



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
CURSO DE BIOMEDICINA

NOVAS PERSPECTIVAS EM ANÁLISE DE DNA FORENSE

LYANDRA FURTADO CABRAL

GOIÂNIA – GO
2024



NOVAS PERSPECTIVAS EM ANÁLISE DE DNA FORENSE

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito para a conclusão do curso de Biomedicina.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Rejane da Silva Sena Barcelos

GOIÂNIA – GO

2024

Perspectivas atuais em análise de DNA forense

L.F. Cabral ^{a, *}, R.S.S. Barcelos ^b

^aAcadêmica de Biomedicina, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia (GO), Brasil

^bPontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia (GO), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: lyandrafc23@gmail.com. Tel.: +55 (62) 99816-6323.

Recebido em 00/00/2000; Revisado em 00/00/2000; Aceito em 00/00/2000

Resumo

O século XX foi palco de grandes avanços científicos para a Biologia Molecular Forense. Historicamente, desde o modelo estrutural em 1953, passando pelas contribuições de Alec Jeffreys e Karry Mullis, o DNA estabeleceu-se como uma das macromoléculas mais importante para a criminalística. Desde então, observou-se uma evolução constante na atuação da perícia criminal juntamente com as novas tecnologias de análise de DNA forense. A metodologia aplicada foi uma revisão bibliográfica dos artigos científicos mais relevantes e atualizados, no período de 2016 a 2024, pesquisados em base de dados como a PubMed, Scielo e Google Acadêmico, além das principais revistas científicas da área e documentos oficiais de organizações policiais internacionais. A pesquisa resultou em artigos que abordam as metodologias inovadoras que estão sendo aprimoradas no contexto da Genética Forense, como a expansão crescente do Banco de Perfis Genéticos, a Genealogia Genética Investigativa Forense, o Sequenciamento de Nova Geração e a Análise Rápida de DNA. O principal objetivo deste artigo é atualizar o público interessado no cenário forense e vislumbrar as perspectivas futuras para as metodologias investigativas apresentadas. Nesse sentido, ressalta-se que a constante evolução em análise de DNA forense constitui benefícios expressivos para o sucesso das investigações criminais e auxílio à justiça.

Palavras-Chave: Genética Forense; Identificação Humana; Perícia Criminal; Marcadores Moleculares; Banco de Perfis Genéticos.

Abstract

The 20th century was the scene of great scientific advances in Forensic Molecular Biology. Historically, since the structural model in 1953, through the contributions of Alec Jeffreys and Karry Mullis, DNA has established itself as one of the most important macromolecules for criminalistics. Since then, there has been a constant evolution in the performance of criminal forensics along with new forensic DNA analysis technologies. The methodology applied was a bibliographic review of the most relevant and updated scientific articles, from 2016 to 2024, searched in databases such as PubMed, Scielo and Google Scholar, in addition to the main scientific journals in the area and official documents from international police organizations. The research resulted in articles that address the innovative methodologies that are being improved in the context of Forensic Genetics, such as the growing expansion of the Genetic Profile Bank, Forensic Investigative Genetic Genealogy, New Generation Sequencing and Rapid DNA Analysis. The main objective of this article is to update the public interested in the forensic scenario and glimpse future perspectives for the methodologies presented. In this sense, it is noteworthy that the constant evolution in forensic DNA analysis constitutes significant benefits for the success of criminal investigations and assistance to justice.

Keywords: Forensic Genetic; Human Identification; Criminal Forensics; Molecular Markers; Genetic Profile Bank Templa.

1. INTRODUÇÃO

A Genética Forense é uma área da Criminalística que se concentra na análise de material genético para auxiliar a justiça na resolução de crimes e identificação de pessoas, sendo a responsável por revolucionar as investigações criminais durante o século XX no mundo todo [1]. O Ácido Desoxirribonucleico (DNA) é a macromolécula mais importante do corpo humano e o principal foco destas análises periciais, uma vez que tem como função o armazenamento e transmissão das informações genéticas hereditárias [2].

Segundo o modelo estrutural proposto por James Watson e Francis Crick em 1953, esta molécula é uma cadeia longa em dupla hélice composta por um grupo fosfato, uma desoxirribose e uma base nitrogenada, que pode ser Adenina, Timina, Citosina ou Guanina [3]. Esta descoberta também recebeu significativas contribuições da cientista Rosalind Franklin, que utilizando-se da difração dos raios-X, tornou possível visualizar a estrutura duplicada da molécula [4].

As décadas de 1970 e 1980 foram imprescindíveis para o desenvolvimento das principais metodologias moleculares empregadas no contexto forense [1]. Em 1985, o geneticista britânico Alec Jeffreys dava mais um passo rumo a consolidação da genética forense na história da ciência, sendo o responsável por desenvolver a técnica “DNA fingerprinting” [5]. Tal qual as impressões digitais, o autor relatou que os polimorfismos genéticos poderiam ser utilizados para realizar a identificação humana com alta precisão, haja vista que constatou a existência de microrregiões hiper variáveis e exclusivas para cada indivíduo localizadas na molécula de DNA [6].

Após isso, o primeiro caso criminal solucionado com a análise de DNA foi relatado em 1986, no condado de Leicester, na Inglaterra [7]. Em cooperação com a polícia local, Alec Jeffreys realizou testes de DNA com as amostras de sêmen de dois suspeitos pelo estupro e assassinato de duas adolescentes, ocorridos em 1983 e 1986, respectivamente. Após as investigações, o autor dos crimes, Colin Pitchfork, foi identificado e declarou-se culpado, sendo o primeiro homem da história condenado com o auxílio de um exame de DNA [8].

Ainda na década de 1980, o bioquímico Kary Mullis aperfeiçoou a metodologia de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) [9]. Esta revolucionou a Biologia Molecular, uma vez que permitia a amplificação de regiões específicas do DNA com alta precisão, rapidez e sensibilidade [2].

