

ALINE VITÓRIA ARAÚJO DE OLIVEIRA

**ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO NA IDENTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
EM CASOS DE CRIMES: APLICAÇÃO DA TOXICOLOGIA FORENSE
NA PERÍCIA CRIMINAL**

ALINE VITÓRIA ARAÚJO DE OLIVEIRA

**ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO NA IDENTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
EM CASOS DE CRIMES: APLICAÇÃO DA TOXICOLOGIA FORENSE
NA PERÍCIA CRIMINAL**

Projeto de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Avaliadora do
Curso de Biomedicina, da Faculdade
Fasipe, como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Biomedicina

Orientador(a): Thais Kelly Souza Teixeira
da Silva

**Cuiabá/MT
2026**

APÊNDICE IV

ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO NA IDENTIFICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS EM CASOS DE CRIMES: APLICAÇÃO DA TOXICOLOGIA FORENSE NA PERÍCIA CRIMINAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Biomedicina da FASIFE-CPA, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em BIOMEDICINA.

Aprovado em:

Prof^a Orientadora: Thais Kelly Souza
Teixeira da Silva
Departamento de Biomedicina – FASIFE

Professor(a) Avaliador(a):
Departamento de Biomedicina – FASIFE

Professor(a) Avaliador(a): Prof.
Departamento de Biomedicina – FASIFE

Prof^o. Michell Charles de Souza Costa
Coordenador do Curso de Biomedicina
FASIFE – Faculdade CPA

**Cuiabá/MT
2026**

PROTOCOLO DE ENTREGA DA VERSÃO FINAL

Eu, **Thais Kelly Souza Teixeira da Silva**, orientadora, pelo presente termo declaro ter feito a devida revisão do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**Atuação do biomédico na identificação de substâncias em casos de crimes: Aplicação da toxicologia forense na perícia criminal**” de autoria da Graduanda, Aline Vitória Araújo de Oliveira, da qual fui orientadora e certifiquei de que todas as orientações, sugestões e necessidades de correções feitas pela Banca Examinadora da Defesa foram acatadas e cumpridas.

Sendo assim, o texto está pronto para ser entregue à Coordenação de Curso de Biomedicina conforme previsto no Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso.

Cuiabá-MT, de junho de 2026.

Thais Kelly Souza Teixeira da Silva

Assinatura do Orientador

DEDICATÓRIA

A Deus, o autor da vida, por me conceder a graça de viver e realizar este propósito. Dedico, com amor, à minha família e, em especial à minha mãe Maria Lucilene, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos. Dedico também à criança sonhadora e exploradora que, apesar dos desafios, lutou pelo seu futuro e jamais deixou de acreditar até onde seus pés puderam chegar.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por ser minha fonte de força e sustento em todos os momentos desta jornada. Foi Ele quem me deu coragem nos dias difíceis, sabedoria para seguir em frente e graça para chegar até aqui.

À minha família, expresso minha gratidão mais profunda, todo o apoio, amor incondicional e presença constante foram o alicerce que me permitiu trilhar este caminho com segurança e determinação. Em especial à minha prima Zerian, que foi a primeira a incentivar e foi determinante para que eu desse o primeiro passo rumo à graduação.

Às minhas amigas Antonielly e Laiz, que a faculdade me presenteou e que se tornaram parte essencial desta história. Obrigada por cada momento compartilhado, pelas trocas, pelo incentivo mútuo e por tornarem esta caminhada mais leve e significativa. A amizade de vocês foi, sem dúvida, um dos maiores presentes que a graduação me deu. À minha orientadora, Thais Kelly Souza Teixeira da Silva, pela dedicação, paciência e direcionamento ao longo da elaboração deste trabalho. Sua orientação foi fundamental para que este projeto se tornasse realidade.

Por fim, agradeço a todos os professores e profissionais que contribuíram para a minha formação, e a cada pessoa que, de alguma forma, fez parte desta etapa tão especial da minha vida.

EPÍGRAFE

*“Meus ontens estão desaparecendo e meus
amanhãs são incertos. Então, para que eu
vivo? Vivo para cada dia, vivo o presente.
Num amanhã próximo, esquecerei que estive
diante de vocês e que fiz este discurso. Mas o
simples fato de eu vir a esquecê-lo num
amanhã qualquer não significa que hoje eu
não tenha vivido cada segundo dele.
Esquecerei o hoje, mas isso não significa que
o hoje não tem importância.” (Lisa Genova).*

OLIVEIRA, Aline Vitória Araújo. **Atuação do biomédico na identificação de substâncias em casos de crimes: Aplicação da toxicologia forense na perícia criminal**, 2026. 53 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Fasipe CPA.

RESUMO

A crescente complexidade dos crimes contemporâneos tem exigido profissionais altamente especializados no campo da investigação criminal. O presente trabalho teve como objetivo analisar a atuação do biomédico na toxicologia forense, com ênfase em sua contribuição para a identificação de substâncias em casos criminais, os métodos analíticos empregados, as competências técnicas requeridas e a relevância de sua atuação para a credibilidade das provas periciais no sistema de justiça criminal. Para tanto, realizou-se uma revisão integrativa de literatura, de abordagem qualitativa e descritiva, fundamentada em 32 artigos científicos publicados nos últimos dez anos, selecionados nas bases de dados PubMed, Google Scholar e SciELO. Os resultados evidenciaram que o biomédico desempenha papel estratégico na perícia criminal, atuando desde a coleta de vestígios biológicos como sangue, urina, cabelo, saliva e tecidos post mortem, até a execução de análises laboratoriais de alta complexidade e a elaboração de laudos toxicológicos com validade jurídica. Sua formação interdisciplinar, articulando biologia molecular, bioquímica, hematologia e criminalística, confere-lhe capacidade técnica para interpretar resultados em contextos clínico, fisiológico e jurídico. Os principais métodos analíticos identificados foram a cromatografia gasosa, a cromatografia líquida, a espectrometria de massas e o imunoensaio, empregados de forma complementar. A toxicologia forense revelou-se determinante em cenários como overdose, homicídio por envenenamento, violência sexual com uso de drogas facilitadoras de crime, acidentes de trânsito e intoxicações por agentes químicos. Foram identificados desafios no contexto brasileiro, como escassez de profissionais habilitados, insuficiência de infraestrutura laboratorial, falta de padronização entre laboratórios periciais e surgimento contínuo de novas substâncias psicoativas. Conclui-se que a toxicologia forense, aplicada pelo biomédico com rigor técnico e científico, constitui ferramenta indispensável para a elucidação criminal e o fortalecimento do sistema de justiça, sendo necessários investimentos contínuos em infraestrutura, capacitação profissional e atualização tecnológica.

Palavras-chave: biomedicina; matrizes biológicas; métodos analíticos; perícia criminal; toxicologia forense.

OLIVEIRA, Aline Vitória Araújo. **The Role of the Biomedical Scientist in the Identification of Substances in Criminal Cases: Application of Forensic Toxicology in Criminal Investigations**, 2026. 53 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Fasipe CPA.

ABSTRACT

The growing complexity of contemporary crimes has demanded highly specialized professionals in the field of criminal investigation. This study aimed to analyze the role of the biomedical scientist in forensic toxicology, emphasizing their contribution to the identification of substances in criminal cases, the analytical methods employed, the technical competencies required, and the relevance of their work to the credibility of expert evidence in the criminal justice system. An integrative literature review was conducted, with a qualitative and descriptive approach, based on 32 scientific articles published in the last ten years, selected from the PubMed, Google Scholar, and SciELO databases. The results showed that the biomedical scientist plays a strategic role in criminal expertise, acting from the collection of biological traces such as blood, urine, hair, saliva, and post mortem tissues, to the execution of high-complexity laboratory analyses and the preparation of toxicological reports with legal validity. Their interdisciplinary background, encompassing molecular biology, biochemistry, hematology, and criminalistics, provides the technical capacity to interpret results in clinical, physiological, and legal contexts. The main analytical methods identified were gas chromatography, liquid chromatography, mass spectrometry, and immunoassay, used in a complementary manner. Forensic toxicology proved to be decisive in scenarios such as overdose, poisoning homicide, drug-facilitated sexual violence, traffic accidents, and chemical agent poisoning. Challenges in the Brazilian context were identified, including a shortage of qualified professionals, insufficient laboratory infrastructure, lack of standardization among forensic laboratories, and the continuous emergence of new psychoactive substances. It is concluded that forensic toxicology, applied by the biomedical scientist with technical and scientific rigor, constitutes an indispensable tool for criminal elucidation and the strengthening of the justice system, requiring continuous investments in infrastructure, professional training, and technological updating.

Keywords: biomedicine; biological matrices; analytical methods; criminal expertise; forensic toxicology.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFBM – Conselho Federal de Biomedicina
CG – Cromatografia Gasosa
CG-MS – Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas
CL – Cromatografia Líquida
CL-MS – Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas
CPP – Código de Processo Penal
CRBM – Conselho Regional de Biomedicina
DFC – Drogas Facilitadoras de Crime
DNA – Ácido Desoxirribonucleico
EI – Ionização por Elétrons
ELISA - Ensaio Imunoenzimático
EMIT – Imunoensaio por Multiplicação Enzimática
ESI – Ionização por Electrospray
FPIA – Imunoensaio por Fluorescência Polarizada
HRMS – Espectrometria de Massas de Alta Resolução
IC – Instituto de Criminalística
IML – Instituto Médico-Legal
MS – Espectrometria de Massas
PCR – Reação em Cadeia da Polimerase
POP – Procedimentos Operacionais Padrão
WADA – Agência Mundial Antidoping

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais achados em amostras biológicas: composição, elementos analisados e aplicações forenses	25
Quadro 2: Resultados e Discussões dos Estudos Seleccionados	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cabines de biossegurança destinadas à manipulação de agentes biológicos.....	22
Figura 2: Fluxograma sobre as etapas realizadas no pacote anticrime.....	23
Figura 3: Representação de cromatografia gasosa	28
Figura 4: Representação de cromatografia líquida	29
Figura 5: Representação do aparelho de espectrometria de massas.....	30
Figura 6: Diagrama esquemático de um espectrômetro de massas.....	31
Figura 7: Fotografia após a aplicação de luminol	33
Figura 8: Fotografias do antes e após a aplicação do luminol.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Fundamentos da perícia criminal.....	16
2.2 Atuação legal e competências do biomédico.....	17
2.3 Fundamentos da toxicologia forense.....	19
2.4 Cadeia de custódia e validade da prova.....	22
2.5 Matrizes biológicas e interpretação toxicológica.....	25
2.6 Métodos analíticos aplicados.....	28
2.6.1 Cromatografia gasosa e cromatografia líquida.....	28
2.6.2 Espectrometria de massas.....	30
2.6.3 Imunoensaio.....	32
2.6.4 Luminol.....	33
2.7 Limitações e desafios da toxicologia forense.....	35
2.8 Perspectivas futuras e inovação tecnológica.....	37
3 METODOLOGIA	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1 A importância do biomédico na toxicologia forense.....	41
4.2 Métodos analíticos mais utilizados.....	43
4.3 Desafios encontrados na prática pericial.....	44
4.4 Contribuição da toxicologia forense para a elucidação criminal.....	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos crimes contemporâneos exige a atuação de profissionais altamente capacitados e especializados em diversas áreas do conhecimento. Diante desse cenário, o biomédico tem se destacado como um agente fundamental na elucidação de delitos, especialmente por meio da aplicação da toxicologia forense (Pimenta et al., 2019).

Nos dias atuais, o perito criminal desempenha uma função essencial no contexto investigativo brasileiro. Sua atuação está regulamentada pelo Código de Processo Penal (CPP), tendo como finalidade principal fornecer à Justiça informações verídicas por meio de procedimentos técnico-científicos, conforme estabelece o artigo 159 do Código de Processo Penal. A realização do exame de corpo de delito, assim como de outras perícias, é atribuída a profissionais oficialmente designados, que possuam formação de nível superior, conforme previsto na legislação brasileira (Brasil, 1941).

