

## Uso do *DNA barcoding* pelos órgãos de perícia oficial do Brasil

R.H. Alves<sup>a,b\*</sup>, C.B.V. Carvalho<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Criminalística, Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil

<sup>b</sup> Academia Nacional de Polícia, Brasília (DF), Brasil

<sup>c</sup> Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal, Brasília (DF), Brasil

\*Endereço de e-mail para correspondência: [alvesrodrigoh@yahoo.com.br](mailto:alvesrodrigoh@yahoo.com.br). Tel.: +55-31-3330-1767.

Recebido em 10/08/2023; Revisado em 04/10/2023; Aceito em 05/10/2023

### Resumo

*DNA barcoding* é uma abordagem de identificação genética de espécies que vem sendo apontada como altamente aplicável na área forense, especialmente em situações que demandam a identificação inequívoca de espécies, tais como na investigação de crimes ambientais, crimes contra o consumidor, entomologia forense, identificação de entorpecentes e outros. O objetivo do presente estudo foi analisar a situação atual dos órgãos de perícia oficial do Brasil em relação à utilização da técnica *DNA barcoding*. Para isso foi utilizado um questionário eletrônico endereçado a gestores e peritos dos laboratórios responsáveis pelos exames de genética forense de 28 órgãos de perícia oficial do país. Em geral, os resultados demonstraram que o uso dessa técnica ainda é muito restrito nos órgãos periciais brasileiros, uma vez que é executada diretamente por apenas dois desses órgãos periciais e realizado por outros dois deles por meio de parceria com outras instituições. A principal motivação para a não realização desse exame foi a ausência de demanda, o que, porém, contrasta com informações obtidas na literatura sobre esse tema. Ademais, para a ampliação do uso da técnica nos órgãos de perícia, é fundamental o estabelecimento de parcerias com universidades e instituições de pesquisa e obter incentivos por parte de instituições que fomentam o desenvolvimento de órgãos de segurança pública.

*Palavras-Chave:* *DNA barcoding*; identificação genética de espécies; Órgãos de perícia oficial.

### Abstract

DNA barcoding is an approach for the genetic identification of species that has been considered highly applicable in forensics, especially in situations that demand the unequivocal identification of species, such as the investigation of environmental crimes, mislabeling and commercial fraud, forensic entomology, identification of drugs and others. The objective of the present study was to analyze the current situation of the official forensic institutions in Brazil in relation to the use of the DNA barcoding. To accomplish this objective, an electronic form was addressed to managers and forensic analysts from the 28 official Brazilian forensic genetics laboratories. In general, the results showed that the use of this technique is still very restricted in those forensic institutions, since it is carried out directly by only two of them and carried out by another two through partnerships with other institutions. The main reason for not performing this test was the lack of demand, which, however, contrasts with information obtained in the literature on this topic. Furthermore, to expand the use of the technique in forensic institutions in Brazil, it is essential to establish partnerships with universities and research institutions and to obtain support from institutions that promote the development of public security agencies.

*Keywords:* DNA barcoding; genetic identification of species; Official forensic institutions.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Código de Processo Penal em vigor no Brasil [1], é obrigatória a realização de perícia criminal, por perito criminal, nas infrações penais em que existam vestígios, devendo ser emitido um laudo pericial, o que, se descumprido, pode ensejar a nulidade do processo [2]. No desempenho dessas prerrogativas, os

peritos criminais devem se valer de um rol de métodos científicos robustos adequado ao levantamento dos diversos tipos de evidências forenses.

Nos crimes contra a flora e contra a fauna, a indicação das espécies envolvidas e seu status de conservação são informações cruciais para a devida qualificação de determinados tipos penais descritos na lei. Todavia, além dessa necessidade, têm crescido significativamente nos

últimos anos outras demandas forenses por identificação de espécies vegetais e animais, incluindo casos de crimes contra o consumidor (fraudes alimentar e medicamentosa), investigações relacionadas ao tráfico de drogas e de acidentes aeronáuticos, entomologia forense, entre outros.

Apesar da existência dessas demandas, ainda são notadas restrições importantes na identificação de espécies animais e vegetais, nos órgãos de perícia oficial do Brasil. Grande parte dessas restrições advêm essencialmente das diversas dificuldades inerentes aos métodos clássicos de identificação taxonômica, baseados na análise de caracteres morfológicos [3]. Desta forma, o emprego de abordagens genéticas para a identificação de espécies apresenta-se como uma alternativa para a superação ou, pelo menos, para a mitigação dessas dificuldades.