Em vista disso, este trabalho irá discorrer sobre as tecnologias emergentes e igualmente revolucionárias para a análise de DNA forense, como o Banco Nacional de Perfis Genéticos (BNPG), a Genealogia Genética

Investigativa Forense (GGI), o Sequenciamento de Nova Geração (NGS) e a Análise Rápida de DNA.

Posto isso, o presente estudo tem como objetivo central atualizar a comunidade científica interessada na área forense, assim como vislumbrar as perspectivas futuras para estas metodologias que ainda estão sendo estudadas e aprimoradas, principalmente por organizações policiais internacionais, como o *Federal Bureau of Investigation* (FBI) e a *International Criminal Police Organization* (INTERPOL) [10-11].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma revisão bibliográfica relacionada com a evolução da análise de DNA forense e as novas perspectivas para estas tecnologias futuras no contexto da perícia criminal.

A pesquisa foi desempenhada utilizando-se de palavras chaves, como “Genética Forense”, “Identificação Humana”, “Perícia Criminal”, “Marcadores Moleculares” e “Banco de Perfis Genéticos”, em idioma português e inglês. Nesta busca foram selecionados os artigos mais relevantes e atualizados, do período de 2016 a 2024, oriundos de bases de dados científicos como a PubMed, Scielo e Google Acadêmico. Também foi consultado periódicos online da área de ciências forenses, como a *Forensic Science International* e suas variações: *Genetics* e *Synergy*.

Além disso, também foi realizada uma coleta de dados e informações diretamente das fontes oficiais, tal como, as páginas da web da Rede Integrada de Banco de Perfis Genéticos (RIBPG), FBI, INTERPOL e o *Scientific Working Group on DNA Analysis Methods* (SGWDAM). Posto isso, a revisão resultou em 42 artigos científicos e documentos oficiais que foram utilizados como base teórica para fundamentar sobre as principais atualizações em análise de DNA forense.

3. REDE INTEGRADA DE BANCO DE PERFIS GENÉTICOS

Desde a década de 1990, a utilização de um banco de dados específico para perfis genéticos já se tornava realidade em alguns países do mundo, visando auxiliar a justiça na elucidação de crimes [1]. Em 1994, os Estados Unidos da América (EUA) aprovaram a lei *DNA Identification*, sendo que esta concedeu autoridade para o FBI estabelecer um Sistema Nacional de Índice de DNA, conhecido pela sigla NDIS (do inglês *National DNA Index System*) [12].

Após isto, em 1998, o NDIS foi implementado em

conjunto com o software CODIS (*Combined DNA Index System*), ambos para fins investigativos. O CODIS atua comparando perfis genéticos questionados com os perfis existentes no NDIS [13]. Isto posto, segundo dados divulgados oficialmente pelo FBI, até fevereiro de 2024, estima-se que estas ferramentas auxiliaram cerca de 680.122 investigações [14].

Atualmente, o CODIS está presente em mais de 50 países, que o utilizam para suas próprias iniciativas de banco de dados genéticos [15]. No Brasil, a implementação deste software ocorreu em 2010, mediante o primeiro curso de capacitação para o Codis 5.0 e Codis 6.0. Este contou com a participação de diversos representantes de laboratórios forenses estaduais e federal e, ao final do evento, o software foi encaminhado e instalado nos estados [1-16].

Em vista disso, o CODIS no Brasil só começou a ser alimentado após a implementação do Banco Nacional de Perfis Genéticos e da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos, mediante o Decreto nº 7.950/2013 [17]. Isso só foi possível após a padronização da coleta de material biológico prevista na Lei nº 12.654/2012 [18]. Assim sendo, o BNPG e a RIBPG surgem com o objetivo de auxiliar na identificação de pessoas desaparecidas e nas investigações criminais [19].

Desde 2018, este projeto conta com a ação de Compartilhamento Internacional de Perfis Genéticos diretamente com a INTERPOL [20]. Os envios de dados genéticos ocorrem a cada seis meses, visando a identificação de indivíduos desaparecidos e a elucidação de crimes [21]. De acordo com XIX Relatório da RIBPG, até novembro de 2023 haviam sido enviados 26.322 perfis genéticos provenientes de vestígios de crime e 8.457 perfis de restos mortais não identificados [19].

Em 2022, por meio da portaria nº 6 de 26 de agosto [22], foi implementado o Grupo de Trabalho da RIBPG, com o intuito de formular medidas para a implementação de novas tecnologias aplicadas a genética forense, em especial a Genealogia Genética Investigativa Forense, o Sequenciamento de Nova Geração e a Análise Rápida de DNA [23]. A vigência do Grupo foi prorrogada, com previsão de finalização do trabalho até agosto de 2024 [19].

Segundo consulta realizada na base de dados oficial, até abril de 2024, a RIBPG possuía 216.779 perfis cadastrados. Deste quantitativo total, 74,22% são de indivíduos condenados, 14,74% são de vestígios de locais de crimes, 4,67% são de restos mortais não identificados e 4,07% de familiares de pessoas desaparecidas [24].

De acordo com os dados estatísticos do último relatório [19], os estados com maior contribuição absoluta para o BNPG são: Minas Gerais (26.812 perfis), São Paulo (26.480 perfis), Pernambuco (24.132

perfis), Rio Grande do Sul (18.656 perfis) e Goiás (16.342 perfis).

Até o dia 28 de novembro de 2023, a Rede contabilizou 7.588 coincidências confirmadas, sendo 5.734 entre vestígios e 1.856 entre vestígio e indivíduo cadastrado criminalmente. Ademais, 5.607 investigações foram auxiliadas nos últimos 10 anos, representando um crescimento semestral de 10,9% em comparação com o relatório anterior [19]. Estes números demonstram a plena e crescente atuação da RIBPG no auxílio às investigações e confirmam sua efetividade prática.

4. GENEALOGIA GENÉTICA INVESTIGATIVA FORENSE

A Genealogia Genética destina-se a utilizar a análise de DNA para encontrar linhagens familiares, determinar árvores genealógicas e informar a ancestralidade de um indivíduo [25]. Dessa forma, utilizando-se de dados genéticos fornecidos pelas empresas privadas que ofertam testes de ancestralidade DTC (do inglês *direct to consumer*), a metodologia é realizada através da análise de mais de 600.000 marcadores moleculares do tipo SNP's, diferenciando-se da análise tradicional de STR's [11].