A perícia criminal integra o campo da criminalística, que se baseia em procedimentos técnicos e científicos para examinar delitos e compreender as circunstâncias em que ocorreram. Os profissionais da área, conhecidos como peritos criminais, são responsáveis por coletar, interpretar e analisar evidências encontradas nas cenas dos crimes. Após esse processo, elaboram laudos técnicos que servem como elementos probatórios nos processos judiciais, contribuindo significativamente para a elucidação dos crimes (Padilha, 2024).

A ciência forense é um campo interdisciplinar que reúne conhecimentos de diversas áreas, como biologia, química, física, matemática e outras disciplinas científicas avançadas. Seu principal propósito é oferecer apoio técnico às investigações vinculadas ao sistema judiciário, tanto na esfera civil quanto na criminal (Silva, Reis, Freire, 2024). Desse modo, estabelecem-se princípios e técnicas que favorecem a investigação criminal, permitindo a identificação, recuperação, reconstituição e análise de evidências, fundamentadas em teorias e métodos científicos (Foltran, Shibatta, 2011).

Entre as diversas áreas de atuação reconhecidas para o profissional biomédico, destaca-se a Toxicologia Forense, campo que engloba a coleta e análise de amostras biológicas e não biológicas. Nessa área, são empregadas

diferentes metodologias laboratoriais para a detecção e quantificação de substâncias potencialmente tóxicas, incluindo medicamentos, drogas de abuso, contaminantes ambientais, metabólitos e marcadores bioquímicos. Os resultados obtidos contribuem para investigações e para o monitoramento de exposições em contextos ocupacionais, conforme as atribuições estabelecidas pelo Conselho Federal de Biomedicina (CFBM, 2019).

Nesse contexto, o profissional biomédico, atuando especialmente na toxicologia forense, assume um papel primordial na elucidação de crimes. A perícia criminal é reconhecida como uma fonte de estudo vital para o reconhecimento de provas criminais, sendo o biomédico o profissional ideal para uma abordagem integrada (Colavite, Almeida, Farje, 2021).

Diante da relevância clínica e do papel fundamental do biomédico na investigação dos mecanismos subjacentes aos crimes decorrentes de substâncias, este projeto de conclusão de curso tem como objetivo realizar uma revisão integrativa de literatura sobre o papel da toxicologia forense na atuação biomédica dentro da perícia criminal, destacando os métodos analíticos utilizados na identificação de substâncias tóxicas, as competências exigidas do profissional e sua contribuição para a produção de provas técnicas em investigações judiciais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Analisar a atuação do biomédico na toxicologia forense, destacando sua contribuição à identificação de substâncias em crimes, bem como sua relevância para a credibilidade das provas periciais no sistema de justiça criminal.

1.1.2 Específicos

- Descrever as principais atividades do biomédico na área de toxicologia forense;
- Identificar os métodos laboratoriais utilizados pelo biomédico para detecção de substâncias em casos de crimes;
- Discutir a importância da atuação do biomédico na validação e confiabilidade das provas periciais;
- Apresentar casos e exemplos em que a toxicologia forense foi decisiva para a elucidação de crimes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fundamentos da perícia criminal

A perícia criminal constitui uma atividade técnico-científica prevista em lei, especialmente no Código de Processo Penal, que determina a obrigatoriedade da realização de exames periciais sempre que existirem vestígios relacionados a um crime. Sua finalidade principal é a produção de provas materiais por meio da coleta, análise e interpretação de evidências encontradas em locais de crime ou em vítimas (Dorta et al., 2018).

No Brasil, sua institucionalização oficial ocorreu em 1941, com a promulgação do CPP, Decreto-Lei nº 3.689/1941. Esse marco legal consolidou a perícia como atividade essencial para a formação da prova material, estabelecendo a obrigatoriedade dos exames periciais e reconhecendo a importância da atuação técnica dos peritos oficiais (Brasil, 1941).

Antes disso, já existiam práticas investigativas rudimentares realizadas por médicos-legistas e especialistas em áreas específicas, mas sem regulamentação uniforme. A partir do CPP, a perícia passou a ser reconhecida como função de Estado, exercida por peritos oficiais, garantindo imparcialidade e validade jurídica dos resultados (Padilha, 2024).

A perícia criminal tem como finalidade contribuir para a investigação de crimes por meio de métodos técnico-científicos, atuando como suporte à aplicação da justiça no campo do direito penal. Essa área é composta por diversas especialidades, como genética, toxicologia e química. A prática forense se concretiza por meio da análise cuidadosa de evidências físicas coletadas e devidamente registradas, permitindo, assim, a identificação do autor do delito (Araujo, 2021).

A ciência forense configura-se como uma atividade voltada à apuração de elementos que contribuam para o esclarecimento dos fatos investigados. O exercício dessa função é reservado aos peritos oficiais, cuja nomeação exige a conclusão de curso superior e aprovação em concurso público, requisitos indispensáveis para a investidura legal no cargo. Nesse contexto, a perícia desempenha papel fundamental na investigação criminal, sendo responsável pelo estudo e análise dos materiais coletados na cena do crime. Por se apoiar em

princípios e técnicas de diferentes áreas do conhecimento, destaca-se como uma disciplina interdisciplinar, contribuindo significativamente para o esclarecimento dos delitos, conforme (Padilha, 2024): “A perícia criminal é uma investigação técnica cujo propósito é encontrar evidências que revisitem a verdade dos fatos. Vale destacar que, para a realização dessas atividades, o perito oficial deve possuir diploma de curso superior e ser aprovado em concurso público para a posse do cargo”.

A execução de perícias é uma função atribuída exclusivamente ao Estado, conforme previsto no artigo 159 do Código de Processo Penal. Essa atividade tem como objetivo examinar os vestígios coletados na cena do crime, sendo fundamental para o esclarecimento dos fatos e para o sucesso das investigações (Brasil, 1941).

A perícia criminal pode ser classificada por local de atuação (interna ou externa), pela matéria analisada (médica ou não médica) e pela modalidade de execução (direta ou indireta). A perícia externa é realizada diretamente nos locais de crime, fora do ambiente laboratorial, como em cenas de acidentes de trânsito ou crimes violentos. Já a perícia interna ocorre em laboratório, a partir da análise de evidências físicas previamente coletadas, como exames de documentoscopia, balística e informática forense (Dorta et al., 2018).

Em outras palavras, a ciência forense tem como objetivo principal auxiliar na aplicação da lei, contribuindo para a investigação de mortes, danos e crimes. Isso é feito por meio da análise das evidências materiais coletadas no local do ocorrido e posteriormente examinadas em laboratório (Rodrigues, 2020).

2.2 Atuação legal e competências do biomédico

A atuação do biomédico na perícia forense é fundamental para o desenvolvimento da análise criminalística de casos. A ciência forense abrange diversas áreas do conhecimento, como química, biologia e medicina, e a atuação do biomédico compreende desde a investigação inicial no local do acontecimento, passando pela coleta e análise de materiais, até a identificação das vítimas e a resolução final do caso. (Silva, Reis, Freire, 2024).

De acordo com a Normativa nº 002/2019 do Conselho Federal de Biomedicina (CFBM), o profissional pode exercer atividades periciais desde que possua habilitação específica, sendo responsável por análises laboratoriais,

interpretação de resultados e emissão de laudos técnicos (CFBM, 2019).

A habilitação específica em toxicologia forense pelo Conselho Federal de Biomedicina constitui requisito indispensável para que o profissional possa exercer legalmente as atividades periciais. De acordo com a Normativa nº 002/2019 do CFBM, o biomédico habilitado está autorizado a realizar análises laboratoriais em matrizes biológicas e não biológicas, executar ensaios toxicológicos, interpretar resultados e emitir laudos técnicos com validade jurídica, atividades vedadas ao profissional sem a devida certificação (CFBM, 2019). Essa distinção é relevante pois garante que a prova pericial seja produzida por profissional tecnicamente capacitado e legalmente reconhecido, o que reforça a credibilidade dos resultados perante o sistema judiciário (Pimenta, Ferreira, 2019). Nesse sentido, Colavite, Almeida e Farje (2021) reforçam que a biomedicina forense é reconhecida como uma das áreas de habilitação de maior relevância dentro da profissão, exatamente por sua interface direta com a produção de provas materiais e com a aplicação da lei, o que exige do profissional uma formação continuada que vá além da graduação, abrangendo especializações, treinamentos em boas práticas laboratoriais e atualização constante sobre a legislação vigente.

Essa atuação é considerada estratégica para garantir a confiabilidade das provas periciais, uma vez que o biomédico domina técnicas analíticas e protocolos de validação que asseguram a precisão dos resultados (Padilha, 2024).

O profissional biomédico que atua na perícia é encarregado de coletar e analisar materiais biológicos presentes em locais de crime, tais como: sangue, fios de cabelo, fluidos corporais, tecidos e órgãos. Esses vestígios podem conter informações genéticas dos indivíduos envolvidos, sendo fundamentais para processos de identificação. Tais evidências costumam ser encontradas com facilidade nas cenas delituosas, permitindo ao perito aplicar seus conhecimentos em áreas como hematologia, genética e biologia molecular. Por essa razão, a atuação pericial representa uma vertente de grande importância dentro da biomedicina, exigindo formação técnica especializada e sólida capacitação profissional (Sanches, 2020).

Dessa forma, pode-se dizer que a atuação do profissional biomédico na perícia criminal configura-se como um elemento essencial na aplicação da legislação, tendo como principal objetivo oferecer respaldo científico às investigações relacionadas a mortes, lesões e demais infrações penais. Tal

contribuição ocorre por meio da análise de vestígios materiais coletados na cena do crime e posteriormente encaminhados ao laboratório para exames específicos. Assim, evidencia-se a relevância da biomedicina no campo da ciência forense, uma vez que sua prática técnica e investigativa é determinante para o esclarecimento e resolução dos delitos apurados (Rodrigues, 2020).

O produto final da atuação do biomédico na perícia criminal é o laudo toxicológico, documento técnico-científico dotado de validade jurídica que formaliza os resultados das análises realizadas e subsidia as decisões do sistema de justiça. Para ter valor probatório, o laudo deve conter a identificação do perito responsável, a descrição detalhada das amostras recebidas, os métodos analíticos empregados, os resultados obtidos e a conclusão técnica fundamentada, redigida em linguagem acessível ao operador do direito, sem perder o rigor científico (Passagli, 2019). Conforme destacado por Padilha (2024), a elaboração do laudo exige do biomédico não apenas domínio técnico das análises, mas também capacidade de interpretação contextualizada, uma vez que os resultados precisam ser compreendidos dentro das circunstâncias do caso investigado. A validade jurídica do laudo está diretamente condicionada à manutenção rigorosa da cadeia de custódia em todas as etapas anteriores à sua emissão, pois qualquer falha nesse processo pode levar à desconsideração da prova pelo magistrado, comprometendo toda a investigação (Dorta et al., 2018).

2.3 Fundamentos da toxicologia forense

O avanço tecnológico e a crescente complexidade dos crimes tornaram indispensável a incorporação de profissionais especializados em diversas áreas do conhecimento, como criminologia, entomologia, toxicologia e patologia. Desse processo emergiu um campo de atuação multidisciplinar, capaz de integrar diferentes saberes para atender às demandas cada vez mais sofisticadas das investigações (Barros et al., 2021).

A toxicologia forense constitui uma das áreas de atuação do perito criminal, tendo como finalidade a investigação da presença e dos efeitos de substâncias tóxicas no organismo humano, sejam elas lícitas ou ilícitas. Essa especialidade dedica-se à identificação e à quantificação de compostos químicos que possam ter contribuído para o óbito ou causado prejuízos à saúde dos indivíduos envolvidos. Trata-se, portanto, de um campo essencial para a elucidação de crimes que

envolvem agentes tóxicos, exigindo conhecimento técnico-científico aprofundado por parte dos profissionais responsáveis (Dorta et al., 2018).

Historicamente, a toxicologia forense consolidou-se no século XIX, com Mathieu Orfila, considerado o “pai da toxicologia moderna”, ao sistematizar estudos sobre substâncias nocivas em seu *Treatise on Poisons* (Orfila, 1814). Jean Servais Stas, em 1850, foi pioneiro ao isolar nicotina de tecidos humanos em um caso de envenenamento, marcando o início da aplicação da química analítica na investigação criminal (Dorta et al., 2018).