Sem dúvidas, a análise de DNA, por seu alto poder de discriminação e a alta sensibilidade, é uma das abordagens científicas mais poderosas atualmente à disposição desses profissionais, consolidando-se como importante ferramenta para materialização da prova e elucidação de diversos crimes [4-5]. Uma dessas técnicas é o *DNA barcoding*, que se baseia no sequenciamento de regiões do DNA que variam entre espécies e a sua comparação com bancos de dados de sequências de identidade conhecida [6-7].

Considerando-se o amplo espectro de aplicação, aliado ao custo por amostra relativamente baixo [3], o emprego da técnica *DNA barcoding* deve ser incentivado e difundido nos órgãos de perícia oficial do Brasil. Em muitas situações, essa pode ser a única alternativa para caracterizar crimes e evitar a impunidade. Exemplos disso são as, não raras, situações em que materiais de origem vegetal e animal são encaminhados a exames periciais de forma altamente descaracterizada (enfeites, adornos, peças de vestuário, alimentos ou supostos medicamentos), impedindo qualquer exame de identificação com base em caracteres morfológicos. De fato, na literatura científica já podem ser encontrados exemplos do uso bem-sucedido da técnica na área forense no exterior, incluindo aplicações na resolução de crimes contra a vida por meio da identificação de espécies vegetais [8-9] e de espécies animais [10].

Em âmbito nacional, o *DNA barcoding* já foi utilizado na identificação de espécies que foram alvos de caça e pesca ilegais [11-12] e na comprovação de erros de rotulagem de espécies de pescados comercializados, que se configuraram como fraudes contra o consumidor, inclusive em programa nacional de certificação de produtos do mar processados [13-14]. Além disso, essa técnica também provou ser útil na identificação de vegetais na área forense, incluindo a comprovação de fraudes na comercialização de plantas medicinais [15], identificação de substâncias entorpecentes [16] e

identificação de espécies alvos de crimes contra a flora [17].

Apesar de serem conhecidas as inúmeras aplicações forenses do *DNA barcoding* na área forense, nenhum estudo analisou a situação dos órgãos de perícia oficial do Brasil em relação à utilização dessa técnica. Nesse sentido, é importante conhecer esse status, a fim de identificar padrões que possam ser úteis na caracterização de potencialidades e oportunidades, bem como de dificuldades e desafios inerentes ao desenvolvimento dessa abordagem na perícia oficial do país.

## 2. METODOLOGIA

Foi feita uma pesquisa quantitativa, na qual foi utilizado como instrumento de coleta de dados primários um questionário eletrônico semiestruturado, contendo questões fechadas, principalmente do tipo dicotômica (sim/não) e caixas de seleção de múltiplas opções, bem como questões abertas (respostas curtas, em geral, para indicação de quantidades). Esse questionário eletrônico foi endereçado a peritos criminais de 26 órgãos estaduais de perícia oficial, um do Distrito Federal, e um federal, totalizando 28 órgãos de perícia oficial. Foram entrevistados os gestores e peritos de unidades laboratoriais desses órgãos responsáveis pela realização de exames de genética forense. Os dados obtidos a partir da aplicação desse instrumento de pesquisa foram analisados e interpretados, de modo geral, em termos das frequências relativas das respostas. As informações secundárias utilizadas foram buscadas na literatura científica pertinente ao tema.

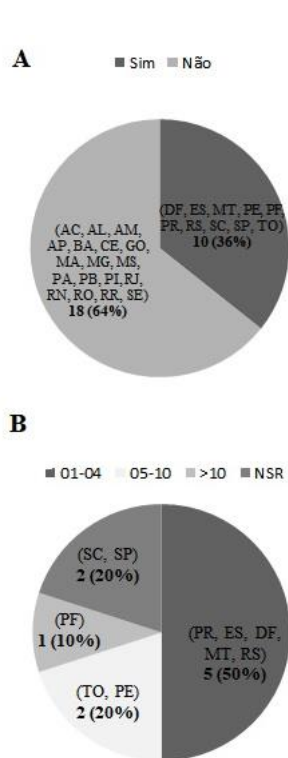
Para atender ao objetivo dessa pesquisa, no referido questionário foram incluídas questões relacionadas à existência e tamanho da demanda por esse tipo exame; à realização do exame em si, com detalhes sobre grupos de organismos analisados e marcadores utilizados; à existência de parceria com outras instituições para a realização desse exame e às motivações para a não realização do exame.