Em vista disso, a Genealogia Genética Investigativa estabelece-se como uma ferramenta de investigação que atua mediante o acesso das autoridades policiais aos bancos de dados genéticos comerciais, que utilizam as análises de DNA dos testes DTC [26]. As principais empresas que atuam com a Genealogia Genética são a 23andMe, Ancestry, FamilyTree DNA e My Heritage. Estima-se que estas detêm mais de 41 milhões de perfis genéticos cadastrados no mundo todo [11].

Em 2018, a Genealogia Genética Investigativa Forense foi eficiente para a resolução bem-sucedida do caso criminal mundialmente conhecido como *Golden State Killer* [27]. O assassino em série Joseph James deAngelo, sendo um ex-policial, foi capaz de esconder os vestígios de seus crimes por mais de 40 anos, após aterrorizar o estado da Califórnia (EUA) com aproximadamente 13 homicídios, 50 estupros e 120 roubos, durante as décadas de 1970 e 1980 [28].

Os investigadores do caso *Golden State Killer* submeteram a amostra biológica a um teste de ancestralidade genética e compararam os resultados no site genealógico GEDMatch. Assim, em 4 meses foi possível construir a árvore genealógica do criminoso e conseguiram limitar o número de suspeitos, chegando até deAngelo [26-27-28].

Em 2019 e 2020, respectivamente, o Departamento de Justiça norte-americano (do inglês *U.S Department of Justice – DOJ*) [29] e o SGWDAM [30], publicaram

orientações e uma visão geral acerca da Genealogia Genética Investigativa Forense. Estes determinaram alguns critérios para a aplicação da GGI no contexto forense, sendo eles:

- A GGI só deve ser utilizada para investigações de crimes graves, como homicídios e violência sexual. Além da identificação de restos mortais humanos;
- Antes da aplicação da GGI, deve-se realizar uma pesquisa no banco de perfis genéticos da polícia;
- As amostras de DNA selecionadas devem ser de fonte única;
- Prisões não serão realizadas apenas com as informações obtidas com esta técnica;

Dessa forma, a principal vantagem desta metodologia tem sido para a resolução dos *cold cases*, que são casos criminais antigos, que nunca tiveram solução e foram arquivados [26]. Atualmente, nos EUA, estima-se que aproximadamente 500 investigações foram solucionadas com o auxílio da Genealogia Genética Investigativa desde 2018, incluindo casos criminais e identificação de restos mortais [25].

Nesse sentido, observa-se que apesar da expressiva contribuição da GGI para os *cold cases*, ainda há muitos desafios para a consolidação definitiva no cenário nacional e internacional, uma vez que na maioria dos países não há uma legislação específica para esta ferramenta. Atualmente, nos EUA, apenas os estados de Maryland, Montana e Utah possuem leis de regulamento para a GGI [25-26].

No Brasil, ao contrário do cenário norte-americano, os testes DTC ainda são pouco populares, pois ainda possuem um alto custo para a maior parte da população. Sendo assim, é extremamente necessário a realização de mais estudos sobre o tema, assim como o estabelecimento de protocolos confiáveis, visando garantir a segurança de aspectos éticos e legais relacionados a proteção de dados genéticos [25].

Apesar destas adversidades, a RIBPG tem apresentado expressivas contribuições para a inserção de árvores genealógicas no BNPG e, conseqüentemente, para um futuro início da Genealogia Genética Investigativa Forense no país, de acordo com o XIX Relatório. Os maiores quantitativos atuais de árvores genealógicas por estado, até novembro de 2023, são: Rio de Janeiro (1.065), São Paulo (680), Rio Grande do Sul (654), Minas Gerais (447) e Goiás (392) [19]. Além disso, ressalta-se que o Grupo de Trabalho implementado em 2022, tem concentrado esforços para atualizar-se e trazer esta abordagem para a realidade brasileira [22].

5. SEQUENCIAMENTO DE NOVA GERAÇÃO

O NGS (do inglês *Next Generation Sequencing*), também conhecido como *Massively parallel sequencing* (MPS), refere-se a uma abordagem que permite a análise simultânea de diferentes tipos de marcadores genéticos [31]. Isso só é possível devido ao princípio do paralelismo do NGS, que permite a análise de bilhões de fragmentos de DNA em uma única execução, aumentando a precisão e o rendimento das análises [10].

Em 2022, o *Forensic Laboratory Needs Technology Working Group* (FLN-TWG) publicou uma estratégia atualizada de implementação para o NGS e informaram que, atualmente existem duas plataformas principais, que inclusive já são aceitas pelo NDIS, sendo: a Torrent S5 (Thermo Fisher Scientific) e a MiSeq FGx (Verogen, Inc.) [11-32].

Um estudo conduzido pelo laboratório do FBI seguindo as diretrizes do SGWDAM [33], demonstrou uma efetividade surpreendente do NGS para a análise de DNA mitocondrial mtDNA. Os resultados demonstraram uma alta precisão de repetibilidade e reprodutibilidade, além de uma sensibilidade superior em comparação ao sequenciamento de Sanger tradicionalmente utilizado. Foi constatado que o ensaio NGS simplifica e melhora a eficiência do fluxo de trabalho do mtDNA. Desde então, o laboratório decidiu pela implementação desta metodologia a curto prazo para todos os casos de mtDNA [34].

Ademais, um estudo realizado com 102 laboratórios de DNA forense em 32 países europeus, demonstraram que 46% dos participantes já possuem uma plataforma para o NGS e 26,7% encomendaram uma plataforma ou planejam fazê-lo em até 2 anos. Evidencia-se também que, 70% a 90% dos entrevistados expressaram interesse em participar de algum treinamento sobre os tópicos sugeridos na pesquisa [35].