Segundo Karch (2016, p. 24), “a toxicologia forense é a ponte entre a ciência laboratorial e o sistema jurídico, fornecendo evidências químicas que podem confirmar ou refutar alegações legais”. Essa especialidade possibilita a detecção e a análise quantitativa de substâncias tóxicas presentes em materiais biológicos, como o sangue, contribuindo para investigações forenses e diagnósticos relacionados à exposição a agentes químicos. (Bordin et al., 2015).

Na cena de um crime, os peritos biomédicos realizam a coleta de amostras biológicas presentes no local, após isso elas serão transferidas de forma cuidadosa e preservada para a análise laboratorial. As análises são executadas com técnicas avançadas como a cromatografia líquida ou gasosa, espectrometria de massa e imunoensaios. O biomédico irá identificar as substâncias presentes nessas amostras que possam ter contribuído para o evento (Silva et al., 2023).

Além da análise técnica, o biomédico interpreta os resultados à luz da fisiologia humana e da legislação vigente, buscando compreender os efeitos dessas substâncias no organismo e sua possível relação com a causa da morte ou alteração comportamental. Essa interpretação é fundamental para a elaboração de laudos toxicológicos, documentos que servem como prova técnica em processos judiciais. (Silva et al., 2023).

A toxicologia forense abrange diversas frentes investigativas, entre as quais se destacam os exames ante mortem, post mortem, os testes antidoping em atletas e a detecção de substâncias entorpecentes (Wagner, 2020). O exame toxicológico *ante mortem* é aplicado em indivíduos vivos, com o intuito de identificar substâncias tóxicas que possam estar relacionadas a eventos adversos relevantes para a investigação criminal. Um exemplo notório é a análise de substâncias conhecidas como “drogas facilitadoras de crime” (DFC), que alteram significativamente o comportamento da pessoa intoxicada, sendo frequentemente associadas à prática

de crimes graves, nos quais a vítima é impedida de reagir ou se proteger (Takitane et al., 2017).

No contexto brasileiro, a identificação de drogas facilitadoras de crime adquire relevância ainda maior quando analisada à luz da legislação de proteção às vítimas. A Lei nº 11.340/2006 (Lei Maria da Penha) e a Lei nº 13.718/2018, que tipifica a importunação sexual e os crimes contra a dignidade sexual, reforçam a necessidade de produção de prova técnica robusta nos casos em que substâncias são utilizadas como instrumento da violência. Nesse cenário, o exame toxicológico realizado pelo biomédico nas primeiras horas após o crime é determinante para a comprovação do delito, uma vez que muitas dessas substâncias são eliminadas rapidamente pelo organismo, tornando o tempo de coleta um fator crítico para a validade probatória (Takitane et al., 2017; Brasil, 2019).

Por sua vez, a toxicologia post mortem é empregada em casos de óbito, visando identificar a presença de agentes tóxicos, como drogas lícitas, ilícitas ou medicamentos que possam ter contribuído para a morte. A análise dessas substâncias permite determinar se o falecimento decorreu de suicídio, homicídio ou acidente, sendo fundamental para a elaboração do laudo pericial (Pritsch, 2020).

O teste de doping é um exame laboratorial utilizado para detectar o uso de substâncias proibidas por atletas, com o objetivo de garantir a integridade das competições esportivas. Essas substâncias incluem esteroides anabolizantes, hormônios, estimulantes, diuréticos e agentes mascarantes, que podem melhorar artificialmente o desempenho físico ou ocultar o uso de outras drogas. A coleta de amostras biológicas, como urina ou sangue, é feita sob supervisão rigorosa, seguindo protocolos internacionais estabelecidos pela Agência Mundial Antidoping (Wada, 2021).

O teste de detecção de drogas na toxicologia forense é voltado para investigações criminais, civis ou administrativas. Ele é utilizado em casos de homicídio, suicídio, acidentes de trânsito, violência sexual, entre outros, nos quais há suspeita de envolvimento de substâncias psicoativas. O biomédico forense atua na coleta e análise de amostras como sangue, urina, cabelo, vísceras ou líquidos gástricos, buscando identificar drogas ilícitas, medicamentos controlados, venenos ou álcool (Oliveira, et al., 2023).

No contexto brasileiro, as análises toxicológicas são conduzidas em instituições públicas especializadas, como o Instituto de Criminalística (IC) e o

Instituto Médico-Legal (IML). Esses exames são realizados a partir de amostras biológicas obtidas durante o processo investigativo conduzido pelas autoridades policiais (Castelari et al., 2018).

2.4 Cadeia de custódia e validade da prova

A cadeia de custódia é o conjunto de procedimentos que garante a integridade, autenticidade e rastreabilidade dos vestígios coletados em uma investigação criminal, desde a sua coleta até a apresentação em juízo. No Brasil, sua regulamentação ganhou força com o Pacote Anticrime (Lei nº 13.964/2019), que detalhou as etapas obrigatórias para o correto manuseio das evidências, conforme ilustrado na Figura 2 (Brasil, 2019).

Esse processo envolve etapas como o reconhecimento do vestígio na cena do crime, o isolamento da área para evitar contaminação, a fixação por meio de registro fotográfico, gráfico ou descritivo, a coleta realizada por perito oficial, o acondicionamento em embalagem adequada com lacre e identificação, o transporte seguro até o laboratório pericial, o recebimento com conferência e registro de entrada, o processamento mediante análise laboratorial e emissão de laudo, o armazenamento em condições adequadas e, por fim, o descarte conforme as normas legais vigentes. Todas essas etapas devem ser devidamente registradas para assegurar que não haja adulteração ou contaminação das evidências ao longo do processo investigativo (Sebastiany et al., 2013).

A etapa da coleta de evidências é essencial na investigação criminal, exigindo atenção minuciosa e a aplicação rigorosa de procedimentos voltados à preservação do local, pois é nela que se estabelece a integridade de todo o processo judicial posterior. Para ser efetivada, é necessário que os profissionais em perícia possuam capacitação para uma melhor detecção de resultados. Neste processo existem os Procedimentos Operacionais Padrão (POP), essenciais na coleta das provas periciais, auxiliando na qualidade e nos resultados sobre os elementos coletados. Após a coleta, as amostras biológicas são encaminhadas para análise em ambiente laboratorial controlado, sendo manipuladas em equipamentos de biossegurança adequados, como as cabines de segurança biológica ilustradas na Figura 1, que garantem a proteção do analista e a integridade do material (Testoni et al., 2021; Ueki et al., 2008).

Figura 1. Cabines de biossegurança destinadas à manipulação de agentes biológicos



Fonte: Adaptado de Ueki et al., (2008).

Após a coleta da amostra em local onde aconteceu o crime, ocorre o acondicionamento, etapa crucial para evitar contaminações ou alterações químicas e físicas. O transporte deve ser realizado de forma segura, garantindo rastreabilidade, enquanto o armazenamento assegura que os vestígios permaneçam preservados até a análise. Na fase de análise laboratorial, os peritos aplicam métodos científicos para produzir resultados técnicos que servirão como prova. Por fim, o descarte dos vestígios, quando autorizado, deve ser documentado para evitar qualquer uso indevido. Cada uma dessas etapas é registrada, formando um histórico que comprova a legitimidade da prova (Sebastiany et al., 2013).

A validade da prova pericial depende diretamente da manutenção rigorosa da cadeia de custódia, pois qualquer falha pode comprometer a credibilidade dos resultados e levar à sua desconsideração pelo juiz (Padilha, 2024).

A violação da cadeia de custódia pode acarretar consequências jurídicas graves, incluindo a nulidade da prova pericial e o seu consequente desentranhamento do processo, conforme previsto no artigo 157 do Código de

Processo Penal, que veda a utilização de provas obtidas por meios ilícitos (Brasil, 1941). Nesse sentido, a responsabilidade do biomédico vai além da execução técnica das análises: abrange também o compromisso ético e legal com a documentação rigorosa de cada etapa do processo, garantindo que a prova produzida seja não apenas cientificamente válida, mas também juridicamente sustentável (Dorta et al., 2018).

Figura 2. Fluxograma sobre as etapas realizadas no pacote anticrime



Fonte: Adaptado de Brasil, (2019)

2.5 Matrizes biológicas e interpretação toxicológica

As matrizes biológicas constituem o alicerce da toxicologia forense, pois possibilitam a detecção e interpretação de substâncias químicas no organismo humano. Cada tipo de matriz apresenta características específicas que impactam diretamente os métodos analíticos empregados, bem como a confiabilidade e a interpretação dos resultados obtidos. (Marinho, Passagli, 2013).

As amostras biológicas, como sangue, urina, cabelo e saliva, são os principais materiais utilizados para análises toxicológicas. A escolha da matriz biológica depende da situação investigada, como a fase da investigação (antemortem ou postmortem) e o tipo de substância suspeita de ter sido administrada. Esses fatores influenciam diretamente a interpretação dos resultados, sendo necessária a adoção de técnicas de alta precisão para evitar falsos positivos ou negativos (Bordin et al., 2015).

O sangue é considerado a matriz mais relevante, já que reflete a concentração atual da substância circulante, possibilitando a avaliação de intoxicações agudas e a correlação direta com efeitos clínicos (Dorta et al., 2018). A urina é amplamente utilizada para detectar o uso recente de drogas ou exposição a agentes tóxicos, embora não permita estabelecer relação precisa com os efeitos fisiológicos, pois reflete apenas a excreção (Sebastiany et al., 2013). O cabelo e os pelos oferecem a vantagem de registrar exposições crônicas ou históricas, permitindo a detecção de drogas e metais pesados em períodos prolongados (Batista et al., 2024). A saliva é uma matriz prática e menos invasiva, útil para identificar substâncias em uso recente, mas apresenta limitações quanto à estabilidade e conservação das amostras (Rodrigues, 2020).

Nos casos de necropsia, os tecidos post mortem, como fígado, rim e cérebro, são analisados para determinar a distribuição da substância no organismo e auxiliar na definição da causa da morte (Dorta et al., 2018).

Dentre as amostras biológicas mencionadas, o sangue é frequentemente o material mais encontrado, podendo estar presente em diversos objetos e superfícies, como envelopes, selos, bitucas de cigarro, utensílios de cozinha, copos e garrafas. Esses vestígios podem se apresentar em diferentes estados físicos, sendo eles: líquido, coagulado, úmido ou seco, e a técnica de coleta deve ser escolhida conforme a condição e o local onde se encontram. Para esse fim, são empregadas diversas ferramentas, sendo as mais comuns o uso de swabs

(cotonetes estéreis), seringas e pipetas, que permitem a extração adequada do material para análise pericial (Souza, Queiroz, 2015).

No caso do sangue, por exemplo, é necessário utilizar seringas e agulhas devidamente esterilizadas. Já a coleta de urina costuma ser realizada em frascos limpos e próprios para esse fim. Por outro lado, materiais secos como fios de cabelo ou fragmentos de pele demandam técnicas que assegurem a preservação da amostra. Para isso, são comumente empregadas ferramentas como pinças ou lâminas esterilizadas, que minimizam o risco de interferência externa e garantem a confiabilidade do material coletado (Contieri, 2006).

A coleta de amostras biológicas pode ser realizada por meio de diferentes métodos, cada um indicado conforme o tipo de análise laboratorial ou diagnóstico pretendido. No (Quadro 1), são apresentados os principais materiais biológicos utilizados em investigações, acompanhados de informações sobre seus objetivos, técnicas de coleta, precauções necessárias e possíveis limitações. Cada procedimento exige cuidados específicos para assegurar a confiabilidade e a precisão dos resultados obtidos.

Quadro 1. Principais achados em amostras biológicas: composição, elementos analisados e aplicações forenses.

