

CIÊNCIA CONTRA O TRÁFICO

AVANÇOS NO COMBATE
AO COMÉRCIO ILEGAL
DE ANIMAIS SILVESTRES



Organizadores

Fábio José Viana Costa
Juliana Machado Ferreira
Kellen Rejane Gomes Monteiro
Rodrigo Ribeiro Mayrink

Ciência contra o Tráfico:
Avanços no Combate ao Comércio
Ilegal de Animais Silvestres

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente da República

Alexandre de Moraes

Ministro da Justiça

POLÍCIA FEDERAL

Leandro Daiello Coimbra

Diretor Geral

José Jair Wermann

Diretor Técnico-Científico

Júlio César Kern

Diretor do Instituto Nacional de Criminalística

Fábio José Viana Costa
Juliana Machado Ferreira
Kellen Rejane Gomes Monteiro
Rodrigo Ribeiro Mayrink
Organizadores

Ciência contra o Tráfico:
Avanços no Combate ao Comércio
Ilegal de Animais Silvestres

Imprel Editora
2017

Copyright©2017 Polícia Federal

Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica:
Imprell Gráfica e Editora

Revisão, normatização técnica:
Imprell Gráfica e Editora

Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme
decreto nº 1.825, de 20 de dezembro de 1907.

A reprodução não-autorizada desta publicação, por qualquer meio,
seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

C872c COSTA, Fábio José Viana

Ciência contra o tráfico: Avanços no Combate ao Comércio
Ilegal de Animais Silvestres/ Fábio José Viana Costa, Juliana Ma-
chado Ferreira, Kellen Rejane Gomes Monteiro, Rodrigo Ribeiro
Mayrink (orgs.). João Pessoa: IMPRELL, 2017.

250 p. Il. Tab.

ISBN: 978-85-8332-068-5

1. Brasil 2. Tráfico de animais 3. Animal silvestre 4. Biologia
molecular I. Título

CDD: 328.81

Ficha Catalográfica elaborada por: Ivete Castro CRB/1073

Foto da capa: *Epicrates cenchria*, jibóia-arco-íris, Rodrigo R. Mayrink

Fotos da contra-capas (da esquerda para direita): 1ª linha: Vincent Kurt Lo, Rodrigo R. Mayrink, Daniel F. Domingues; 2ª linha: Rodrigo R. Mayrink, Polícia Federal - divulgação, Vincent Kurt Lo; 3ª linha: Polícia Federal - divulgação, Lícia Lavor, Rodrigo R. Mayrink; 4ª linha: Rodrigo R. Mayrink, Polícia Federal - divulgação, Fábio J. V. Costa

“Os conceitos, opiniões e conclusões emitidos, bem como a exatidão e procedência das citações e referências, são de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, obrigatoriamente, a opinião dos demais autores, organizadores, da Polícia Federal ou do Fundo Nacional do Meio Ambiente”

Sumário

Apresentação	7
<i>Juliana Machado Ferreira</i>	
<i>Fábio José Viana Costa</i>	
Fortalecendo Parcerias a Favor da Biodiversidade.....	17
<i>Fábio José Viana Costa</i>	
<i>Juliana Machado Ferreira</i>	
Atualizações sobre o Tráfico de Animais no Brasil	23
<i>Fábio José Viana Costa</i>	
Rastreamento Forense: Uso dos Isótopos Estáveis no Combate ao Crime	51
<i>Gabriela Bielefeld Nardoto</i>	
<i>Juliana Fernandes Ribeiro</i>	
<i>João Paulo Sena-Souza</i>	
<i>André de Camargo Guaraldo</i>	
<i>Carlos Henrique Saquetti</i>	
Maus-Tratos a Animais.....	79
<i>Sérvio Túlio Jacinto Reis</i>	
Identificação Genética de Espécies Animais	95
<i>Carlos Benigno Vieira de Carvalho</i>	
Possibilidade de Inferência da Origem e Destino de Animais Silvestres por Meio da Biologia Molecular	109
<i>Juliana Machado Ferreira</i>	
<i>João Stenghel Morgante</i>	