Além do exposto, foi feita pesquisa bibliográfica em periódicos nacionais e internacionais nas bases de dados Scielo (<https://www.scielo.br/>), Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>) e Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>) acerca da utilização da técnica *DNA barcoding* para identificação de espécies em laboratórios forenses. Também foram feitas estimativas de custo para implantação dessa técnica em laboratórios de genética forense de órgãos de perícia oficial do Brasil.

## 3. RESULTADOS

Quando os peritos criminais foram perguntados se existe demanda para a realização de exames de identificação genética de espécies (DNA não humano) no

órgão de perícia oficial para o qual trabalham, dos 28 órgãos de perícia oficial, apenas 10 (36%) responderam “Sim” (ES, DF, MT, PE, SP, PF, PR, RS, SC, TO) (Figura 1A). Para aqueles que responderam “Sim”, foi perguntado quantas solicitações/casos por ano, em média, são requisitados, de modo que cinco (50%) deles (ES, DF, MT, PR, RS) informaram demanda média que se encontra entre 1-4 requisições/ano e somente um deles (10%) informou demanda maior que 10 requisições/ano (PF) (Figura 1B).

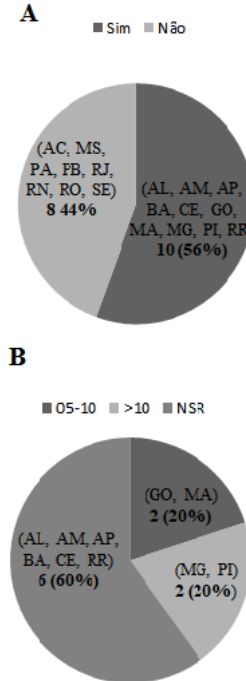


**Figura 1.** Demanda por exames de identificação genética de espécies nos órgãos de perícia oficial. A) Frequências relativas de órgãos periciais em relação à existência dessa demanda (%) (n = 28 órgãos de perícia oficial). B) Frequências relativas de órgãos periciais em relação à estimativa dessa demanda (média do nº de casos/ano), expressa em classes (%) (n = 10 órgãos de perícia oficial). NSR (não souberam responder).

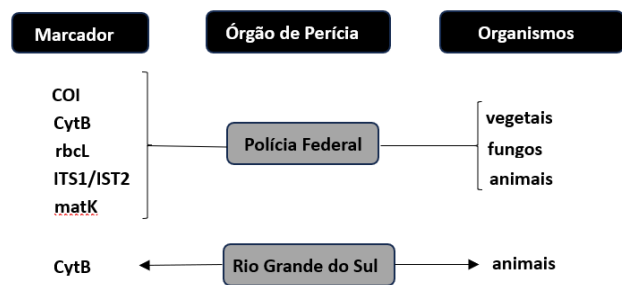
Para os peritos dos 18 órgãos de perícia que informaram não haver demanda de identificação de espécies, foi perguntado se existe uma demanda reprimida de casos, ao que 10 (56%) deles responderam “Sim” (AL, AM, AP, BA, CE, GO, MA, MG, PI, RR) (Figura 2A). Para esses que responderam “Sim”, foi perguntado qual o número de solicitações/casos reprimidos por ano, em média, sendo que dois (20%) deles informaram demanda média que se encontra entre 5-10 requisições/ano (GO, MA) e dois (20%) informaram demanda maior que 10 requisições/ano (MG, PI) (Figura 2B).

Em seguida, foi perguntado a todos os participantes da pesquisa se o exame de *DNA barcoding* é realizado no órgão de perícia oficial para o qual trabalham, de modo que dois deles (7%) responderam “Sim” (PF e RS) e 26 (93%) responderam que “Não” (os demais órgãos). Para

aqueles que responderam “Sim”, foram perguntados a média de exames realizados/ano, os grupos de organismos analisados e quais os marcadores utilizados nos exames. Foi relatada uma média de 40 exames/ano, na PF, e de três exames/ano, no RS. Além disso, os resultados mostraram que, enquanto a PF trabalha com três grupos de organismos e vários marcadores, o RS é mais restrito em suas análises (Figura 3).