Amostra	Composição/Elementos Analisados	Aplicações Forenses
Urina	95% água, ureia, ácido úrico, íons minerais	Deteção de substâncias tóxicas e xenobióticos
Sêmen	Esperma, fosfatase ácida	Identificação de crimes sexuais por meio de testes de DNA
Sangue	Eritrócitos, leucócitos, plasma	Análise de DNA, determinação de tipo sanguíneo, identificação de toxinas
Saliva	Amilase, eletrólitos, proteínas	Coleta em casos de contato corporal ou crimes sexuais
Cabelo	Queratina, DNA nuclear e mitocondrial	Identificação de ingestão de substâncias e análise genética

Fonte: Adaptado de (Batista et al., 2024).

É frequente a presença de elementos como armas de fogo, cartuchos, projéteis, fragmentos e resíduos de pólvora em superfícies diversas, tais como vestimentas, mobiliário, portas e paredes, nos locais de ocorrência de crimes. Para

assegurar a confiabilidade dos exames laboratoriais e contribuir para o esclarecimento dos fatos investigados, é imprescindível que esses materiais sejam manipulados com rigor técnico. As armas de fogo devem ser acondicionadas em caixas apropriadas, a fim de evitar atritos que comprometam vestígios relevantes, como sangue, tecido encefálico e fios de cabelo. Já os cartuchos, projéteis e demais itens de pequeno porte devem ser embalados separadamente em papel simples e mantidos em ambiente seco, preservando sua integridade para análise pericial (Colavite, Almeida, Farje, 2021).

Amostras de materiais biológicos úmidos, sangue, urina, saliva e secreções emendam procedimentos de coleta distintos dos aplicados a materiais secos, como pele e cabelo. No caso das amostras úmidas, adota-se um rigoroso controle de contaminação, com uso obrigatório de recipientes estéreis adequados, como frascos e tubos específicos. A coleta de sangue, por exemplo, exige agulhas e seringas esterilizadas, enquanto a urina é acondicionada em frascos limpos e apropriados para essa finalidade. Já as amostras secas, como fragmentos de pele ou fios de cabelo, são obtidas por métodos que priorizam a integridade do material. Para isso, utilizam-se instrumentos como pinças e lâminas estéreis, garantindo a ausência de qualquer forma de contaminação ao longo do processo (Contieri, 2006).

O transporte e o armazenamento de amostras biológicas seguem critérios específicos de acordo com o tipo de material coletado. Amostras úmidas, como sangue e urina, requerem refrigeração para preservar a estabilidade de seus componentes celulares e bioquímicos até o momento da análise laboratorial. O sangue, em particular, deve ser transportado em tubos contendo anticoagulantes adequados e mantido sob temperaturas controladas ao longo de todo o percurso. As amostras secas, como cabelo e pele, dispensam refrigeração, mas exigem acondicionamento em recipientes secos e estéreis para prevenir degradação e contaminação do material. Independentemente da natureza da amostra ser úmida ou seca, a rotulagem e a identificação corretas são etapas indispensáveis, pois asseguram a precisão dos resultados e garantem a rastreabilidade em todas as fases do processo (Oliveira, Matos, 2023).

Com relação à interpretação toxicológica, ela é realizada a partir da análise qualitativa e quantitativa das substâncias encontradas nas matrizes biológicas. É iniciada com a análise qualitativa, que identifica qual droga, veneno ou agente

químico está presente no organismo. Em seguida, passa para a análise quantitativa, que mede a concentração dessa substância e permite avaliar se os níveis encontrados correspondem a níveis terapêuticos, tóxicos ou letais (Castelari et al., 2018).

Esses resultados não podem ser interpretados isoladamente. É necessário correlacioná-los com os sinais clínicos observados, os sintomas relatados e, em casos de necropsia, com os achados médico-legais. Além disso, fatores individuais como dose administrada, via de exposição, tempo decorrido desde o contato, metabolismo, idade, peso e possíveis interações medicamentosas precisam ser considerados, pois influenciam diretamente na absorção, distribuição e eliminação da substância (Marinho, Passagli, 2013).

Portanto, a interpretação toxicológica é sempre contextual: ela integra dados laboratoriais, informações clínicas e circunstâncias do caso para produzir uma conclusão científica e juridicamente válida. É esse cruzamento de informações que permite ao perito afirmar se a substância encontrada foi responsável por uma intoxicação, se contribuiu para o estado clínico da vítima ou se esteve relacionada à causa da morte (Passagli, 2019).

2.6 Métodos analíticos aplicados

Na toxicologia forense, os métodos analíticos são empregados de forma complementar e sequencial. De maneira geral, adota-se o imunoensaio como técnica de triagem inicial, pela sua rapidez e praticidade, seguido da cromatografia acoplada à espectrometria de massas como padrão ouro para confirmação analítica. Além desses, reagentes específicos como o luminol são utilizados na detecção de vestígios biológicos na cena do crime. A escolha do método depende do tipo de matriz biológica analisada, da substância investigada e da finalidade do exame (Souza et al., 2020; Santos, Pacheco, 2013).

2.6.1 Cromatografia gasosa e cromatografia líquida

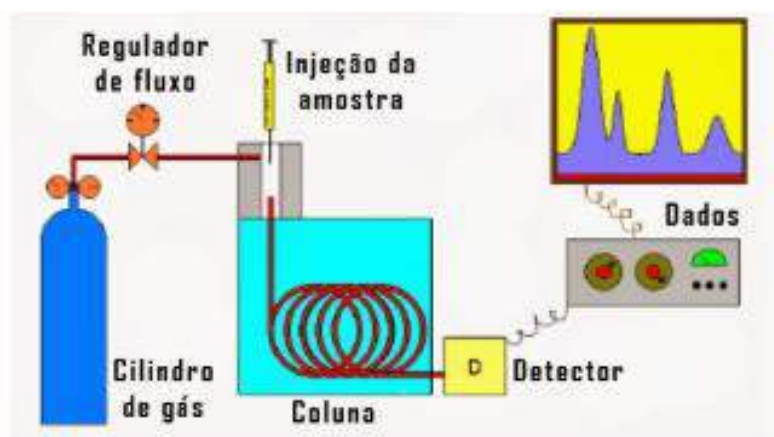
A toxicologia forense dispõe de uma ampla variedade de métodos analíticos utilizados durante a análise de amostras biológicas ou de substâncias encontradas no local do crime. Dentre elas, está a cromatografia, que consiste em uma técnica de separação baseada em princípios físico-químicos, cuja aplicação permite distinguir os componentes de uma mistura por meio de sua migração diferenciada.

Esse processo ocorre devido às distintas interações entre duas fases que não se misturam: uma fase móvel e outra estacionária, sendo essa dinâmica essencial para a eficácia do método (Souza et al., 2020; Fraga, 2014).

Na cromatografia gasosa, a amostra é vaporizada e arrastada por um gás inerte como hélio ou nitrogênio ao longo de uma coluna capilar revestida internamente pela fase estacionária. Cada componente da mistura interage de forma diferente com essa fase, percorrendo a coluna em tempos distintos, denominados tempos de retenção, que permitem sua identificação. Na cromatografia líquida, o princípio é semelhante, porém a fase móvel é um solvente líquido que carrega os compostos ao longo de uma coluna preenchida com material sólido ou líquido de alta porosidade. A separação ocorre com base nas diferentes afinidades dos analitos pelas fases móvel e estacionária, permitindo a análise de substâncias que não suportariam a vaporização exigida pela CG (Fraga, 2014).

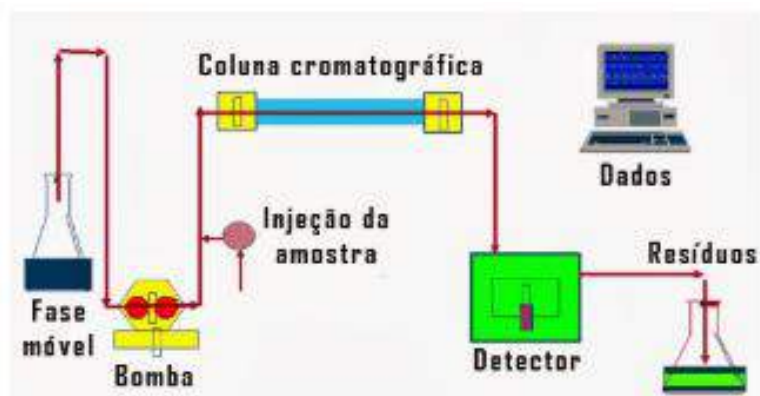
A cromatografia gasosa (CG) e a cromatografia líquida (CL) são métodos fundamentais na análise pericial, sendo amplamente empregadas na separação, identificação e quantificação de substâncias presentes em matrizes complexas. A CG apresenta maior eficiência na análise de compostos voláteis e semivoláteis, como entorpecentes, enquanto a CL demonstra maior versatilidade, permitindo a investigação de uma ampla variedade de analitos em diferentes estados físicos, conforme ilustrado nas figuras 2 e 3. Ambas as técnicas são frequentemente integradas a sistemas de detecção, como a espectrometria de massas (MS), o que possibilita uma caracterização mais precisa das substâncias analisadas (Souza et al., 2020).

Figura 3: Representação de cromatografia gasosa



Fonte: Adaptado de Fraga, (2014).

Figura 4: Representação de cromatografia líquida



Fonte: Adaptado de Fraga, (2014).

Apesar de suas vantagens, cada técnica apresenta limitações específicas que devem ser consideradas na rotina pericial. A cromatografia gasosa, embora altamente eficiente para compostos voláteis, não é adequada para substâncias termolábeis ou de alta polaridade, que podem se degradar durante o processo de vaporização. A cromatografia líquida, por sua vez, tende a apresentar menor sensibilidade quando utilizada isoladamente, sem acoplamento à espectrometria de massas, o que pode comprometer a detecção de substâncias em concentrações muito baixas. Por essa razão, ambas as técnicas são preferencialmente utilizadas em conjunto com a espectrometria de massas, formando os sistemas CG-MS e CL-MS, que constituem o padrão analítico mais confiável na toxicologia forense contemporânea (Souza et al., 2020; Passagli, 2019).

2.6.2 Espectrometria de massa

A espectrometria de massa é uma metodologia analítica empregada na investigação das massas de átomos, moléculas e seus respectivos fragmentos, conforme pode ser observado na Figura 5, que apresenta a representação do aparelho utilizado nesse processo. Para a obtenção do espectro de massa, as substâncias analisadas em fase gasosa ou dissolvidas a partir de uma fase condensada, passam por um processo de ionização. Os íons gerados são então submetidos à aceleração por meio de um campo elétrico, sendo posteriormente separados com base na relação entre sua massa e carga elétrica (Harris, 2008).

Figura 5: Representação do aparelho de espectrometria de massas



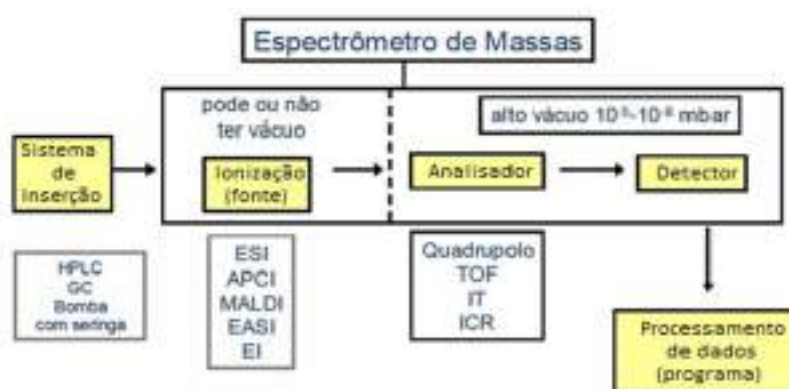
Fonte: Adaptado de Botelho, (2018).

Uma das principais finalidades da espectrometria é a identificação precisa de compostos químicos, para realizar a confirmação da presença de substâncias psicoativas em casos de intoxicação, overdose, crimes, acidentes e mortes suspeitas. É frequentemente acoplada à cromatografia líquida ou gasosa (Cunha, 2015).

