%20RMNq,93%2C8%25%20de%20coca%C3%ADna. Acesso em: 2 fev. 2025

CRACOLÂNDIA: PROFESSOR HOC E DR. RONALDO LARANJEIRA. [Locução de:] Rogério Vilela. [S. l.]: Inteligência Ltda, ago. 2023. *Podcast*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FYjOkOTQOHQ>. Acesso em: 11 out. 2023.

CULTURA de cocaína já é encontrada na Amazônia brasileira. **Conexão Tocantins**, mar. 2008. Disponível em: <https://conexaoto.com.br/2008/03/16/cultura-de-cocaina-ja-e-encontrada-na-amazonia-brasileira>. Acesso em: 27 out. 2023.

CUNHA , Andrea Mendonça Gusmão *et al.* **Coleção manuais da farmacia: pericia criminal e análises químicas, físicas e toxicológicas**. Salvador: Sanar, 2017. 51 p.

DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 272-286, jun./set. 1993. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161993000200016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/qCG9PHc8pNxxZgmJ96n6N6G/?lang=pt#:~:text=Os%20solos%20da%20regi%C3%A3o%20Amaz%C3%B4nica,nos%20solos%20das%20duas%20regi%C3%B5es>. Acesso em: 2 fev. 2025.

TOXICOLOGIA do Cádmio: quais os cuidados que você deve ter? **Chemical risk**, jun. 2020. Disponível em:

<https://www.chemicalrisk.com.br/toxicologia-do-cadmio/#:~:text=A%20intoxica%C3%A7%C3%A3o%20aguda%20provocada%20pela,efeitos%20iniciais%20s%C3%A3o%20irrita%C3%A7%C3%A3o%20local.>. Acesso em: 02 out. 2023.

DORTA, D. J. *et al.* **Toxicologia Forense**: introdução à toxicologia forense e contexto histórico. São Paulo: Edgar Blucher, 2018. -em-15-anos/. Acesso em: 20 out. 2023.

Espectrometria de emissão óptica com plasma – ICP OES. **Central Analítica – Instituto de Química – USP**, São Paulo, 2020. Disponível em: http://ca.iq.usp.br/novo/paginas_view.php?idPagina=13. Acesso em: 24 mar 2024

FARIAS, R. F. de. Introdução à Química Forense. 2.ed. Campinas: Editora Átomo, 2008,140 p.

FERIGOLO, M.; SIGNOR, L. **Cocaína**. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: Acesso em: 10 out. 2023.

FERREIRA, P. E. M.; MARTINI, R. K. Cocaína: lendas, história e abuso. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 96-99, jun. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-44462001000200008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbp/a/WpZNRHsqk8sMtmWNFSyCxDz/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 fev. 2025.

GARZA, A.; VEGA, R.; SOTO, E. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. **Medical Science Monitor**, México, v. 12, n.3, p. 57-65, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16501435/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

GEOPOLÍTICA da cocaína: parte 1 - história e produção. Gravado por Heni Ozi Cukier. [S. l.: s. n.], out. 2021. 1 vídeo (24 min). Publicado pelo canal Professor HOC. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=JaX_3zMMh9I. Acesso em: 10 out. 2023.

HARRIS, D.C. Análise química quantitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. Houghton Mifflin College Division, 2003.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, Campinas, v. 32, n. 7, p. 1898–1909, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000700036>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/F8bQTkc4pLWcpjzsRG6QKPC/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

KUDLACEK, Oliver; HOFMAIER, Tina; LUF, Anton; MAYER, Felix; STOCKNER, Thomas; NAGY, Constanze; HOLY, Marion; FREISSMUTH, Michael; SCHMID, Rainer; SITTE, Harald. Cocaine adulteration. *Journal of chemical neuroanatomy*, v. 83, p. 75-81, 2017.

LEPERA, Jose Salvador. Ciências farmacêuticas: toxicologia analítica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p.232-247.

LIMA, M. R. S. de *et al.* Capítulo 3: Geopolítica da América do Sul. *In*: LIMA, M. R. S. *et al.* **Atlas da Política de Defesa Brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Latitude Sul, 2017. p. 50-69. Disponível em: https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20170515113254/Atlas_da_Politica_Brasileira_de_De_fesa.pdf. Acesso em: 23 nov. 2023.

LOBET, A. B. Classificação das drogas e seus efeitos. **Psicologia Online**, nov. 2020. Disponível em: <https://br.psicologia-online.com/classificacao-das-drogas-e-seus-efeitos-257.html>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2024.