No entanto, a consolidação efetiva do NGS no cenário forense enfrenta algumas adversidades. Um deles é o fluxo de trabalho complexo, uma vez que esta metodologia possui muitas etapas e demanda grandes esforços de tempo, recursos e treinamento. Assim como, possui um custo elevado em relação aos métodos tradicionais [1-31].

Em vista disso, há iniciativas colaborativas que buscam superar esses obstáculos. O Consortium DNASEQEX possui uma estratégia que consiste em avaliar kits e reagentes e então, fornecer críticas construtivas e feedbacks para as empresas desenvolvedoras, como uma forma de aprimorar o estabelecimento desta tecnologia, seguindo os critérios para as aplicações forenses [1-36].

O Sequenciamento de Nova Geração é visto como uma solução para as limitações encontradas nas metodologias tradicionais de análise forense. As principais vantagens observadas tem sido o melhor desempenho com DNA degradado e amostras não

convencionais (como dentes, ossos e fios de cabelo sem folículo), além de um maior poder de discriminação de misturas de DNA, bem como a capacidade de inferir fenótipo, ancestralidade, genealogia ou filiação [1-32].

6. ANÁLISE RÁPIDA DE DNA

RapidDNA ou Análise Rápida de DNA, consiste em um processo totalmente automatizado, na qual utiliza-se um swab bucal para realizar um perfil genético completo, em tempo recorde de até 2 horas [37]. Segundo o *Non-CODIS Rapid DNA Considerations and Best Practices for Law Enforcement Use* [38] publicado pelo FBI, este descreve o método como “uma tecnologia que permite realizar os testes de DNA em uma máquina pequena, semelhante a uma copiadora”.

No contexto internacional, o EUA já vem aperfeiçoando a metodologia desde 2017, após a promulgação da *Rapid DNA Act of 2017 - Public Law 115-50*, que conferiu amplos poderes para o diretor do FBI emitir padrões e procedimentos para a implementação rápida da técnica [39].

A capacidade de análise simultânea é possível, porém depende de cada dispositivo, podendo ser de 1 a 5 amostras por vez. Cada sistema possui um cotonete para introduzir a amostra, um cartucho ou biochip com reagentes pré-embalados e o software de análise [11]. Desse modo, a principal desvantagem observada é o alto custo desse kit, além de que a amostra biológica é totalmente consumida para a análise, sendo necessário uma alta quantidade e qualidade do vestígio biológico [11-37].

Contextos de usos distintos para análise rápida de DNA foram propostos e recomendados [40], sendo:

- Para comparar o perfil de DNA de um indivíduo enquanto ele ainda estiver sob custódia, para gerar pistas durante a investigação;
- Realizar pesquisas em tempo real no DISC (do inglês *DNA Index of Special Concern*);
- Identificação de pessoas desaparecidas e restos humanos não identificados;
- Segurança das fronteiras e detecção de fraudes em tráfico de pessoas e imigração;

O principal objetivo para a implementação desta técnica segundo o *Guide to All Things Rapid DNA* [37], é para analisar amostras de DNA de presos qualificados em custódia, para que sejam comparadas ao DISC, sendo este um banco de perfis genéticos de casos não solucionados, principalmente homicídio, violência sexual, sequestro e terrorismo.

Ressalta-se que desde 2018, os EUA estabeleceram o *Rapid DNA Crime Scene Technology Advancement Task Group* [41], visando impulsionar e monitorar o avanço da análise rápida de DNA de modo confiável,

responsável e apropriado para as aplicações forenses. Em fevereiro de 2024, este grupo de trabalho forneceu recomendações atualizadas para o avanço da metodologia, sendo:

- A SWGDAM deve desenvolver padrões de controle de qualidade para o uso forense do *RapidDNA*;
- Deve-se utilizar exclusivamente cartuchos aprovados pelo NDIS;
- A NDIS deve realizar uma declaração que estabeleça as limitações do uso da técnica em amostras forenses;

Atualmente, o *RapidDNA* não está aprovado para uso em amostras de local de crime, inscrição e/ou pesquisa direta no CODIS, haja vista que neste contexto há muitas amostras que contém misturas de DNA de diversas fontes. Visto isso, atualmente, o FBI busca incluir melhorias no monitoramento da tecnologia, estabelecer parcerias em diversas esferas e realizar uma comunicação efetiva com a indústria para contribuir com estes avanços [37-40-42].

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base neste trabalho, constata-se que o DNA é o principal protagonista das análises periciais e possui diversas aplicações que auxiliam a busca pela justiça desde o século XX.

Isto posto, observa-se que a evolução e implementação de novas tecnologias para a análise de DNA forense, no Brasil, não segue o mesmo ritmo de desenvolvimento de outros países, de acordo com os parâmetros internacionais apresentados neste artigo.

Assim, observa-se que os principais obstáculos para a consolidação dessas tecnologias na realidade brasileira, são: a quantidade de recursos governamentais destinados às ciências forenses e à estrutura do ordenamento jurídico existente. Este é responsável por uma legislação menos flexível que as demais, e consequentemente, acarreta limitações para a implementação destas novas metodologias.

Ainda assim, conclui-se que mesmo diante destes empecilhos, há expressivos esforços das organizações policiais científicas brasileiras em manter-se atualizados sobre essas novas perspectivas da Genética Forense, citando como exemplo, a criação do Grupo de Trabalho da RIBPG. Este empenho é demonstrado pelos resultados obtidos, como as 5.607 investigações auxiliadas ao longo dos últimos 10 anos.