O processo da espectrometria de massas ocorre em três etapas fundamentais. Na primeira, a ionização, as moléculas da amostra são convertidas em íons por meio de diferentes técnicas, sendo as mais utilizadas na toxicologia forense a ionização por elétrons (EI) e a ionização por electrospray (ESI), esta última especialmente aplicada quando o método está acoplado à cromatografia líquida. Na segunda etapa, os íons gerados são acelerados e separados no analisador de massas de acordo com a relação entre sua massa e carga elétrica (m/z), o que gera um espectro único para cada substância, funcionando como uma impressão digital molecular. Na terceira etapa, o detector registra os íons separados e produz o espectro de massas, que é então comparado a bancos de

dados de referência para identificação da substância, conforme diagrama esquemático de um espectrômetro de massas representado na Figura 6. Essa capacidade de gerar um perfil molecular altamente específico é o que torna a técnica insubstituível na confirmação de substâncias em investigações criminais (Harris, 2008; Cunha, 2015).

Figura 6: Diagrama esquemático de um espectrômetro de massas



Fonte: Adaptado de Botelho, (2018).

Por sua elevada especificidade, sensibilidade e capacidade de identificar substâncias em concentrações mínimas, a espectrometria de massas é reconhecida internacionalmente como o padrão ouro para confirmação analítica na toxicologia forense, sendo sua utilização indispensável sempre que os resultados servirão como prova pericial no sistema de justiça (Passagli, 2019).

O desenvolvimento da espectrometria de massas de alta resolução (HRMS), discutido nas perspectivas futuras deste trabalho, representa um avanço significativo em relação aos sistemas convencionais, ampliando ainda mais a capacidade de detecção simultânea de múltiplas substâncias (Madea, 2007; Unodc, 2023).

2.6.3 Imunoensaio

O imunoensaio constitui o método de triagem inicial mais amplamente utilizado na toxicologia forense, destacando-se pela rapidez e praticidade na análise de grandes volumes de amostras. Baseia-se na reação antígeno-anticorpo para detectar a presença de substâncias específicas em matrizes biológicas como

urina e sangue, sendo especialmente empregado em triagens toxicológicas preliminares nos laboratórios periciais (Santos, Pacheco, 2023).

O processo do imunoensaio baseia-se na competição ou ligação entre antígenos e anticorpos específicos. Na prática forense, a amostra biológica do suspeito ou vítima é colocada em contato com anticorpos produzidos para reconhecer determinada substância ou seu metabólito. Quando a substância investigada está presente na amostra, ela se liga ao anticorpo e desencadeia uma reação detectável, que pode ser colorimétrica, fluorescente ou enzimática, dependendo da modalidade utilizada. O resultado é expresso de forma qualitativa como positivo ou negativo, o que torna o método ideal para triagens rápidas em situações que exigem agilidade, como nas primeiras horas após um crime sexual ou acidente de trânsito, quando a janela de detecção das substâncias ainda está aberta (Passagli, 2019; Santos, Pacheco, 2023).

Existem diferentes modalidades de imunoensaio utilizadas na toxicologia forense, entre elas o ensaio imunoenzimático (ELISA), o imunoensaio por fluorescência polarizada (FPIA) e o imunoensaio por multiplicação enzimática (EMIT), cada um com características técnicas distintas que determinam sua aplicabilidade conforme o tipo de substância investigada e a matriz biológica analisada (Passagli, 2019).

Embora apresente alta sensibilidade, o imunoensaio possui como principal limitação a possibilidade de resultados falso-positivos, decorrentes de reatividade cruzada com outras substâncias de estrutura química semelhante. Por essa razão, qualquer resultado positivo obtido por imunoensaio deve ser obrigatoriamente confirmado por método cromatográfico acoplado à espectrometria de massas antes de ser utilizado como prova pericial, garantindo assim a validade jurídica do laudo toxicológico (Santos, Pacheco, 2023; Dorta et al., 2018).

2.6.4 Luminol

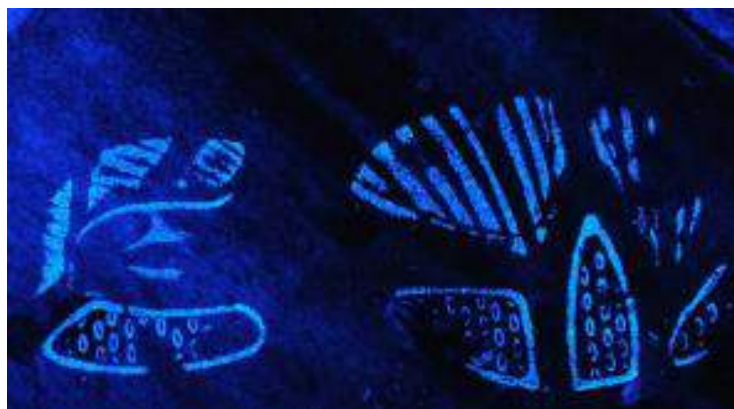
Diferentemente dos métodos cromatográficos, o luminol não se destina à identificação ou quantificação de substâncias, mas sim à detecção presuntiva de vestígios de sangue na cena do crime, sendo considerado uma técnica auxiliar de criminalística com interface direta na rotina pericial da toxicologia forense. O luminol ($C_8H_7N_3O_2$) é amplamente utilizado na perícia criminal por sua capacidade de reagir com o grupo heme, componente presente na hemoglobina do sangue

humano e animal. Essa reação, mediada pelo peróxido de hidrogênio, gera quimioluminescência, sendo uma emissão de luz azulada visível em até 30 segundos, permitindo a detecção de vestígios de sangue mesmo quando não são visíveis a olho nu ou quando o local foi previamente lavado ou limpo após a ocorrência do crime, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6 (Padilha, 2024; Moura, 2022).

Na prática pericial, o luminol é aplicado diretamente sobre as superfícies suspeitas em ambiente com luminosidade reduzida ou ausente, condição necessária para que a quimioluminescência seja visível. A solução é preparada e pulverizada sobre a área investigada, e a reação positiva se manifesta em segundos, permitindo ao perito mapear a extensão e distribuição dos vestígios hemáticos no local do crime. Esse mapeamento é essencial para a reconstituição da dinâmica do crime, pois indica a posição das vítimas, a direção dos movimentos e a possível tentativa de limpeza do local pelo autor (Moura, 2022).

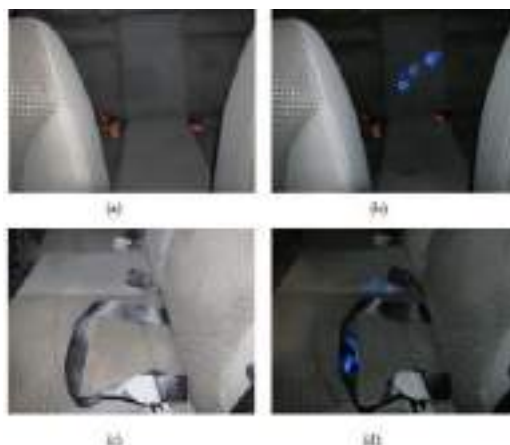
O luminol é especialmente empregado em investigações de homicídios, feminicídios, crimes sexuais e outros delitos violentos nos quais há suspeita de presença de sangue mesmo após limpeza do ambiente. Em cenários em que o autor tentou apagar os vestígios, o reagente demonstra sua maior utilidade, sendo capaz de revelar manchas de sangue diluídas em até 1:10.000.000, o que o torna uma das ferramentas de maior sensibilidade disponíveis na criminalística. No contexto brasileiro, sua aplicação é conduzida por peritos criminais no local do crime, frequentemente em conjunto com o registro fotográfico das reações observadas, que compõem o laudo pericial (Monteiro, Cordeiro, Leite, 2023).

Figura 7: Fotografia após a aplicação de luminol.



Fonte: Adaptado de Whyte, (2010).

Figura 8: Fotografias do antes (a) e (c) e após a aplicação do luminol (b) e (d).



Fonte: Adaptado de Padilha, (2024).

No entanto, o teste pode gerar resultados falso-positivos ao entrar em contato com outros fluidos corporais, como saliva, suor e urina, além de certos alimentos e produtos de limpeza. Outra limitação relevante é a possível interferência na posterior análise de DNA das amostras, aspecto que deve ser considerado pelo perito antes de sua aplicação (Souza, Ferreira, 2018).

2.7 Limitações e desafios da toxicologia forense

Conforme evidenciado anteriormente, a toxicologia forense desempenha um papel fundamental na investigação criminal, sendo responsável pela identificação e análise de substâncias químicas no organismo humano. Contudo, apesar de sua importância, essa área possui limitações que podem comprometer a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos. Entre essas limitações, destaca-se a instabilidade das substâncias ao longo do tempo, especialmente no período pós-morte, influenciada por fatores como temperatura, exposição à luz e condições ambientais, o que pode dificultar ou até inviabilizar sua detecção. Além disso, muitas substâncias encontram-se em concentrações extremamente baixas no organismo, exigindo o uso de equipamentos altamente sensíveis, e nem sempre estão disponíveis em todos os laboratórios (Monteiro, Cordeiro, Leite, 2023).

Outro fator limitante relevante está relacionado à interferência de substâncias presentes no organismo, como medicamentos de uso contínuo e compostos endógenos, que podem alterar os resultados analíticos, especialmente em testes de triagem. A ausência de informações clínicas e do histórico do indivíduo também representa um entrave importante, dificultando a distinção entre uso

terapêutico, intoxicação ou abuso de substâncias. (Karch, 2016).

Soma-se a isso a complexidade da interpretação toxicológica, uma vez que a simples detecção de um composto não permite estabelecer, de forma isolada, sua relação direta com a causa da morte, sendo necessária a correlação com outros achados periciais. (Severo, Pinto, 2023).

Além dessas limitações descritas, a área enfrenta desafios relevantes no contexto atual, destacando-se o surgimento contínuo de novas substâncias psicoativas que possuem diversos agentes químicos em sua composição, muitas das quais ainda não estão catalogadas em bancos de dados laboratoriais, dificultando sua identificação. Essa lacuna compromete a rapidez e a precisão dos exames toxicológicos, exigindo que os laboratórios estejam em permanente atualização tecnológica e científica para acompanhar a evolução dessas substâncias. A ausência de registros consolidados também aumenta a complexidade da interpretação dos resultados, tornando indispensável a integração entre diferentes áreas da perícia para garantir maior confiabilidade nas conclusões (Pimenta, Ferreira, 2019).

Os aspectos críticos que também podem limitar esse processo são o tempo necessário para a realização das análises, que pode comprometer a celeridade das investigações e dos processos judiciais, e o outro refere-se à cadeia de custódia das amostras, que exige rigor em todas as etapas, desde a coleta até o armazenamento e transporte, uma vez que falhas nesse processo ou profissional despreparado podem comprometer a integridade do material analisado. (Dorta et al., 2018).

Adicionalmente, existem limitações estruturais relacionadas à escassez de recursos, à falta de equipamentos modernos e à insuficiência de profissionais especializados em determinadas regiões, o que impacta diretamente a qualidade das análises toxicológicas. (Silva, Passagli, 2018). A atuação do perito também envolve desafios éticos e legais, exigindo imparcialidade, rigor técnico e responsabilidade científica, mesmo diante de possíveis pressões externas (Colavite, Almeida, Farje, 2021).

Por fim, a complexidade das diferentes matrizes biológicas utilizadas nas análises, como sangue, urina e tecidos, requer conhecimento técnico específico, uma vez que cada matriz apresenta características próprias que influenciam os resultados. (Castelari et al., 2018).

Dessa forma, embora a toxicologia forense seja uma ferramenta indispensável para a elucidação de crimes, suas limitações e desafios evidenciam a necessidade de constante atualização tecnológica, investimento em infraestrutura, capacitação profissional e integração com outras áreas da perícia, a fim de garantir maior precisão e confiabilidade na produção da prova pericial. (Karch, 2016).

2.8 Perspectivas futuras e inovação tecnológica

No cenário atual, as perspectivas futuras indicam a incorporação de tecnologias mais sensíveis e específicas, capazes de detectar substâncias em baixas concentrações e identificar compostos ainda não descritos em bancos de dados tradicionais (Drummer, 2007).