**Figura 2.** Demanda reprimida por exames de identificação genética de espécies nos órgãos de perícia oficial. A) Frequências relativas de órgãos periciais em relação à existência dessa demanda reprimida (%) (n = 18 órgãos de perícia oficial). B) Frequências relativas de órgãos periciais em relação à estimativa dessa demanda reprimida (média do nº de casos/ano), expressa em classes (%) (n = 10 órgãos de perícia oficial). NSR (não souberam responder).

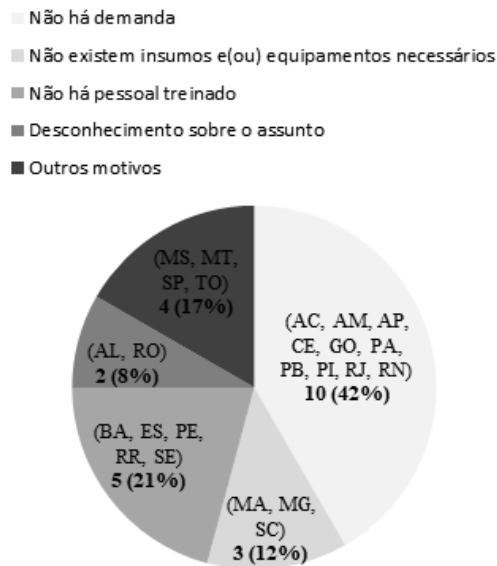


**Figura 3.** Marcadores utilizados e grupos de organismos analisados em exames de *DNA barcoding* nos órgãos de perícia oficial (n = dois órgãos de perícia oficial).

Na sequência, para todos aqueles que informaram que o exame de *DNA barcoding* não é realizado no órgão de perícia para o qual trabalham, foi perguntado se outro laboratório parceiro realiza os exames de identificação genética de espécies para a instituição pericial a qual estão vinculados. Para dois desses órgãos (8%) essa resposta foi “Sim” (DF e PR) e para os 24 (92%)

restantes, foi “Não” (os demais órgãos). Para aqueles que responderam “Sim”, foram perguntados a média de exames realizados/ano pela(s) outra(s) instituição(ões), os grupos de organismos analisados e quais os marcadores utilizados nos exames. Foi relatada uma média de três casos/ano, no DF, e de um caso/ano, no PR. Embora tenha sido relatada a análise de apenas um grupo de organismos para ambos (animais), foi informado um número maior de marcadores utilizados no PR (COI e CytB) em relação ao DF (COI).

Por fim, para os peritos criminais dos 24 órgãos de perícia oficial que responderam que o exame de *DNA barcoding* não é realizado nem pelo órgão pericial para o qual trabalham e nem por outra instituição parceira, foi perguntada a motivação principal para essa situação. As respostas mais frequentes foram a ausência de demanda, relatada para 10 deles (42%), e a falta de pessoal treinado, relatada para outros cinco (21%) desses órgãos de perícia oficial (Figura 4).



**Figura 4.** Motivações para a não realização do exame *DNA barcoding* nos órgãos de perícia oficial e nem em outras instituições (n = 24 órgãos de perícia oficial).

#### 4. DISCUSSÃO

De modo geral, conforme apresentado nos resultados, atualmente, somente dois órgãos de perícia oficial brasileiros (PF e RS) realizam esse exame de forma direta, enquanto outros dois (PR e DF) o fazem indiretamente por meio do estabelecimento de parceria com universidades (UFPR e UNB) e com um dos órgãos periciais que já realiza o exame (PF). Isso demonstrou que, apesar das inúmeras aplicações forenses do *DNA barcoding*, o uso dessa técnica ainda é muito restrito no Brasil.

Além disso, a baixa demanda de exames de identificação genética de espécies, relatada em uma

proporção significativa dos órgãos de perícia oficial brasileiros, pode indicar a falta de conhecimento acerca das diversas aplicações forenses do *DNA barcoding*, não só dos peritos criminais, como também dos gestores dessas instituições e das autoridades policiais e judiciárias que solicitam exames. Assim, é importante que haja a difusão desse conhecimento para os órgãos de segurança pública e da Justiça como um todo, a fim de fomentar o uso dessa ferramenta.