Além disso, é imprescindível que as iniciativas governamentais atuem em conjunto com os departamentos de perícias oficiais para garantir os investimentos necessários para os avanços em análise de DNA forense no país.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos especiais a professora Dra. Rejane Silva Sena Barcelos pela excelente orientação e incentivo nos estudos forenses, além de ser uma grande inspiração. Também agradeço aos meus familiares e amigos próximos que acompanharam a desafiadora trajetória que levou a conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C.R.D. Filho; P.A.C. Francez. *Introdução a Biologia Forense*. Editora Millennium. Brasil (2022).
- [2] B. Alberts. *et al. Biologia Molecular da Célula*. Editora Artmed. Brasil (2017).
- [3] J.D. Watson; F.H.C. Crick. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*. **171**: 737-738 (1953).
- [4] M. Cobb; N. Conforto. What Rosalind Franklin truly contributed to the discovery of DNA's structure. *Nature*. **616**: 657-660 (2023).
- [5] A.J. Jeffreys. *et al.* Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. *Nature*. **316**: 76-79 (1985).
- [6] A.J. Jeffreys. *et al.* DNA "fingerprints" and segregation analysis of multiple markers in human pedigrees. *Am J Hum Genet*. **39** (1): 11-24 (1986).
- [7] University of Leicester. The history of genetic fingerprinting. Acesso em 30/11/2023. Disponível em <https://le.ac.uk/dna-fingerprinting/history>.
- [8] England and Wales Court of Appeal (Criminal Division) Decisions. [2009] EWCA Crim 963. Acesso em 01/12/2023. Disponível em <https://www.bailii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2009/963.html>.
- [9] K.B. Mullis. *et al.* Advanced PCR: The Polymerase Chain Reaction. *Science*. **265**: 817-819 (1994).
- [10] P.R. Haddrill. Developments in forensic DNA analysis. *Emerg Top Life Sci*. (5)3: 381-393 (2021).
- [11] J.M. Butler; S. Willis. Interpol review of forensic biology and forensic DNA typing 2016-2019. *Forensic Sci Int Synerg*. **2**: 352-367 (2020).
- [12] FBI. Federal DNA Identification Act 34 U. S. C. § 12592 (Excerpt relating to the national DNA identification index). Acesso em 30/11/2023. Disponível em <https://le.fbi.gov/science-and-lab/biometrics-and-fingerprints/codis/federal-dna-identification-act>.
- [13] FBI. Frequently Asked Questions on CODIS and NDIS (2023). Acesso em 03/02/2024. Disponível em <https://le.fbi.gov/science-and-lab/biometrics-and-fingerprints/codis/codis-and-ndis-frequently-asked-questions>.
- [14] FBI. CODIS-NDIS Statistics (2024). Acesso em 03/03/2024. Disponível em <https://le.fbi.gov/science-and-lab/biometrics-and-fingerprints/codis/codis-ndis-statistics>.
- [15] FBI. Combined DNA Index System (CODIS). Acesso em 01/02/2024. Disponível em <https://le.fbi.gov/science-and-lab/biometrics-and-fingerprints/codis>.
- [16] A.L. Silva. *et al.* Bancos de Perfis Genéticos Criminais no Brasil: Histórico e Evolução. *Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics*. **9**(4): 499-520 (2020).
- [17] Decreto nº 7.950, de 12 de março de 2013. Brasil (2013). Acesso em 03/02/2024. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d7950.htm.
- [18] Lei nº 12.654, de 28 de maio de 2012. Brasil (2012). Acesso em 03/02/2024. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12654.htm.
- [19] Ministério da Justiça e Segurança Pública. XIX Relatório da Rede Integrada de Banco de Perfis Genéticos (novembro/2023). Brasil (2023). Acesso em 30/11/2023. Disponível em <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xix-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-novembro-2023/view>.
- [20] Ministério da Justiça e Segurança Pública. XI Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (novembro/2019). Brasil (2019). Acesso em 12/12/2023. Disponível em <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xi-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-ribpg.pdf/view>.
- [21] Ministério da Justiça e Segurança Pública; CG-RIBPG. Manual de procedimentos operacionais da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. Brasil (2023). Acesso em 30/11/2023. Disponível em <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/manual/manual-de-procedimentos-operacionais-da-ribpg-versao-6>.
- [22] Ministério da Justiça e Segurança Pública. Portaria RIBPG/MJSP nº 6, de 26 de agosto de 2022. Brasil (2022). Acesso em 30/11/2024. Disponível em https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/documentos/grupos-de-trabalho/gt-novas-tecnologias/sei_mj-19307800-portaria.pdf/view.
- [23] Ministério da Justiça e Segurança Pública. XVIII Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (maio/2023). Brasil (2023). Acesso em 12/12/2023. Disponível em <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xviii-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-maio-2023/view>.
- [24] Ministério da Justiça e Segurança Pública. Banco de Perfis Genéticos – Base de Dados (abril/2024). Acesso em 25/04/2024. Disponível em <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg>.