Entre as principais inovações, destaca-se o uso de técnicas analíticas avançadas, como a cromatografia acoplada à espectrometria de massas de alta resolução, que permite a identificação simultânea de múltiplas substâncias com elevado grau de confiabilidade (Madea, 2007). Além disso, métodos de triagem não direcionados têm sido cada vez mais utilizados, possibilitando a detecção de novas drogas psicoativas sem a necessidade de padrões previamente conhecidos (Unodc, 2023).

Outro avanço importante refere-se à aplicação da biologia molecular na toxicologia forense, com destaque para técnicas como a reação em cadeia da polimerase, que contribuem para a análise de material genético e auxiliam na correlação entre indivíduos e substâncias detectadas (França, 2017). Paralelamente, o desenvolvimento de biomarcadores específicos tem possibilitado uma avaliação mais precisa da exposição a agentes tóxicos, permitindo determinar o tempo e a intensidade do contato com essas substâncias (Pounder; Jones, 2015).

A incorporação de ferramentas de inteligência artificial e aprendizado de máquina também representa uma inovação significativa, auxiliando na interpretação de grandes volumes de dados e na identificação de padrões complexos, o que contribui para maior eficiência e redução de erros nas análises laboratoriais (Unodc, 2023). Além disso, a criação e integração de bancos de dados digitais favorecem o compartilhamento de informações entre laboratórios, promovendo maior padronização e agilidade nos processos periciais (Souza, Yonamine, 2013).

Outro aspecto relevante envolve o desenvolvimento de métodos menos invasivos, como a análise de substâncias em fluido oral e cabelo, que permitem avaliar o uso de drogas em diferentes períodos, ampliando as possibilidades investigativas (Silva; Passagli, 2018). Ademais, dispositivos portáteis para análises em campo têm sido desenvolvidos, possibilitando a obtenção de resultados preliminares diretamente no local do crime, o que contribui para a tomada de decisões mais rápidas (Karch, 2016).

Dessa forma, observa-se que as perspectivas futuras da toxicologia forense estão diretamente relacionadas à inovação tecnológica, à capacitação profissional e ao investimento em infraestrutura, fatores essenciais para aumentar a confiabilidade dos resultados, reduzir o tempo de resposta das análises e aprimorar a elucidação de crimes (Madea, Musshoff, 2007; Boscolo-Berto, 2024).

Diante desse cenário de transformação tecnológica, o biomédico emerge como profissional estrategicamente posicionado para incorporar essas inovações à prática pericial, desde que amparado por formação continuada e atualização permanente. A articulação entre o domínio técnico-laboratorial, característico da formação biomédica, e as novas ferramentas digitais e moleculares disponíveis representa uma vantagem competitiva significativa para esse profissional no campo forense. Investir na capacitação do biomédico para o uso dessas tecnologias é, portanto, uma das condições essenciais para que a toxicologia forense brasileira avance rumo a uma perícia mais célere, precisa e confiável (Pimenta, Ferreira, 2019).

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão integrativa de literatura, de abordagem qualitativa e descritiva, conforme definido por Gil (2002). A revisão integrativa de literatura permite a síntese e análise crítica de estudos já publicados, possibilitando reunir e discutir o conhecimento produzido sobre o tema, de forma a identificar lacunas e contribuir para a compreensão do fenômeno investigado.

O estudo teve como objetivo analisar evidências científicas relacionadas à atuação do biomédico na perícia criminal, utilizando a toxicologia forense na análise de substâncias em crimes. Para isso, foram utilizados artigos científicos publicados nos últimos 10 anos, selecionados nas bases de dados PubMed, Google Scholar e SciELO. A busca foi realizada por meio de descritores em português e inglês, como: "Biomedicina", "Toxicologia forense", "Perícia criminal", "Interpretação toxicológica", "Matrizes biológicas" e "Competências do biomédico".

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos completos, publicados nos idiomas inglês e português, que apresentassem relação direta com o tema proposto, com publicação nos últimos dez anos. A seleção foi realizada inicialmente por meio da leitura dos títulos e resumos, seguida da leitura completa dos artigos pré-selecionados. Como critérios de exclusão, foram descartados os artigos que não apresentavam relação com o tema proposto, que não abordavam a temática de forma específica ou que não estavam disponíveis na íntegra.

A busca nas bases de dados resultou em um total de 70 artigos identificados inicialmente, sendo 30 provenientes do Google Scholar, 24 do PubMed e 16 do SciELO. Após a remoção de duplicatas, foram excluídos 8 artigos, restando 62. Em seguida, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos, etapa em que 18 artigos foram eliminados por não apresentarem relevância direta para o tema proposto, resultando em 44 artigos selecionados para leitura completa. Após a leitura na íntegra, 12 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão, seja por não estarem disponíveis em texto completo, por não abordarem especificamente a atuação do biomédico na toxicologia forense ou por serem anteriores ao período delimitado. Ao final do processo de seleção, foram incluídos 32 artigos científicos, os quais foram analisados de forma qualitativa, com o objetivo de identificar os principais achados e subsidiar a discussão acerca da atuação do biomédico na

toxicologia forense.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, um quadro trazendo os mais relevantes achados durante a pesquisa bibliográfica.

Quadro 2. Resultados e discussões dos estudos selecionados

Autor/Ano	Tipo de estudo	Método analítico citado	Principais achados	Contribuição para perícia
Batista, Silva, Batista 2024	Revisão integrativa da literatura	PCR, espectrometria de massa, cromatografia, análise de DNA, microscopia, exames post-mortem, bioinformática forense	A análise de amostras biológicas com técnicas como PCR, cromatografia e espectrometria de massa permite a detecção de substâncias com alta precisão.	Garantia de maior confiabilidade das provas, auxiliando na identificação de suspeitos e na determinação da causa do óbito.
Castelari et al., 2018	Revisão bibliográfica de literatura	Análises de amostras biológicas (sangue, urina, órgãos), testes de triagem e confirmação, análise post-mortem, cadeia de custódia	Importância do controle de qualidade e da coleta correta de amostras para identificação e quantificação de substâncias tóxicas nas matrizes biológicas.	Determinação da causa da morte, identificação de substâncias envolvidas em crimes e produção de laudos confiáveis.
Colavite, Almeida, Farje, 2021	Revisão bibliográfica de literatura	Toxicologia forense	Identificação de drogas ilícitas e substâncias tóxicas em amostras	Reforça a importância da toxicologia na perícia biomédica
Padilha, 2024	Revisão bibliográfica de literatura	Revisão bibliográfica (SciELO, PubMed, Biblioteca Digital da UnB)	Destaca a importância do biomédico na coleta e análise de evidências científicas, relaciona práticas laboratoriais às atividades periciais.	Reforça a atuação interdisciplinar do biomédico, aumentando a eficiência das investigações criminais.
Rodrigues, 2020	Revisão bibliográfica de literatura	Balística, entomologia, papiloscopia, toxicologia, genética e documentoscopia	Evidenciada a atuação do biomédico em diferentes áreas da perícia criminal, destacando sua importância na coleta e análise de evidências.	Demonstra que o biomédico possui formação interdisciplinar e capacidade técnica para atuar como perito criminal.

Santos, Pacheco, 2023	Revisão bibliográfica de literatura	Imunoensaio e Cromatografia	Precisão da toxicologia forense para identificação de substâncias em investigações criminais, perito faz uso de imunoensaio (triagem) e cromatografia (confirmação) para análise de diferentes matrizes biológicas.	Possibilitar a identificação e quantificação de substâncias tóxicas em amostras biológicas
Monteiro, Cordeiro, Leite, 2023.	Revisão bibliográfica de literatura	Revisão histórica fundamentada no CPP, CPC e Lei 12.030/2009; métodos técnicos Luminol e testes de certeza para sangue (Teichmann e Takayama)	O estudo destaca a evolução histórica das técnicas (de Arquimedes ao DNA), organização da perícia no DF como referência nacional e a importância dos exames laboratoriais (balística, biologia, química) para a formação da prova material.	Destacar a perícia como atividade normativa de Estado e pilar dos direitos fundamentais aponta ainda desafios atuais, como a falta de padronização de técnicas em laboratórios brasileiros e a escassez de peritos oficiais para atender à demanda criminal.

Fonte: Adaptação do próprio autor (2026)

4.1 A importância do biomédico na toxicologia forense

A criminalidade no Brasil vem se tornando uma questão cada vez mais preocupante ao longo dos anos, causando impactos significativos na sociedade e exigindo ações integradas para sua prevenção e combate. Nesse cenário, a Biomedicina Forense destaca-se como uma área de grande relevância, especialmente por contribuir de forma essencial para a investigação criminal, sobretudo na identificação e análise de vestígios biológicos relacionados aos delitos.

De acordo com os estudos analisados, a atuação do biomédico na toxicologia forense se fundamenta em uma formação técnica sólida, que abrange áreas como biologia molecular, bioquímica, hematologia e análises laboratoriais. Essa base interdisciplinar é o que diferencia o biomédico como perito, uma vez que lhe permite não apenas realizar os exames, mas também interpretar os resultados dentro de um contexto clínico, fisiológico e jurídico (Padilha, 2024; Rodrigues,

2020).

Conforme evidenciado por Batista, Silva e Batista (2024), a análise de amostras biológicas com técnicas como PCR, cromatografia e espectrometria de massas permite a detecção de substâncias com alta precisão, garantindo maior confiabilidade das provas e auxiliando na identificação de suspeitos e na determinação da causa do óbito. Esse conjunto de competências técnicas é diretamente relacionado à formação laboratorial do biomédico, que está habilitado para operar equipamentos de alta complexidade e interpretar dados de forma criteriosa.

A interdisciplinaridade é outro aspecto central. Como apontado por Colavite, Almeida e Farje (2021), a biomedicina forense articula conhecimentos de toxicologia, genética, bioquímica e criminalística, tornando o biomédico capaz de atuar em múltiplas frentes investigativas. Essa atuação integrada é fundamental para garantir que as evidências coletadas sejam analisadas de forma abrangente, reduzindo o risco de falhas que poderiam comprometer a investigação.

Nesse sentido, Padilha (2024) destaca que a atuação do biomédico aumenta a eficiência das investigações criminais justamente por seu caráter interdisciplinar, reforçando a ideia de que a toxicologia forense não pode ser dissociada das demais áreas da ciência forense. A precisão analítica, aliada à capacidade de contextualizar os achados laboratoriais, é o que confere ao biomédico um papel estratégico na produção da prova pericial.

Rodrigues (2020) contribui de forma significativa para essa discussão ao evidenciar que o biomédico possui formação interdisciplinar e capacidade técnica para atuar em diferentes áreas da perícia criminal, como balística, entomologia, papiloscopia, toxicologia, genética e documentoscopia. Essa amplitude de atuação reforça o argumento de que o biomédico não é um profissional restrito ao ambiente laboratorial, mas sim um agente pericial completo, capaz de transitar entre diferentes especialidades forenses e contribuir para a elucidação de crimes de naturezas distintas. Tal versatilidade, aliada à sólida formação técnico-científica, é o que posiciona o biomédico como um dos profissionais mais estratégicos dentro do sistema de perícia criminal brasileiro.

4.2 Métodos analíticos mais utilizados

A escolha do método analítico adequado é determinante para a qualidade e confiabilidade dos resultados na toxicologia forense. A literatura revisada aponta que os principais métodos empregados são a cromatografia gasosa (CG), a cromatografia líquida (CL), a espectrometria de massas (MS) e o imunoensaio, cada qual com características, vantagens e limitações específicas (Santos; Pacheco, 2023).

A cromatografia gasosa é amplamente utilizada na análise de compostos voláteis e semivoláteis, como álcool etílico e determinadas drogas ilícitas. Sua principal vantagem reside na alta resolução e sensibilidade para esse tipo de composto. No entanto, apresenta limitação para substâncias termolábeis ou de alta polaridade, que podem se degradar durante a vaporização necessária ao processo (Souza et al., 2020). A cromatografia líquida, por sua vez, demonstra maior versatilidade, sendo aplicável a uma ampla variedade de analitos em diferentes estados físicos, incluindo substâncias que não suportam as temperaturas elevadas da CG. Isso a torna particularmente útil na análise de fármacos, pesticidas e outras substâncias presentes em matrizes biológicas complexas (Souza et al., 2020).