MACHADO, M.; MACHADO, A. Rota do tráfico: Antes de chegar a destino, droga passa por mais de 10 cidades de MS, incluindo Campo Grande. **Midiamax**, jun. 2024. Disponível em: <https://midiamax.uol.com.br/policia/2024/rota-do-traffic-antes-de-chegar-a-destino-droga-passa-por-mais-de-10-cidades-de-ms-incluindo-campo-grande/>. Acesso em: 3 set. 2024.

MACKINTOSH, T. O que explica o recorde histórico de produção de cocaína no mundo. **BBC News Brasil**, mar. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cpw9v8p6qz9o>. Acesso em: 15 de março de 2024.

MAGALHÃES, L. Chumbo. **Toda Matéria**, Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/chumbo/>. Acesso em: 20 out. 2023.

MÁRCIA GUEKEZIAN (São Paulo) (org.). **Elementos químicos- cádmio**: o cádmio está nas baterias de celulares, mas é um metal pesado que se acumula no meio ambiente e no corpo humano. O cádmio está nas baterias de celulares, mas é um metal pesado que se acumula no meio ambiente e no corpo humano. 2024. Disponível em: <https://crqsp.org.br/cadmio-util-e-perigoso/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

MARTÍN R. 2000. Diccionario de Mitologia Griega y Romana. Ed. Espasa Calpe. Madrid.

MAZZA, L. Covid-19 tira 7 mil policiais das ruas. **Revista Piauí**, maio 2020. Disponível em: <https://piaui.folha.uol.com.br/covid-19-tira-7-mil-policiais-das-ruas/> Acesso em: 25 ago. 2024

MEASHAM, F., SOUTH, N. Drogas, Alcool e Crime. Manual de Criminologia de Oxford. Imprensa da Universidade de Oxford p. 686-716. 2012

MOREAU, Regina Lucia de Moraes. **Toxicologia analítica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 334 p.

MOTA, L.; VITTA, D.; BUSKO, P. Química forense: Utilizando métodos analíticos sem

favor do poder judiciário. *Revista acadêmica Oswaldo Cruz*.1. 2013.

NABI, S. Occurrence and Properties. In: NABI, S. **Toxic Effects of Mercury**. [S.l.]: Springer, dez. 2014. p. 3-7. DOI: https://doi.org/10.1007/978-81-322-1922-4_1. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-1922-4_1#citeas. Acesso em: 2 fev. 2025.

NASCIMENTO, S. S. *et al. Mecanismos Neurobiológicos da Cocaína*. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 2020.

PALAVRA toxicologia. **Origem da Palavra**, jan. 2018. Disponível em: <https://origemdapalavra.com.br/palavras/toxicologia/>. Acesso em: 02 out. 2023.

PAPA pretende mascar coca durante a viagem à Bolívia, diz governo de Morales. **BBC News Brasil**, jun. 2015. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/06/150629_papa_folha_coca_bolivia_fn#:~:text=Muitos%20ind%C3%ADgenas%20bolivianos%20consideram%20a,agricultor%20e%20cultivav%20as%20folhas.. Acesso em: 03 out. 2023.

PASSAGLI, Marcos. *Toxicologia Forense, teoria e pratica*. 1Ed. Campinas-SP. Millenium editora. PORTARIA, n 504/GABS/SSP de 01 de agosto de 2006.

PAWLIK, Evelyn; MAHLER, Hellmut; HARTUNG, Benno; PLÄSSER, Gerd; DALDRUP, Thomas. Drug-related death: adulterants from cocaine preparations in lung tissue and blood. *Forensic science international*, v. 249, p. 294-303, 2015.

PEDROLO, C. Chumbo. **InfoEscola**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/elementos-quimicos/chumbo/>. Acesso em: 20 out. 2023.

PETRY, C.F. Determinação de elementos traços em amstra ambientais por ICP OES. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005. 73p

PIRES, S. Como o vinho Bordeaux influenciou a criação da Coca-Cola. **Metrópole**, jan. 2020. Disponível em: <https://www.metropoles.com/gastronomia/como-o-vinho-de-bordeaux-influenciou-a-criacao-da-c-ola>. Acesso em: 20 de maio de 2024

PRITSCH, I. C. Toxicologia forense: o estudo dos agentes tóxicos nas ciências forenses. **Revista Criminalística e Medicina Legal**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 19-26, dez. 2020. DOI: 10.51147/rcml039.2020. Disponível em: <https://revistacml.com.br/wp-content/uploads/2020/12/REVISTA-RCML-05-39.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2025.