- [25] C. Fridman; M.A.M. Menezes. Você sabia que um teste de ancestralidade pode ajudar a identificar uma pessoa desaparecida ou um autor de um crime?. *Genética na Escola*. **19(1)**: 30-39 (2024).
- [26] I.B. Assis. Genealogia Genética Forense: reflexões sobre os desafios de uma nova estratégia investigativa. *Dissertação de Mestrado*. Faculdade de Direito, Universidade do Porto (2022).
- [27] T. Fuller; C. Hauser. Search for 'Golden State Killer' Leads to Arrest of Ex-Cop. *The New York Times* (2018). Acesso em 15/04/2024. Disponível em https://www.nytimes.com/2018/04/25/us/golden-state-killer-serial.html?action=click&module=RelatedCoverage&pg_type=Article®ion=Footer.
- [28] R.A. Wickenheiser. Forensic genealogy, bioethics and the Golden State Killer case. *Forensic Sci Int Synerg*. **12(1)**: 114-125 (2019).
- [29] U.S Department of Justice. Interim Policy on Forensic Genetic Genealogical DNA Analysis and Searching (2019). Acesso em 04/04/2024. Disponível em <https://www.justice.gov/olp/forensic-science#pubs>.
- [30] SWGDAM. Overview of Investigative Genetic Genealogy (2020). Acesso em 23/04/2024. Disponível em <https://www.swgdam.org/publications>.
- [31] W. Parson. *et al.* Massively parallel sequencing of forensic STRs: Considerations of the DNA commission of the International Society for Forensic Genetics (ISFG) on minimal nomenclature requirements. *Forensic Sci Int Genet*. **22**: 54-63 (2016).
- [32] NIJ Forensic Laboratory Needs Technology Working Group (FLN-TWG). FLN-TWG: Next Generation Sequencing (NGS) for DNA Analysis. Acesso em 01/12/2023. Disponível em <https://forensiccoe.org/fln-twg-next-generation-sequencing/>.
- [33] Scientific Working Group on DNA Analysis Methods. Addendum to "SWGDAM Interpretation Guidelines for Autosomal STR Typing by Forensic DNA Testing Laboratories" to Address Next Generation Sequencing (2019). Acesso em 30/11/2023. Disponível em https://www.swgdam.org/_files/ugd/4344b0_91f2b89538844575a9f51867def7be85.pdf.
- [34] M.D. Brandhagen. *et al.* Validation of NGS for mitochondrial DNA casework at the FBI Laboratory. *Forensic Sci Int Genet*. **44**: 102151 (2020).
- [35] T.E. Gross; J. Fleckhaus; P.M. Schneider. Progress in the implementation of massively parallel sequencing for forensic genetics: results of a European-wide survey among professional users. *Int J Leg Med*. **135(4)**: 1425-1432 (2021).
- [36] A. Alonso. *et al.* The DNASEQEX Consortium; B. Budowle. Current state-of-art of STR sequencing in forensic genetics. *Electrophoresis*. **39(24)**: 2655-2668 (2018).
- [37] FBI. Guide to All Things Rapid DNA (2024). Acesso em 01/05/2024, disponível em <https://le.fbi.gov/file-repository/guide-to-all-things-rapid-dna-4-10-2024.pdf/view/>.
- [38] FBI. Non-CODIS Rapid DNA Considerations and Best Practices for Law Enforcement Use (2019). Acesso em 20/11/2023, disponível em https://www.fbi.gov/?came_from=https%3A//www.fbi.gov/file-repository/non-codis-rapid-dna-best-practices-092419.pdf/view.
- [39] Rapid DNA Act of 2017 - Public Law 115-50. EUA (2017). Acesso em 30/11/2023. Disponível em <https://www.congress.gov/115/plaws/publ50/PLAW-115publ50.pdf>.
- [40] FBI Laboratory. National Rapid DNA Booking Operational Procedures Manual (2020). Acesso em 03/12/2023. Disponível em <https://le.fbi.gov/file-repository/national-rapid-dna-booking-operational-procedures-manual-eff-090120-1.pdf/view>.
- [41] FBI. Rapid DNA Crime Scene Technology Advancement Task Group Recommendations (2024). Acesso em 03/03/2024. Disponível em <https://le.fbi.gov/file-repository/rapid-dna-crime-scene-technology-advancement-task-group-recommendations.pdf/view/>.
- [42] D. Madden; S.H. Katsanis. Letter to the editor — Context-specific considerations for development of guidelines for the implementation of rapid DNA. *J Forense Sci*. **66(2)**: 793-796 (2021).

Título pleno do artigo: não devendo exceder 25 palavras

J.A. Gomes ^{a,*}, C.A. Andrade ^a, A.T. Oliveira ^b

^a Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Distrito Federal, Brasília (DF), Brasil

^b Instituto de Criminalística, Superintendência de Polícia Técnico-Científica, Goiânia (GO), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: julianogomes8@yahoo.com.br. Tel.: +55-61-92783020.

Recebido em 00/00/2000; Revisado em 00/00/2000; Aceito em 00/00/2000

Resumo

Este documento fornece instruções de formatação para os autores prepararem artigos para publicação na Revista Brasileira de Criminalística. Os autores devem seguir as instruções contidas no documento para os trabalhos serem publicados. Você pode usar esse documento bem como as instruções como um modelo no qual você pode digitar seu texto. Ressalta-se que o resumo deve apresentar os objetivos, o método utilizado e as principais conclusões, e ter, no máximo: (i) 250 palavras para trabalhos nas categorias: relato de pesquisa, estudo teórico, relato de experiência profissional e revisão crítica de literatura; (ii) 100 palavras para trabalhos nas categorias: comunicação breve, carta ao editor e nota técnica; (iii) as categorias resenha e notícia não admitem resumo.

Palavras-Chave: Modelo; MS Word; ABC; Revista Brasileira de Criminalística; Máximo 5 Palavras-Chave.

Abstract

This document gives formatting instructions for authors preparing papers for publication in the Revista Brasileira de Criminalística. The authors must follow the instructions given in the document for the papers to be published. You can use this document as both an instruction set and as a template into which you can type your own text. It is emphasized that the abstract should present objectives, methodology and main conclusions, and have no more than: (i) 250 words for the categories: research report, theoretical study, reports of professional experience and critical review of literature, (ii) 100 words for the categories: brief communication, letter to the editor and technical note, (iii) the categories review and news do not allow abstract.

Keywords: Template; MS Word; ABC; Revista Brasileira de Criminalística; Maximum 5 Keywords.

1. INTRODUÇÃO

A Revista Brasileira de Criminalística destina-se a publicação de artigos originais que contribuam para a promoção, a divulgação e o desenvolvimento científico e tecnológico das ciências forenses, referentes aos resultados de pesquisas, avanços e projetos técnico-científicos relacionados à criminalística, incluindo as interfaces com outros ramos da ciência, como Física, Química, Biologia, Odontologia, Farmacologia, Informática, Contabilidade e Engenharias.

A abreviatura do título da revista é **Rev. Bras. Crim.**, que deve ser usada em referências bibliográficas.

Este documento é um modelo. Uma cópia eletrônica pode ser baixada do site da revista. Para dúvidas sobre as orientações do artigo, entre em contato com a revista.

O texto deve ter uma organização de reconhecimento fácil, sinalizada por um sistema de títulos e subtítulos que

reflitam a organização. Este, sempre que possível, deve iniciar com uma Introdução, redigida para o público geral que lê a revista e não para o especialista. Esta seção deve conter a descrição do problema, sua importância, os resultados significativos e as conclusões dos trabalhos anteriores, além dos objetivos do trabalho atual.