A espectrometria de massas é considerada o padrão ouro para confirmação analítica na toxicologia forense. Quando acoplada à cromatografia seja gasosa (CG-MS) ou líquida (CL-MS), permite a identificação simultânea de múltiplas substâncias com elevada especificidade e sensibilidade, mesmo em concentrações extremamente baixas. Conforme destacado por Batista et al. (2024), essa técnica é fundamental para a confirmação da presença de substâncias psicoativas em casos de intoxicação, overdose e morte suspeita, sendo indispensável na rotina pericial contemporânea.

O imunoensaio, por outro lado, é amplamente utilizado como método de triagem inicial, especialmente pela sua rapidez e praticidade. Como descrito por Santos e Pacheco (2023), o perito se vale do imunoensaio na triagem e da cromatografia na confirmação, para análise de diferentes matrizes biológicas. Embora apresente alta sensibilidade, o imunoensaio tem como principal limitação a possibilidade de resultados falso-positivos, decorrentes de reatividade cruzada com outras substâncias. Por isso, qualquer resultado positivo obtido por essa técnica deve ser confirmado por método cromatográfico antes de ser utilizado como prova pericial.

Dessa forma, os métodos analíticos na toxicologia forense são empregados de forma complementar: o imunoensaio para a triagem rápida e o cromatográfico acoplado à espectrometria de massas para a confirmação definitiva, garantindo precisão, validade jurídica e confiabilidade dos laudos produzidos.

4.3 Desafios encontrados na prática pericial

Apesar dos avanços metodológicos e tecnológicos, a toxicologia forense enfrenta desafios concretos na prática pericial brasileira, que comprometem a celeridade das investigações e, em alguns casos, a própria validade das provas produzidas.

Um dos principais desafios diz respeito à cadeia de custódia. Conforme evidenciado por Dorta et al. (2018), qualquer falha nas etapas de coleta, acondicionamento, transporte ou armazenamento das amostras pode comprometer a integridade do material analisado e, conseqüentemente, a validade jurídica dos resultados. A cadeia de custódia exige rigor absoluto em cada uma de suas etapas e depende diretamente da capacitação dos profissionais envolvidos. Profissionais despreparados ou procedimentos mal executados constituem um dos principais vetores de falha na produção da prova pericial.

No que se refere à infraestrutura, Monteiro, Cordeiro e Leite (2023) apontam a falta de padronização de técnicas entre laboratórios brasileiros e a escassez de peritos oficiais para atender à crescente demanda criminal como obstáculos significativos. Esse cenário é agravado pela ausência de investimentos contínuos em equipamentos modernos, o que impede que muitos laboratórios realizem análises de alta complexidade, como a espectrometria de massas de alta resolução, tornando-os dependentes de técnicas menos precisas para casos que exigiriam maior rigor analítico (Silva, Passagli, 2018).

Monteiro, Cordeiro e Leite (2023) oferecem uma perspectiva histórica fundamental para a compreensão dos desafios atuais da perícia criminal no Brasil. Os autores resgatam a trajetória das técnicas periciais desde os primórdios até os métodos contemporâneos baseados em DNA e análises moleculares, demonstrando que, embora o país tenha avançado consideravelmente em termos tecnológicos, persistem lacunas estruturais relevantes. Entre os principais obstáculos identificados pelos autores estão a falta de padronização das técnicas entre os laboratórios periciais brasileiros e a escassez de peritos oficiais para

atender à crescente demanda criminal, problemas que comprometem diretamente a qualidade e a agilidade das investigações. Esse diagnóstico é especialmente pertinente quando se considera que a perícia criminal é reconhecida pelos autores como uma atividade normativa de Estado e pilar dos direitos fundamentais, o que torna ainda mais urgente o investimento público em infraestrutura, capacitação profissional e realização de concursos para reposição dos quadros de servidores periciais.

O surgimento contínuo de novas substâncias psicoativas representa outro desafio relevante. Muitos desses compostos ainda não estão catalogados em bancos de dados laboratoriais, dificultando sua identificação nos métodos analíticos convencionais. Pimenta e Ferreira (2019) destacam que essa lacuna compromete a rapidez e a precisão dos exames toxicológicos, exigindo atualização permanente dos laboratórios e dos profissionais. A ausência de registros consolidados também aumenta a complexidade da interpretação dos resultados, tornando indispensável a integração entre diferentes áreas da perícia.

Por fim, a capacitação profissional emerge como fator crítico. A atuação do perito biomédico envolve não apenas o domínio técnico das análises, mas também responsabilidade ética, imparcialidade e conhecimento da legislação vigente. Colavite, Almeida e Farje (2021) ressaltam que esses desafios éticos e legais exigem formação continuada e responsabilidade científica, mesmo diante de possíveis pressões externas. Investir na capacitação dos profissionais e na estruturação dos laboratórios periciais é, portanto, condição indispensável para que a toxicologia forense cumpra plenamente seu papel na elucidação criminal.

4.4 Contribuição da toxicologia forense para a elucidação criminal

A toxicologia forense tem se consolidado como ferramenta indispensável na elucidação de uma ampla variedade de crimes e eventos de natureza suspeita. Os estudos analisados demonstram que sua aplicação abrange desde casos de overdose e homicídio até situações envolvendo drogas facilitadoras de crime, acidentes de trânsito e intoxicações diversas.

Nos casos de overdose, a toxicologia forense permite identificar a substância responsável pelo óbito, quantificar sua concentração no organismo e determinar se os níveis encontrados correspondem a uma intoxicação acidental, suicídio ou homicídio. A análise post mortem de matrizes como sangue, fígado e urina

possibilita ao biomédico correlacionar os achados toxicológicos com os dados clínicos e periciais, subsidiando a elaboração do laudo de causa da morte (Pritsch, 2020; Dorta et al., 2018).

Em investigações de homicídio por envenenamento, a identificação precisa do agente tóxico é fundamental para a comprovação do crime. Nesses casos, a espectrometria de massas acoplada à cromatografia tem papel determinante, pois permite detectar substâncias em concentrações mínimas nos tecidos, mesmo quando houve tentativa de ocultação por parte do autor (Batista et al., 2024; Castelari et al., 2018).

As drogas facilitadoras de crime (DFC) representam uma categoria de especial relevância forense. Conforme Takitane et al. (2017), essas substâncias são utilizadas para alterar o comportamento da vítima, tornando-a incapaz de reagir ou se defender, sendo frequentemente associadas a crimes como violência sexual e sequestro. A análise toxicológica ante mortem, por meio de amostras de sangue, urina e cabelo, é essencial para identificar a presença dessas substâncias, sendo o biomédico o profissional habilitado para conduzir esse processo de forma tecnicamente adequada.

Nos acidentes de trânsito, a toxicologia forense auxilia na determinação do estado de influência do condutor no momento do evento, por meio da dosagem de álcool etílico e outras substâncias psicoativas no sangue. Essa análise é determinante tanto para fins criminais quanto para processos administrativos e civis (Oliveira et al., 2023).

Por fim, nas intoxicações por agentes químicos, pesticidas ou medicamentos, sejam acidentais ou intencionais, a atuação do biomédico permite identificar o agente causador, estabelecer a relação entre a substância e os sintomas apresentados pela vítima e orientar tanto o tratamento clínico quanto a investigação criminal. A articulação entre os achados toxicológicos e os demais elementos periciais é o que confere à toxicologia forense seu papel central na busca pela verdade nos processos judiciais (Castelari et al., 2018; Passagli, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos estudos selecionados, compreende-se que a toxicologia forense é uma área multifatorial e interdisciplinar, cuja aplicação na perícia criminal envolve não apenas a detecção de substâncias químicas em matrizes biológicas, mas também a interpretação dos resultados em um contexto jurídico e investigativo. Nesse cenário, o biomédico desempenha papel essencial, utilizando seus conhecimentos em biologia molecular, bioquímica e técnicas laboratoriais para garantir a precisão das análises e a confiabilidade dos laudos periciais.

Nesse contexto, observou-se que a identificação de drogas ilícitas, medicamentos e agentes tóxicos em amostras biológicas exige métodos analíticos cada vez mais sofisticados, como a cromatografia e a espectrometria de massas, capazes de superar desafios como a presença de misturas complexas e a degradação das substâncias. Além disso, a atuação do biomédico contribui para a manutenção da cadeia de custódia e para a integridade das evidências, aspectos fundamentais para que os resultados tenham validade judicial.

Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de abordagens periciais integradas, que considerem não apenas a presença de substâncias tóxicas, mas também sua concentração, efeitos fisiológicos e implicações legais. O biomédico, ao aplicar a toxicologia forense, fortalece a investigação criminal e auxilia na elucidação de casos, garantindo suporte científico às decisões judiciais.

Os objetivos propostos foram contemplados ao longo do trabalho: descreveram-se as principais atividades do biomédico na toxicologia forense, identificaram-se os métodos laboratoriais mais utilizados na detecção de substâncias em casos de crimes, discutiu-se a importância da atuação profissional na validação e confiabilidade das provas periciais e apresentaram-se cenários em que a toxicologia forense foi determinante para a elucidação criminal.

Além de sua contribuição direta para o sistema de justiça criminal, a toxicologia forense possui interface relevante com a saúde pública, dimensão que não pode ser negligenciada. A identificação de novas substâncias psicoativas circulantes, o rastreamento de adulterações em medicamentos e o monitoramento de surtos por intoxicações coletivas são exemplos de situações em que a atuação do biomédico forense extrapola os limites da investigação criminal e passa a

contribuir diretamente para a proteção da saúde coletiva (Castelari et al., 2018). Nesse sentido, Dorta et al. (2018) reforçam que a toxicologia forense, ao investigar os efeitos de substâncias tóxicas no organismo humano, gera conhecimento que alimenta tanto as investigações judiciais quanto as políticas de vigilância sanitária e epidemiológica. Essa dupla função, jurídica e sanitária, amplia ainda mais a relevância da atuação do biomédico e reforça a necessidade de investimentos contínuos na área, uma vez que os benefícios gerados alcançam não apenas o sistema de justiça, mas toda a sociedade (Pimenta, Ferreira, 2019).

Apesar dos avanços tecnológicos aplicados à perícia criminal, o cenário brasileiro ainda enfrenta obstáculos significativos, como a escassez de profissionais habilitados para atender à crescente demanda de investigações. Esse problema decorre, em grande parte, da manutenção de um quadro de servidores estático, sem reposição adequada por meio de concursos públicos. Como exemplo, no estado de Mato Grosso, o último certame para provimento de vagas de Perito Criminal da Politec-MT com atuação em Cuiabá ocorreu apenas em 2022 (Mato Grosso, 2022), evidenciando a necessidade de novas seleções para suprir a demanda atual.

Ressalta-se ainda que a formação acadêmica em Biomedicina representa o ponto de partida essencial para a atuação pericial. A inclusão de conteúdos voltados à toxicologia forense, à legislação criminal e às técnicas analíticas avançadas nos currículos de graduação contribui para formar profissionais mais preparados para os desafios da perícia, reduzindo a lacuna entre a formação teórica e a prática investigativa.

Por fim, destaca-se a importância de novos estudos que aprofundem a relação entre avanços tecnológicos e práticas periciais, bem como o desenvolvimento de estratégias inovadoras para a identificação de substâncias em diferentes matrizes biológicas. Tais iniciativas visam aprimorar os desfechos das investigações e consolidar ainda mais a relevância da atuação do biomédico na perícia criminal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA MUNDIAL ANTIDOPING. **Código Mundial Antidopagem 2021**. Montreal: WADA, 2021. Disponível em: <<https://www.wada-ama.org/en/resources/world-anti-doping-program/world-anti-doping-code>>.

APCF – Associação Nacional dos Peritos Criminais Federais. **O que é a perícia criminal?** Brasília: APCF, [s.d.]. Disponível em: <<https://apcf.org.br/pericia-criminal/o-que-e-a-pericia-criminal/>>.

ARAÚJO, J. A. **APLICAÇÕES DA GENÉTICA FORENSE NO CONTEXTO DA PERÍCIA CRIMINAL**: Revisão da Literatura. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/21366>.