Corroborando o que foi citado anteriormente, com base nos números relacionados às motivações para a não realização do exame, foi observado que, dos 14 órgãos de perícia oficial, ou seja, 50% do total, responderam outra motivação diferente de “não há demanda”, o que leva a crer, de forma indireta, que há demanda nos outros 50% dos órgãos de perícia oficial (Figura 4). Todavia, esse número contrasta com as respostas obtidas para a pergunta inicial, feita de forma direta, acerca da existência de demanda de exames de identificação de espécies nos órgãos de perícia, cujos resultados mostraram que havia demanda desse exame em apenas 10 órgãos de perícia. Esses resultados podem indicar dados subestimados pela falta de levantamentos específicos.

Além disso, a demanda relativamente reduzida refletida nos resultados não é compatível com dados apresentados em outros estudos que investigaram ocorrências de crimes relacionados ao exame em pauta. Em um estudo de 2015, por exemplo, foram coletados dados de polícias militares ambientais de 16 estados no Brasil para caracterizar a caça e pesca ilegal em nível nacional [18]. No trabalho foram mostrados números expressivos de apreensões de produtos de caça e pesca ilegais e problemas importantes em relação à identificação de espécies, que, em geral, ou não era realizada, ou era feita somente com o uso de nomes populares. Estas informações sugerem que, por diferentes razões, haja, de fato, uma demanda reprimida importante no Brasil em relação à identificação genética de espécies animais.

Acredita-se que uma possibilidade de mudança desse cenário atual, caracterizado pela baixa aplicação da identificação genética de espécies verificada atualmente nos órgãos de perícia oficial do Brasil, pode estar na cooperação entre esses órgãos e instituições que realizam pesquisas na área. Estas parecerias podem propiciar ganhos de conhecimento científico relevantes nas ciências forenses, interação promissora comumente observada nos processos que envolvam a utilização de novas tecnologias pela perícia criminal [5].

A realização de um exame pericial de *DNA barcoding* depende de uma série de fatores, entre os quais estão a disponibilidade de pessoal capacitado para essa análise, bem como uma estrutura laboratorial adequada, padrões de qualidade estabelecidos, definição dos barcodes utilizados na rotina dos exames, insumos, manutenção e

recursos para a aplicação da técnica [7]. Desta forma, os laboratórios de genética do Brasil devem se adequar a esses critérios para a incorporação dessa técnica no rol dos exames realizados.

Em geral, os laboratórios de genética forense no Brasil enfrentam muitos desafios, como a urgência das requisições de perícia, a elevada demanda de trabalho [16] e obstáculos orçamentários que podem causar atrasos nos exames. Em um diagnóstico da perícia criminal do Brasil, publicado em 2012, foi relatada a existência de apenas 144 peritos atuando em laboratórios de genética forense no país, distribuídos em 24 dos 27 órgãos de perícia oficial analisados. O passivo de laudos periciais dessa natureza foi subestimado nesse relatório, em razão da insuficiência de informações apuradas. Apesar disso, esse diagnóstico apontou, de forma geral, que há um excesso de demanda de exames periciais frente à força de trabalho disponível nesses órgãos [19].

Para contornar essas dificuldades, a partir de 2005, a Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) investiu na implantação ou modernização de laboratórios regionais de DNA nos estados do Brasil [5]. Seguindo este modelo, poderiam ser criadas ações específicas para a implantação do *DNA barcoding* nos diversos órgãos de perícia existentes no país, incluindo infraestrutura básica e capacitação. A questão da qualificação de pessoal parece não ser um problema para os laboratórios de genética forense. Os exames de *DNA barcoding*, com a sua metodologia estabelecida, poderiam ser facilmente realizados por especialistas em identificação humana após um curto treinamento mais específico.

Considerando a incorporação desse exame pelos laboratórios de genética forense brasileiros, alguns cuidados devem ser tomados para garantir a qualidade das análises e a confiabilidade dos resultados de exames baseados no *DNA barcoding*. A busca por certificados de acreditação, como já acontece com muitos laboratórios especializados em identificação humana, seria um caminho. Recentemente, alguns laboratórios de genética forense da vida selvagem também buscaram e obtiveram esse credenciamento, como o US Fish e Wildlife Laboratory, o Scotland-based Wildlife DNA Forensics Laboratory e o Australian Museum [7]. Além disso, é importante que esses laboratórios também participem de programas de testes de proficiência, visando à uniformização de procedimentos e padrões de qualidade [20].