O'MALLEY, G. F.; O'MALLEY, R. Intoxicação por chumbo. **Manual MSD**, jun. 2022. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/les%C3%B5es-intoxica%C3%A7%C3%A3o/intoxica%C3%A7%C3%A3o/intoxica%C3%A7%C3%A3o-por-chumbo?ruleredirectid=762>. Acesso em: 2 fev. 2025.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2021.

RAMIREZ, Henry C. *Impacto da Cocaína no Sistema Nervoso Central: Revisão dos Efeitos Agudos e Crônicos*. Journal of Clinical Neuroscience, 2022.

RECONHECIMENTO de Padrões HCA. Direção de Dr Paulo Roberto Filgueiras. Produção de Dr Paulo Roberto Filgueiras. Roteiro: Dr Paulo Roberto Filgueiras. Espírito Santo: Dr Paulo Roberto Filgueiras, 2021. (11 min.), son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=k6SPTavNPcg>. Acesso em: 25 nov. 2024.

RELATÓRIO Cocaine Insights 4 é lançado com destaque aos impactos da Covid-19 nas rotas regionais e transatlânticas que atravessam o Brasil. **UNODC**, **j u l . 2022**. Disponível em: <https://www.unodc.org/lpo-brazil/pt/frontpage/2022/07/relatorio-cocaine-insights-4-e-lancado-com-destaque-aos-impactos-da-covid-19-nas-rotas-regionais-e-transatlanticas-que-atravessam-o-brasil.html>. Acesso em 20 de maio de 2024.

Relatório Mundial sobre Drogas 2019: 35 milhões de pessoas em todo o mundo sofrem de transtornos por uso de drogas, enquanto apenas uma em cada sete pessoas recebe tratamento. **UNODC**, jun. 2019. Disponível em: https://www.unodc.org/lpo-brazil/pt/frontpage/2019/06/relatorio-mundial-sobre-drogas-2019_-35-milhoes-de-pessoas-em-todo-o-mundo-sofrem-de-transtornos-por-uso-de-drogas-enquanto-apenas-1-em-cada-7-pessoas-recebe-tratamento.html. Acesso em: 19 de maio de 2024.

Relatório Mundial sobre Drogas 2023 do UNODC alerta para a convergência de crises e contínua expansão dos mercados de drogas ilícitas. **UNODC**, jun. 2023. Disponível em: <https://www.unodc.org/lpo-brazil/pt/frontpage/2023/06/relatorio-mundial-sobre-drogas-2023-do-unodc-alerta-para-a-convergencia-de-criises-e-contnua-expanso-dos-mercados-de-drogas-ilcitas.html>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2024.

RIZZI, R. W. O PCC e a derrota da Revolução de 1932. **Facção PCC**, jan. 2017. Disponível em: <https://faccapcc1533primeirocomandodacapital.org/2017/01/05/o-pcc-e-a-derrota-da-revolucao-de-1932/>. Acesso em 09 de junho de 2024.

ROBERTO, Ícaro. **Quais combustíveis os aviões utilizam?** 2020. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/combustiveis-dos-avioes/>. Acesso em: 21 out. 2023.

ROCHA, L. Envenenamento por chumbo mata quase 1 milhão de pessoas por ano, alerta OMS. **CNN Brasil**, nov. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/envenenamento-por-chumbo-mata-quase-1-milhao-de-pessoas-por-ano-alerta-oms/>. Acesso em: 22 de março de 2024.

RODRIGUES, F. A.; SILVEIRA, F. M. de. A NEUROTOXICIDADE NO TRANSTORNO POR USO DE SUBSTÂNCIA PSICOATIVA DERIVADOS DE COCAÍNA. **RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA**, São Paulo, v. 2, n. 9, e29187, 2022. DOI: <https://doi.org/10.53612/recisatec.v2i9.187>. Disponível em: <https://recisatec.com.br/index.php/recisatec/article/view/187>. Acesso em: 2 fev. 2025.

ROMÃO, W. Química forense: perspectiva sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1717-1728, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011001000005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/chckR8Gvg9RQLdhPwqgTrWc/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

SCHIFER, T. S.; BOGUSZ JUNIOR, S.; MONTANO, M. A. E. Aspectos toxicológicos do chumbo. **Infarma**, Rio Grande do Sul, v. 17, n. 5/6, p. 67-72, maio 2005. Disponível em:

<https://cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/18/chumbo.pdf>. Acesso em: 21 out. 2023.