AZEVEDO, Ilmara Lima de Azevedo. **A Aplicação da Biologia Forense na Perícia Criminal**, de Conclusão de Pós-Graduação em Perícia Criminal (Faculdade Câmara Cascudo), 2009.

Barcelos, C. D. et al. (2024). **Investigação Forense: Métodos e Ferramentas Utilizadas para Resolver Crimes**. Revista FT, v. 28, n. 139.

BARROS, et al., **Ciências forenses: princípios éticos e vieses**. Revista Bioética, Brasília, v. 29, n. 1, p. 55-65, 2021. Autores vinculados à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara/SP.

BRASIL. **Código de Processo Penal. Decreto-Lei nº 3.689**, de 3 de outubro de 1941.

BRASIL. Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. **Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Brasília, DF: Presidência da República**, [2019]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13964.htm.

BRASIL. Secretaria Nacional de Segurança Pública. **Procedimento operacional padrão: perícia criminal**. Brasília: Ministério da Justiça, 2013.

BRASIL. Lei nº 11.340, de 7 de agosto de 2006. **Cria mecanismos para coibir a violência doméstica e familiar contra a mulher e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, 2006.

BRASIL. Lei nº 13.718, de 24 de setembro de 2018. Altera o Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940 (Código Penal), para tipificar os crimes de importunação sexual e de divulgação de cena de estupro, tornar pública incondicionada a natureza da ação penal dos crimes contra a liberdade sexual e dos crimes sexuais contra vulnerável. Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

BOTELHO, Keila Heringer Mendonça. **Espectrometria de massas com ionização por paper spray e métodos quimiométricos aplicados à identificação de adulterações em açúcar e óleo de coco**. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BORDIN, et al. **Técnicas de preparo de amostras biológicas com interesse forense**. Scientia Chromatographica, v. 7, n. 2, p. 125-143, 2015. DOI: 10.4322/sc.2015.022.

BOSCOLO-BERTO, Rafael. **Challenges and future trends of forensic toxicology to keep a cut above the rest**. Advances in Clinical and Experimental Medicine, v. 33, n. 5, p. 423-425, 2024. DOI: 10.17219/acem/185730.

Castelari, G. M., Spadetti, L. P., Belote, M., Thiengo, J. R., & Lima, R. B. (2018). **Toxicologia forense: ciência multidisciplinar que abrange o estudo das causas de mortes por intoxicação e os materiais biológicos utilizados para esse fim, que direcionam a investigação médico-legal e a emissão do laudo toxicológico**. Revista Ambiente Acadêmico, 4(1), jan./jun. 2018.

COLAVITE, Nayana Longhi; FRANCIA, Camila Contin Diniz Almeida; FARJE, Luis Alberto Domingo Francia. **A Biomedicina e a perícia criminal**. In: X JORNACITEC - Jornada Científica e Tecnológica, 2021.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM). Resolução nº 330/2020 – **Código de Ética do Biomédico**. Brasília: CFBM, 2020.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA. **Normativa nº 002/2019: Dispõe sobre as atribuições do profissional biomédico na área de toxicologia**. Brasília: CFBM, 2019. Disponível em: <https://cfbm.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/NORMATIVA-N%C2%BA-002.2019.pdf>.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA – 2ª REGIÃO. **Manual do Biomédico**. Porto Alegre: CRBM-2, 2022.

CONSELHO REGIONAL DE BIOMEDICINA (CRBM) 2ª REGIÃO. **Conheça a biomedicina forense: campo em alta dentro da área biomédica**. 2024.

CONTIERI, M. B. **Estudo comparativo entre os métodos genético e morfológico para a identificação entre espécies, utilizando o tecido ósseo como matéria**. 2006. Mestrado em Patologia Experimental e Comparada - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CRBM3 - Conselho Regional de Biomedicina da 3ª região. **Perícia Criminal é área promissora para biomédico**. CRBM3; 2019.

CUNHA, Murilo de Mesquita et al. **Eficiência do método de espectrometria de massas em drogas de abuso**. Estudos, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 409–423, out./dez. 2015.

D'Almeida MLO, Koga MET, Granja SM. **Documentoscopia: o papel como suporte de documentos**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e IC - Instituto de Criminalística. 2015.

DE SOUZA BATISTA, Felipe et al. **O PAPEL DO BIOMÉDICO NA PERÍCIA**

CRIMINAL ATRAVÉS DA ANÁLISE FORENSE DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 10, p. 1628-1644, 2024.

DORTA, D.J.; YONAMINE, M.; COSTA, J.L.; MARTINIS, B.S. **Toxicologia Forense.** 1.Ed. São Paulo: Blucher, 2018.

FRAGA, Thais. **O que é cromatografia gasosa?** Blog Cromatografia Gasosa, 23 mar. 2014.

FRANÇA, Genival Veloso de. **Medicina legal.** 11. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

FOLTRAN, R. K.; SHIBATTA, L. **A Ciência forense e as principais áreas auxiliares. Atenção ao idoso: ação multiprofissional em saúde.** Londrina, 2011.

GARCIA, Maicon et al. **A utilização do luminol na perícia criminal para apuração de crimes.** Editora Científica, 30 mar. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa,** 2002.

HGX – Portal. **O que faz um perito criminal?** São Paulo: HGX FMUSP, [s.d.]. Disponível em: <<https://hcxfmusp.org.br/portal/pericia-criminal/>>.

HARRIS, Daniel C. **Explorando a Química Analítica.** Rio de Janeiro: LTC, 2008. (Edição brasileira do livro Exploring Chemical Analysis).

KARCH, S. B. **Drug Abuse Handbook. 2. Ed. Boca Raton: CRC Press,** 2016.

MARINHO, P. A.; PASSAGLI, M. F. **Toxicologia forense: teoria e prática.** Revista Brasileira de Criminalística, v. 2, n. 1, 2013.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Segurança Pública. **Edital nº 002/2022-SEGES/SESP/MT:** concurso público para formação de cadastro de reserva nos cargos de Perito Oficial Criminal, Perito Oficial Médico-Legista e Perito Oficial Odonto-Legista. Cuiabá: POLITEC/MT, 2022

MONTEIRO, S. M., CORDEIRO, M. P., LEITE, A. R., **O progresso da história e a atuação da perícia criminal no brasil e principalmente no distrito federal e seus desafios nos avanços atuais,** 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/11269>

MOURA, E.F.C. **A Ciência química e os seus contributos para o âmbito pericial.** 2022. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Trabalho de Conclusão de Curso. Ciência e Tecnologia (Pau dos Ferros).

MUSSHOFF, Frank; MADEA, Burkhard. **New trends in hair analysis and scientific demands on validation and technical notes.** Forensic Science International, v. 165, n. 2-3, p. 204-215, 2007. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.05.024.

NANOMICRONSPHERES. **Aplicação de imunoensaio no trabalho forense.**

NanoMicronSpheres, 2023.

NIAC. **Biomedicina forense: o que é, como funciona e mais!** São Paulo: Eniac, 2024.

OLIVEIRA, P. A. S.; MATOS, F. P. C. **Guia de coleta, armazenamento e transporte de amostras biológicas: unidade de apoio ao diagnóstico do Rio de Janeiro (UNADIG-RJ)**. Rio de Janeiro: Fiocruz/UNADIG-RJ, 2023. 39 p., il. color.

ORFILA, Mathieu. **Traité des poisons, tirés des règnes minéral, végétal et animal**. Paris: Crochard, 1814.

PADILHA, Tayline Michelly de Moraes. **A atuação do biomédico na perícia criminal, de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Faculdade FASIPE**, 2024.

PASSAGLI, Marcos. **Toxicologia forense: teoria e prática**. 3. Ed. Campinas: Millennium Editora, 2019.

PRITSCH. IC Toxicologia Forense: **O estudo dos agentes tóxicos nas ciências forenses**, Revista Criminalística e Medicina Legal. Curitiba –PR, v. 19-26, 2020.

PIMENTA, JAILSON RICARDO; FERREIRA, ANTELMO DE SOUZA. **A IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO DO PERITO CRIMINAL: UM DESTAQUE PARA O BIOMÉDICO**. Brazilian Journal of Surgery & Clinical Research, v. 27, n. 1, 2019.

POUNDER, D. J.; OSSELTON, M. D. **Autopsy findings: postmortem drug sampling and redistribution**. In: PAYNE-JAMES, J.; BYARD, R. (ed.). Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine. 2. Ed. Amsterdam: Elsevier, 2015.

RODRIGUES, Marina Santos Miranda. **Atuação do biomédico na perícia criminal**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biomedicina) – Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC).

ROMÃO, W. **Novas aplicações da Espectroscopia de Massas em Química Forense**. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Universidade Estadual de Campinas, 2010.

ROMÃO, W.; EBERLIN, M. N.; EBERLIN, L. S.; MALDANER, A. O. **Química forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso**. Quim. Nova, v. 34, n. 10, p. 1717-1728, 2011.

SANCHES, Ana Paula. **Perícia Criminal**. UNIASSELVI, 2020.

SANTOS, Maria Eduarda Detoni Geraldi dos. **A importância da perícia criminal na elucidação de crimes**. Trabalho de Conclusão de Curso – Biomedicina, Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), 2020.

SANTOS, Alice Alves Bispo dos; PACHECO, Clissiane Soares Viana. **Atuação do biomédico na toxicologia forense**. Revista Rease, v. 9, n. 10, p. 263–274, 2023.

SEBASTIANY, A. P.; et al. **Ciência forense e criminalística: fundamentos e aplicações**. Revista Brasileira de Criminalística, v. 2, n. 1, 2013.

SEVERO, R. L.; PINTO, Y. T. **Toxicologia Forense: desafios e impactos na análise pós-morte por agentes tóxicos**. RUNA – Repositório Universitário da Ânima, 2023.

SILVA, Aimée Maisa Factori da; REIS, Luana Gomes dos; FREIRE, Rafaella Kondo. **A atuação do biomédico na perícia criminal: a ciência aplicada na elucidação de casos criminais**. São Bernardo do Campo: Centro Universitário São Judas Tadeu, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Repositório Universitário da Ânima (RUNA)

SILVA, J. C. **A função do perito e a importância da perícia criminal**. Revista de Investigação Criminal, v. 5, n. 2, p. 45-58, 2020.

SILVA, J. P. **A Perícia criminal e sua importância na preservação das cenas de crimes**, 2022.

SILVA, Jéssica Cristina da; OLIVEIRA, Ana Paula de. **A atuação do biomédico na perícia criminal: uma revisão bibliográfica**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, Campo Largo, v. 17, n. 3, p. 1–10, 2023.

SILVA, Maria Aparecida da; SILVA, Maria Aparecida. **A atuação do biomédico na perícia criminal**. Revista ACERTTE, v. 1, n. 1, p. 1–10, 2021.

SOUSA, J. M; QUEIROZ, P. R. M. **Coleta e preservação de vestígios biológicos para análises criminais por DNA**. Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde, [S. l.], v. 16, n. 3, 2015.

SOUZA, M. V., et al., **Cromatografia: Aplicações na Química Forense**. Revista Científica Multidisciplinar Livre – RCML, v. 5, p. 39–48, 2020.

TAKITANE. et al., **Aspectos médico-legais das substâncias utilizadas como facilitadoras de crime**, Revista Saúde. Ética & Justiça, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 66-71, 2017.

TESTONI, S.; MELO, F., V.; AUGUSTO S. S., F.; KUNII, P. A. **Procedimento Operacional Padrão (POP) para perícia de locais de crime contendo vestígios de solo**. Revista Brasileira de Criminalística, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 66–73, 2024. DOI: 10.15260/rbc.v13i1.801.

UEKI, S. Y. M., et al., **Monitoramento em cabine de segurança biológica, manipulação de cepas e descontaminação em um laboratório de micobactérias**, J. Bras Pastol Med Lab, v.44, n.4, p. 263-269, 2008.

UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME (UNODC). **World Drug Report 2023**. Vienna: United Nations, 2023.

WAGNER, J.R. **Introduction to forensic toxicology**. In: **An Introduction to Interdisciplinary Toxicology**. Academic Press, p. 445–59, 2020