Análise de Filiação como Metodologia para o Gerenciamento de Criadores Comerciais e Amadoristas de Aves no Brasil	141
<i>Renato Caparroz</i>	
<i>Fernando Pacheco Rodrigues</i>	
Cuidados Práticos em Animais Selvagens sob Diferentes Fatores de Estresse	159
<i>Antônio Messias Costa</i>	
Destinação de Animais Silvestres no Brasil.....	189
<i>Daniel A. R. Vilela</i>	
<i>Diêgo Maximiano Pereira de Oliveira</i>	
<i>Nelson Rodrigo da Silva Martins</i>	
Exame Pericial de Local de Crime no Contexto do Tráfico de Animais Silvestres ..	211
<i>Rodrigo Ribeiro Mayrink</i>	
<i>Ana Luiza Lemos Queiroz</i>	

Apresentação

Juliana Machado Ferreira¹
Fábio José Viana Costa²

O ser humano, inegavelmente, vem produzindo forte impacto no planeta Terra, e as perdas de espécies já atingem índices alarmantes. Além dos impactos indiretos decorrentes da perda e alteração de *habitats*, introdução de espécies exóticas e poluição dos diversos compartimentos ambientais, muitas espécies são afetadas diretamente por serem exploradas para usos diversos entre os quais podem ser citados: os usos de partes, produtos e subprodutos em artigos de moda, decoração, como suvenires e ornamentos, artigos religiosos, na medicina tradicional, como iguarias culinárias e nas indústrias farmacêutica e cosmética, além da exploração de animais vivos para suprir zoológicos, colecionadores, pesquisas científicas e o mercado consumidor de animais de estimação (*pets*) de espécies silvestres. O tráfico ilegal de animais silvestres e suas partes, produtos e subprodutos

1 Diretora Executiva Freeland Brasil

2 Área de Perícias de Meio Ambiente, Diretoria Técnico Científica, Polícia Federal

surge para suprir essa demanda e configura-se atualmente como uma das maiores ameaças à biodiversidade global.

Diversas fontes internacionais estimam que o tráfico mundial de espécies silvestres (considerando pesca e madeira ilegais) alcance valores por volta de 15 a 26 bilhões de dólares (Wyller, 2010; Haken, 2011; Europol, 2011; World Wildlife Fund, 2012), contudo, há estimativas de que cheguem aos 40 bilhões (Lauterback, 2005 *apud* Elliot, 2012).

Mas não somente internacionalmente os animais são procurados. No Brasil, nossos cidadãos parecem insistir em ignorar leis (muitas vezes inadequadas, vide abaixo) e cujas motivações variam desde problemas há muito conhecidos e endêmicos, como deficiências educacionais, desejo de lucro fácil e falta de alternativas de renda, a vícios e manias inexplicáveis e até mesmo crueldade.

O Brasil foi considerado como o país de maior diversidade no Planeta (Mittermeier e Goetsch, 1997). Essa megadiversidade biológica, aliada ao fato do país encontrar-se em franco desenvolvimento econômico e de infraestrutura, apresentar relativa instabilidade política, casos recorrentes de corrupção, legislação específica inadequada e histórico cultural de uso da fauna, faz com que existam altos níveis de exploração de espécies silvestres. Atualmente, o comércio ilegal para abastecer a demanda por animais silvestres de estimação é a modalidade que mais incentiva o tráfico interno de animais silvestres no Brasil, e visa principalmente aos répteis, pequenos mamíferos e, de forma muito acentuada, às aves canoras, aos papagaios e às araras.

Do ponto de vista biológico, é importante esclarecer que, para que uma espécie deixe de ser considerada silvestre e passe a ser considerada

doméstica (e não amansada ou domada), é necessário que ocorra seleção de certas características, com diferenciação genética e morfológica, a ponto de tornar-se distinta da parental. Assim, espécies domésticas não possuem mais um equivalente na natureza, perdendo suas funções ecológicas e evolutivas. Indivíduos silvestres podem ser criados em cativeiro e amansados e/ou domados, sem que, no entanto, a espécie à qual pertencem se torne doméstica. Espécies silvestres desempenham funções ecológicas e evolutivas como entidades que evoluem ao longo do tempo em um ambiente em constante transformação.