Scientists Still Don't Know How to Differentiate Cocaine Species. **Technology Networks**, jul. 2024. Disponível em: <https://www.technologynetworks.com>. Acesso em: 12 set. 2024

SANT'ANA, Luiza; SOUSA, Valeria; SANTOS, Frances; SABINO, Bruno; CARDOSO, Amadeu; LIMA, Marco; CASTRO, Rosane. Evaluation of cocaine samples seized in the streets of the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Química Nova**, v. 42, p. 379-386, 2019.

Sección de laboratorio y asuntos científicos, oficina de las naciones unidas contra la droga y el delito. **Métodos recomendados para la identificación y el análisis de cocaína em materiales incautados, manual para uso de los laboratorios nacionales de análisis de estupefacientes**. Naciones Unidas, 2012. Disponível em: https://www.unodc.org/documents/scientific/Cocaine_S.pdf.

SILVA, C. R. *et al.* Número de policiais mortos com Covid-19 é mais que o dobro dos que foram assassinados nas ruas em 2020. **G1**, abr. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/monitor-da-violencia/noticia/2021/04/23/numero-de-policiais-mortos-com-covid-19-e-mais-que-o-dobro-do-de-assassinados-nas-ruas-em-2020.ghtml>. Acesso em: 04 dez. 2021.

SILVA, D. C. da; KENNEDY, E. MECANISMOS DE AÇÃO DA COCAÍNA E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS EM HUMANOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. *In*: Mostra de Pesquisa em Ciência e Tecnologia 2017, 2017, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Faculdade Nordeste – DeVry, 2017. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/mpct2017/47753-mecanismos-de-acao-da-cocaina-e-seus-efeitos-biologicos-em-humanos--revisao-bibliografica/>. Acesso em: nov. 2024.

SILVA, G. D. Desafios do narcotráfico na América do Sul: Conflitos Irregulares, Segurança Regional e Cooperação Estratégica. **Observatório de política externa e da Inserção Internacional do Brasil**, [s.l.], dez. 2023. Disponível em: <https://opeb.org/2023/12/12/desafios-do-narcotrafico-na-america-do-sul-conflitos-irregulares-seguranca-regional-e-cooperacao-estrategica/>. Acesso em: 08 out. 2024.

SINICROPI, M. S. Special Issue on “Heavy Metal Toxicity: Environmental and Human Health Risk Assessment”. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 14, n. 3, 1127, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14031127>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/3/1127>. Acesso em: ago. 2024.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. Principles of Instrumental Analysis. Orlando: Harcourt Brace & Company, pp. 796-829. Vol. Fifth Edition, 1998.

SOUSA, L. A. de; ZAITUNE, M. P. A. Uma revisão de escopo de revisões sistemáticas

sobre exposição humana ao mercúrio. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 47, e18, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1590/2317-6369/38120pt2022v47e18>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/dpqyy5BV7v6V6xyDq5gDSKQ/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

TSUCHIYA, K. Lead. In: Friederg, L. Et al., eds. Handbook on the toxicology of toxic metals. Amsterdam, Elsevier, 1979. P. 451-84

Toxicologia Forense. **CCF – Centro de Ciências Forense**, 2024. Disponível em: <https://ccf.c3sl.ufpr.br/toxicologia-forense/>. Acesso em: 4 de abril de 2024.

VANSSAN, J. C. G. A Geopolítica do Tráfico: O Estado do Paraná nas Rotas Internacionais das Drogas.

VOSS, G. Peru expande para novas regiões. **Insight crime**, jul. 2023. Disponível em: <https://insightcrime.org/es/noticias/coca-peru-expande-nuevas-regiones/>. Acesso em 23 de maio de 2024.

World Health Organization (WHO). Human health effects of benzene, arsenic, cadmium, nickel, lead and mercury: report of an expert consultation. Copenhagen: **WHO Regional Office for Europe**, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2023-8983-48755-72523>. Acesso em: 10 out. 2023.

WRIGHT, M. G. M. *et al.* A pesquisa sobre o fenômeno das drogas na perspectiva dos estudos multicêntricos na América Latina e Caribe. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, v. 17, 751-753, nov./dez. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692009000700001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/Nx3rGrpHXzZFHYtQYGmh6nt/?lang=pt>. Acesso em: 2 fev. 2025.