As seções nas quais o trabalho possa ser enquadrado são as seguintes:

- Balística forense
- Contabilidade forense
- Crimes contra a pessoa e contra o patrimônio
- Crimes contra o meio ambiente
- Criminalística geral
- Delitos de trânsito e identificação veicular
- Documentoscopia e grafoscopia
- Engenharia legal
- Entomologia forense

- Identificação humana
- Informática forense
- Laboratório forense
- Medicina legal e odontologia forense
- Forense Nuclear
- Perícia de incêndio e explosão
- Perícia em áudio e vídeo e fonética forense

2. FORMATAÇÃO DA PÁGINA

Uma maneira fácil de cumprir com os requisitos de formatação do artigo é usar este documento como um modelo e, para isto, basta digitar o texto nele.

2.1. Layout da Página

Seu artigo deve usar um tamanho de página correspondente a A4, que é 210mm de largura por 297mm de comprimento. As margens devem ser definidas da seguinte forma:

- Superior: 10mm;
- Inferior: 20mm;
- Esquerda: 25mm;
- Direita: 20mm.

Seu artigo deve ser formatado em duas colunas, com um espaço de 50mm entre as colunas.

3. ESTILO DA PÁGINA

Todos os parágrafos devem ser recuados e justificados, tanto à esquerda quanto à direita.

3.1. Fonte do texto do documento

O documento deve estar em Times New Roman. Outros tipos de fontes podem ser utilizados se for necessário para propósitos especiais. Os tamanhos de fonte recomendados são mostrados na Tab. 1.

3.2. Título e detalhes dos autores

O título deve ser em tamanho 17, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 18pt e 12pt. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser em tamanho 13, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 8pt. A filiação do(s) autor(es) deve(m) ser em tamanho 8, em itálico, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 0pt. As datas de recebimento, de revisão e de aceite do artigo deve ser em tamanho 8, com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 6pt e 20pt.

Dados do autor não devem apresentar qualquer título profissional (por exemplo, Diretor), qualquer título acadêmico (por exemplo, Dr.) ou qualquer membro de

qualquer organização profissional (por exemplo, membro sênior da ABC).

Para evitar confusão, o nome da família deve ser escrito como a última parte do nome de cada autor e o restante abreviado (por exemplo, J.A. Gomes).

Cada filiação deve conter, no mínimo, o nome da empresa e o nome do país onde o autor baseia-se (por exemplo, Instituto de Criminalística, Brasil).

Endereço de e-mail é obrigatório para o autor correspondente.

3.3. Seção de títulos

Não mais do que dois subtítulos devem ser usados. Todos os títulos devem ser em fonte 10pt e numerados sequencialmente.

3.3.1. Subtítulo 1

O subtítulo 1 deve ser em tamanho 10, em negrito e itálico, e com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 0pt.

3.3.2. Subtítulo 2

O subtítulo 2 deve ser em tamanho 10, em itálico, e com espaçamentos antes e depois, respectivamente, 0pt e 0pt.

3.4. Figuras e tabelas

As figuras e tabelas devem ser centralizadas na coluna. Figuras e tabelas grandes (por exemplo, Tab. 1) podem ser divididas entre ambas as colunas e devem ser posicionadas na parte superior ou na parte inferior da página.

Os gráficos podem ser em cores. Por favor, use apenas cores sólidas as quais contrastam bem na tela e em uma via impressa em preto-e-branco, como mostrado na Fig. 1. Verifique se a resolução é suficiente para revelar os detalhes importantes na figura. A Fig. 1 é apenas um exemplo de um gráfico experimental onde se foi ajustado uma curva teórica.

Verifique todas as figuras do artigo tanto na tela quanto em uma via impressa em preto-e-branco. Quando você verificar o seu artigo em uma via impressa em preto-e-branco, certifique-se que:

- as cores usadas em cada figura contrastam bem;
- a imagem usada em cada figura é clara;
- todos os rótulos de texto em cada figura são legíveis.

Tabela 1. Tamanho das fontes para o artigo. A legenda vem antes da tabela.

Tamanho Fonte	Apresentação (Time New Roman)			
	Regular	Negrito	Negrito / Itálico	Itálico
8	Título das tabelas e das figuras	Títulos: Tabela e Figura	-	-
9	Corpo do resumo e do abstract	Títulos: Resumo e Abstract	-	-
10	Corpo do texto e Referências	Títulos (em maiúsculo)	Subtítulo 1	Subtítulo 2
13	Nome do(s) autor(es)	-	-	-
17	Título do artigo	-	-	-

3.5. Legenda das Figuras

As figuras devem ser numeradas em algarismos arábicos. As legendas das figuras devem ser em fonte tamanho 8. As legendas de uma única linha devem ser centralizadas, enquanto legendas com múltiplas linhas devem ser justificadas. As legendas com os números das figuras devem ser colocadas após as respectivas figuras, como mostrado na Fig. 1.

Somente figuras do autor ou, se já publicadas em outra revista, acompanhada de autorização escrita.

As figuras com dados / resultados técnicos devem ter marcação limítrofe nos quatro lados, com os indicadores de escala (marcas) em todos os lados, conforme Fig. 1.

Mencionar as figuras no texto como “Fig. 1” ou, se no início de uma frase, como “Figura 1”.

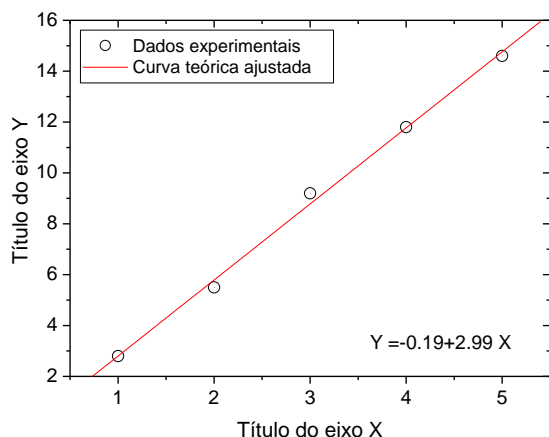


Figura 1. Esta figura é apenas um exemplo. A legenda deve vir após a figura.