Outra questão que deve ser considerada por laboratórios que realizam exames de *DNA barcoding* é a escolha do barcode mais adequado. Muitas vezes, são enviados a exames amostras biológicas que não dão pistas sobre o grupo taxonômico a que pertencem, como peixes, aves ou mamíferos, o que pode dificultar a escolha do marcador mais adequado. Essas dúvidas podem surgir mesmo quando o grupo taxonômico é conhecido. Nesse

sentido, apesar de não haver um locus padrão para testes de espécies na área forense, a Comissão para a Sociedade Internacional de Genética Forense (ISFG) recomendou que deve haver alguma lógica por trás da escolha do locus usado em qualquer análise [21]. Em estudo com mamíferos, por exemplo, foi demonstrado que CytB têm menos identificações de falsos positivos e falsos negativos em relação a COI [22]. Assim, as escolhas dos barcodes e primers mais adequados para cada caso analisado em laboratório forense precisam ser embasadas em estudos científicos com casuísticas semelhantes.

Com relação aos custos dos exames, eles podem variar bastante com o tipo de metodologia e insumos empregados nas etapas laboratoriais. O custo do *DNA barcoding* em laboratórios europeus, por exemplo, incluindo a extração do DNA e o sequenciamento de duas regiões independentes, foi estimado em torno de cinco euros por amostra. Esse custo é considerado modesto e o desenvolvimento de novas tecnologias tende a diminuir o custo dessa técnica [3]. Na Polícia Federal, os mesmos custos são estimados em torno de 150 reais [23]. Ressalta-se que, para laboratórios que já realizam identificação humana, os investimentos para a realização de exames de *DNA barcoding* são relativamente baixos e podem variar de acordo com a estrutura de cada laboratório. Além de um ou outro equipamento de baixo custo, tais como cuba e fonte de eletroforese, por exemplo, e softwares de análise, que podem ser gratuitos, é necessária apenas a aquisição de alguns poucos insumos. A tabela 1 apresenta, a título de exemplo, uma estimativa de custos baseada nos insumos e equipamentos utilizados pela Polícia Federal [23].

**Tabela 1.** Estimativa de custo de aquisição de equipamentos e insumos para, no mínimo, 100 reações, por laboratórios que já fazem análises de STR.

Equipamentos e insumos	Estimativa de custo (R\$)
Cuba de eletroforese	3.000,00
Fonte para cuba de eletroforese	4.000,00
Transiluminador com luz UV	7.000,00
Centrífuga de placas	10.000,00
Agarose (25 g)	180,00
Tris-Borato-EDTA 0,5X (500 mL)	100,00
SYBR™ 10X	600,00
GoTaq® Flexi Buffer	500,00
Primers (quatro pares)	800,00
Taq Gold 5u/µl	250,00
dNTP's set	500,00
Tampão MgCl <sub>2</sub>	100,00
Exonuclease I	700,00
FastAP™	400,00
BigDye™ Terminator v1.1	7.500,00
BigDye™ Terminator v3.1	7.500,00
<b>Total</b>	<b>43.130,00</b>

Vale ressaltar ainda a similaridade existente entre as metodologias empregadas no *DNA barcoding* e na análise do DNA mitocondrial humano. Isso significa que a implementação da estrutura no laboratório para o emprego da técnica *DNA barcoding* também torna possível a análise de DNA mitocondrial de origem humana. Essa disponibilidade reforça a importância da implementação dessa estrutura nos órgãos de perícia oficial brasileiros.