3.6. Legenda das Tabelas

As tabelas devem ser numeradas com algarismos arábicos. As legendas das tabelas devem ser centralizadas e com tamanho de fonte 8 pt. As legendas com os números da tabela devem ser colocadas antes as respectivas tabelas, como mostrado na Tab. 1.

Mencionar as tabelas no texto como “Tab. 1” ou, se no início de uma frase, como “Tabela 1”.

3.7. Números de página, cabeçalhos e rodapés

Os números de página, cabeçalhos e rodapés não devem ser modificados.

3.8. Links e marcadores

Todos os links e marcadores deverão ser removidos dos artigos. Se você precisar se referir a um endereço de e-mail ou URL no seu artigo, você deve digitar o endereço ou URL totalmente em letra normal.

3.8. Referências

O título da seção de Referências Bibliográficas não deve ser numerado. Todos os itens da referência devem estar com tamanho de fonte 10. Por favor, utilize os estilos regular, itálico e negrito para distinguir diferentes campos, como mostrado na seção de Referências Bibliográficas. Número de itens de referência consecutivamente entre colchetes (por exemplo, [1]). Ao final do trabalho estas devem aparecer na seção “Referência Bibliográfica” por ordem de apresentação no texto.

Ao se referir a um item da referência, por favor, basta utilizar o número da referência, como em [2]. Não use "Ref. [3]" ou "referência [3]", exceto no início de uma frase, por exemplo, "Referência [3] mostra...". Várias referências são numeradas com suportes distintos (por exemplo, [2], [4 - 6]). Exemplos de itens de referência de diferentes categorias mostradas na seção de Referências Bibliográficas incluem:

- Artigos de revistas, os quais devem conter (nesta ordem) nome(s) do(s) autor(es), título do artigo, abreviação do periódico (em itálico), número do volume (em negrito e seguido de dois pontos), número da página inicial, número da página final e ano da publicação (entre parênteses). Veja exemplo em [1];
- Dissertações, as quais devem conter nome do autor, o título da dissertação, “Dissertação de Mestrado” (em itálico), Departamento, nome da Universidade e ano de conclusão (entre parênteses). Veja exemplo em [2];
- Teses, as quais devem conter nome do autor, o título da tese, “Tese de Doutorado” (em itálico),

Departamento, nome da Universidade e ano de conclusão (entre parênteses). Veja exemplo em [3];

- Anais de conferências publicadas, os quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), o título do trabalho, “Anais do nome da Conferência” (em itálico), número da página inicial, número da página final e ano da publicação (entre parênteses). Veja exemplo em [4];
- Livros, os quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), título do livro (em itálico), nome da editora, país da publicação, ano da publicação (entre parênteses) e páginas consultadas. Veja exemplo em [5];
- Artigos encaminhados para publicação, os quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), título do artigo, abreviação do periódico (em itálico) e possível ano da publicação (entre parênteses). Veja exemplo em [6]. Recomendamos, entretanto, que esse tipo de citação seja evitado;
- Páginas da Web, as quais devem conter nome(s) do(s) autor(es), abreviação do periódico (em itálico), número do volume (em negrito), número da página, ano da publicação (entre parênteses), data de consulta e o sítio da internet onde se encontra o artigo. Veja exemplo em [7].

3.9. Equações e teoremas

Não apresentar as expressões matemáticas ao longo do texto, como parte de uma sentença, mas digitá-las em linhas separadas utilizando o próprio *equation* do MS/Word, como mostrado na Eq. 1.

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Os números que identificam as expressões matemáticas devem vir: à direita, no final da linha e entre parênteses.

Mencionar as equações no texto como “Eq. 1” ou, se no início de uma frase, como “Equação 1”.

4. CONCLUSÕES

A versão deste modelo é V2. Qualquer dúvida a respeito do modelo apresentado entre em contato com a Revista.

AGRADECIMENTOS

A Revista Brasileira de Criminalística gostaria de agradecer aos Peritos Criminais participantes que se dispuseram a tirar a revista do campo das ideias e materializá-la, bem como a Associação Brasileira de Criminalística – ABC pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G.M. Moore; A.R. Robertson. Suicide attempts by firearms and by leaping from heights: a comparative study of survivors. *Am. J. Psychiatry* **156**: 1425-1431 (1999).
- [2] S.C.P. Silva. A contribuição da perícia odontológica na identificação de cadáveres. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Odontologia, Universidade do Porto (2007).
- [3] M. Abel. Estudo da perícia em petrografia sedimentar e sua importância para a engenharia de conhecimento. *Tese de Doutorado*, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001).
- [4] M.A.A. Pires. O perfil Profissional do Perito Judicial Contábil. *Anais da 19ª Convenção dos Contabilistas do Estado de São Paulo*. 14-17 (2005).
- [5] L.B. Fricke. *Traffic Accident Reconstruction*, Northwestern University Traffic Institute, United States of America (1990) 210-234.
- [6] C.R. Dias; E. Antedomenico. Comoriência: ponderações jurídicas e tanatológicas. *Rev. Tribunais* (para ser publicado em 2011).
- [7] G.M. Moore; A.R. Robertson. Suicide attempts by firearms and by leaping from heights: a comparative study of survivors. *Am. J. Psychiatry* **156**: 1425-1431 (1999). Retirado em 01/01/2011, de <http://www.xxx.com.br>

APÊNDICES OU ANEXOS

A Revista Brasileira de Criminalística sugere utilizar apêndices ou anexos somente em último caso. Entretanto, se for necessário, esta seção virá após as Referências Bibliográficas

Considera-se apêndice o texto ou documento elaborado pelo autor, a fim de complementar sua argumentação, sem prejuízo da unidade nuclear do trabalho. Considera-se anexo o texto ou documento não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação, comprovação e ilustração.