Apesar de algumas limitações a sua aplicação, geralmente relacionadas ao exame de animais híbridos, à degradação ou contaminação do material questionado ou a lacunas de conhecimento em alguns grupos taxonômicos específicos, o *DNA barcoding* se mostra uma ferramenta extremamente eficaz e confiável, já sendo usada rotineiramente em vários laboratórios, inclusive forenses, no mundo todo. Prova disso é o enorme número de publicações científicas apresentando resultados robustos de identificação de espécies. Somente no período entre 2003 e 2018, mais de 3.700 artigos revisados por pares foram publicados com a expressão “*DNA barcoding*” no título [24]. Essas características, associadas ao seu baixo custo, fazem com que a sua implementação em um maior número de laboratórios de órgãos de perícia oficial brasileiros seja urgente.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo demonstraram que, embora plenamente justificada, a utilização da técnica *DNA barcoding* pelos órgãos de perícia oficial brasileiros ainda é restrita. Apesar disso, o fato dessa técnica já ser realizada em exames de identificação genética de espécies animais, vegetais e até mesmo fungos por alguns desses órgãos, mesmo que poucos (INC/Polícia Federal e IGP-RS), foi considerado de grande importância, uma vez que esses trabalhos pioneiros podem servir de modelo para a promoção dessa abordagem para as demais instituições.

Acredita-se que a ampliação do uso dessa técnica nos órgãos de perícia oficial é plenamente viável, embora dependa de parcerias entre essas instituições e universidades e instituições de pesquisa que desenvolvam trabalhos na área. Apesar de apresentarem objetivos muitas vezes distintos, no que diz respeito à sua aplicação, os princípios da técnica *DNA barcoding* são os mesmos, permitindo o envolvimento de uma parceria eficaz entre essas instituições. Além disso, é possível inferir que o envolvimento da SENASP com essa pauta também representaria um importante incentivo à ampliação desse uso. Entre os estímulos necessários à ampliação desse uso estão o estabelecimento de programas de capacitação de peritos criminais em *DNA barcoding*.

A evolução progressiva do ordenamento jurídico em algumas áreas, como meio ambiente e direito do

consumidor, têm criado uma necessidade constante de atualizações das metodologias utilizadas pelos órgãos de perícia oficial no Brasil. Nesse sentido, a aplicação do exame de identificação genética de espécies nesses órgãos está inserida nesse processo de modernização. Isso decorre principalmente do fato de que essa técnica é reconhecida pelo seu elevado potencial de produção de provas contundentes em casos em que a identificação inequívoca da espécie, ou outro táxon possível, é essencial. Desta forma, o processamento de DNA de outras espécies, além da humana, representa uma oportunidade de evolução dos laboratórios de genética forense no Brasil.

Além do exposto, é necessário que sejam contornados alguns outros desafios técnicos inerentes à essa técnica. O principal deles, conforme citado por um número significativo de pesquisadores dessa área, é a ausência, ou insuficiência, de sequências genéticas de alguns taxons animais e vegetais nos bancos de dados de consulta pública. No caso do Brasil, entende-se que a representatividade da biodiversidade do país nesses bancos de dados, pelos menos para alguns grupos, ainda é relativamente precária. Acredita-se que esse problema será progressivamente atenuado à medida que o emprego dessa técnica for se tornando mais comum.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os gestores e peritos criminais dos órgãos de perícia oficial brasileiros que se dispuseram a responder ao questionário da pesquisa que embasou o presente estudo, bem como a Academia Nacional de Polícia e a Associação Brasileira de Criminalística – ABC pelo apoio concedido. Agradecem também aos dois revisores anônimos da Revista Brasileira de Criminalística que fizeram considerações e sugestões bastante pertinentes, contribuindo sobremaneira para a melhoria do artigo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Brasil (Leis, decretos...). Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941 (Código de Processo Penal), Brasil, 1941. Retirado em 01/04/2023 de [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del3689.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del3689.htm).
- [2] P. Fachone; L. Velho. Ciência forense: interseção justiça, ciência e tecnologia. *Rev. Tec. Soc.* **4**, 139-161, 2007.
- [3] A.M.L Azeredo. *O Código de barras da vida baseado no DNA “Barcoding of Life”: considerações e perspectivas*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CBMEG-UNICAMP), Brasil, 2005, 1-14.

- [4] C.V. Rodrigues; M.T. Silva; O.M.S. Truzzi. Perícia criminal: uma abordagem de serviços. *Gest. Prod.* **17**, 843-857, 2010.
- [5] S.M. Caligiorne; A.T.A. Chagas. DNA forense - o uso da biologia molecular na resolução de casos criminais. *Rev. Crim. Med. Leg.* **4**, 9-15, 2019.
- [6] S. Ratnasingham; P.D. Hebert. BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Mol. Ecol. Notes* **7**, 355-364, 2007.
- [7] A. Linacre. Animal Forensic Genetics. *Genes* **12**, 515, 2021.
- [8] Q. Chen; M. Liu; C. Xu et al. Potential of plant DNA information in determining the provenance and identify of unknown victims. *Forensic Sci. Int.* **350**, 111786, 2023.
- [9] M.O. Ezegbogu. Identifying the scene of a crime through pollen analysis. *Sci. & Justice* **61**, 205-213, 2021.
- [10] A. Fuentes-López; A.P. Pedreño; E. Romera et al. DNA-based and taxonomic identification of forensically important Sarcophagidae (Diptera) in southeastern Spain. *Sci. & Justice* **61**, 150-159, 2020.
- [11] R.R. Carmo; A.R.S. Garcez; K.R. Vasconcelos; D.P. Leite Jr; E.S.O.D. Dantas; F.G.S. Silva et al. Identification of wild animal species through mitochondrial sequences used in combating crimes against fauna - Mato Grosso – Brazil. *Braz J Forensic Sci.* **6(3)**, 378-404, 2017.
- [12] A.T.A. Chagas, S. Ludwig; J.S.M. Pimentel; N.I. Abreu; D.I. Nunez-Rodriguez; H.G. Leal et al. Use of complete mitochondrial genome sequences to identify barcoding markers for groups with low genetic distance. *Mitochond DNA Part A.* **31**, 1, 2020.
- [13] B.M. Nascimento; T.S. De Paula, P.M. Brito. DNA barcode of tilapia fish fillet from the Brazilian market and a standardized COI haplotyping for molecular identification of *Oreochromis* spp. (Actinopterygii, Cichlidae). *Forensic Sci Int Anim Environ.* **3**, 100059, 2023.
- [14] D. Cardoso-Carvalho; D. Guedes; M.G. Trindade et al. Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding. *Fish. Res.* **191**, 30-35, 2017.
- [15] R.M Palhares; M.G Drummond; B.S.A.F BRASIL et al. Medicinal plants recommended by the World Health Organization: DNA barcode identification associated with chemical analyses guarantees their quality. *PLoS ONE* **10**, e0127866, 2015.
- [16] R.T.F Paranaíba; C.B.V Carvalho; J.M. Freitas et al. Forensic botany and forensic chemistry working together: application of plant DNA Barcoding as a complement to forensic chemistry-a case study in Brazil. *Genome* **62**, 11-18, 2019.
- [17] R.T.F Paranaíba; C.B.V. Carvalho; R.S. Paiva et al. DNA from wood - A simple approach facing a challenging matrix - A preliminary study. *Forensic Sci. Int.* **314**, 110371, 2020.
- [18] A.T.A. Chagas; M.A. Da Costa; A.PV. Martins et al. Illegal hunting and fishing in Brazil: a study based on data provided by environmental military police. *Nat. Conserv.* **13**, 183-189, 2015.
- [19] Brasil. Ministério da Justiça (MJ). Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP). Diagnóstico da perícia criminal no Brasil, 2013. Retirado em 30/09/2023 de <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/300>.
- [20] R.R. Carmo; A.R.S. Garcez; K.R. Vasconcelos et al. Identification of wild animal species through mitochondrial sequences used in combating crimes against fauna - Mato Grosso – Brazil. *Braz. J. Forensic Sci.* **6**, 378-404, 2017.
- [21] A. Linacre; L. Gusmão; W. Hecht et al. ISFG: Recommendations regarding the use of non-human (animal) DNA in forensic genetic investigations. *Forensic Sci. Int. Genet.* **5**, 501–505, 2011.
- [22] S.S. Tobe; A.C. Kitchener; A.M.T. Linacre. Reconstructing Mammalian Phylogenies: A Detailed Comparison of the Cytochrome b and Cytochrome Oxidase Subunit I Mitochondrial Genes. *PLoS ONE* **5**, e14156, 2010.
- [23] C.B.V. Carvalho. Estimativa de custos da técnica DNA barcoding (comunicação pessoal), Laboratório de Genética Forense, INC/PF, Brasil, 2023.
- [24] R. Desalle; P. Goldstein. Review and Interpretation of Trends in DNA Barcoding. *Front Ecol. Evol.* **7**, 1-11, 2019.