A retirada de inúmeros espécimes da natureza de forma contínua e sem controle acarreta diversos impactos negativos, que acabam por ter efeito cascata e podem levar a desequilíbrios em ecossistemas inteiros. Esse tipo de exploração descontrolada, aliado a outras pressões como perda e degradação de *habitats*, tende a levar a uma redução do tamanho populacional das espécies exploradas. Isso quer dizer que haverá menos indivíduos para se reproduzirem e formar as próximas gerações. Com isso, cada geração tende a ser mais aparentada do que a anterior, levando a um aumento da consanguinidade e perda de variabilidade por ação da deriva genética. Em casos extremos, essa situação pode levar a uma diminuição na capacidade da população de se adaptar em resposta às variações ambientais, o que pode culminar com a extinção da população ou da espécie como um todo. A extinção local de uma população diferenciada configura a perda de um grupo que teria um destino evolutivo único e poderia ser de extrema relevância para a manutenção e evolução da espécie ao longo do tempo.

Além disso, se são retirados das populações naturais os animais, por exemplo, mais fortes, viçosos, agressivos, com canto mais forte e melodioso,

os que ficarão na população para se reproduzirem e formarem as próximas gerações serão justamente aqueles que não possuem a combinação genética que gerou as características desejáveis. Desta forma, a coleta descontrolada de indivíduos com certas características acaba levando a uma seleção negativa na população. No caso de espécies nas quais um gênero é mais coletado do que outro, por exemplo, nas aves com dimorfismo sexual nas quais o macho é mais colorido, ou que canta para atrair as fêmeas e defender território, a coleta preferencial de machos acaba por levar a um desequilíbrio na razão sexual, com excesso de fêmeas nas populações fonte e de machos em áreas de soltura.

Existem também os impactos sobre as demais espécies no ambiente. De forma simplificada, caso representantes de determinada espécie sejam coletados de forma indiscriminada, o balanço entre presas e predadores pode ser alterado. Obviamente, são raras as espécies que dependem exclusivamente de apenas uma outra, mas em um exemplo hipotético, se uma espécie é predadora de ovos ou filhotes de outra coletada e cuja população em consequência esteja diminuindo, a primeira pode sofrer diminuição populacional em decorrência da raridade de alimento, que poderia ocorrer com as espécies que por sua vez dependessem da predadora. Por outro lado, espécies que fossem predadas por aquela que é coletada indiscriminadamente poderiam apresentar aumento populacional, e diversos outros impactos poderiam decorrer em razão desse incremento. De modo análogo, a diminuição acentuada no número de indivíduos de espécies que são predadoras ou dispersoras de sementes ou polinizadoras pode acarretar em desequilíbrios ecológicos de resultados imprevisíveis.

Os impactos citados acima podem ser potencializados quando em conjunção com outras pressões como fragmentação, perda e degradação de *habitats*. Assim, em casos extremos, essa cascata de impactos negativos pode inclusive influenciar a capacidade do ambiente de prestar seus serviços, como por exemplo a polinização de lavouras e a dispersão de sementes no meio natural.

A escassez de estudos, estatísticas consolidadas de qualidade e compilações sobre o tema e o desconhecimento do público em geral sobre os impactos que o tráfico de animais silvestres tem no ambiente, afetando a manutenção de ecossistemas equilibrados e saudáveis e impactando a sociedade em geral, contribuem para a baixa pressão popular pela existência de um arcabouço legislativo eficiente para o controle da atividade ilegal.

Com relação às leis específicas (*e.g.* Artigo 225 da Constituição Federal, Lei 9.605 de 1998, Decreto nº 6.514, de 2008, Decreto nº 6.686 de 2008, Lei 13.052 de 2014, além dos artigos da Lei nº 5.197 de 1967 que não foram substituídos pela Lei de 1998) pode-se destacar a exigência de se obter licença da autoridade competente para “usufruto” (manutenção em cativeiro, reprodução, comercialização, entre outros) de qualquer espécie silvestre nativa.

Para as espécies listadas na Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Silvestres Ameaçadas de Extinção – Cites, de que o país é signatário, é necessária licença para exportação/importação/reexportação e posse do certificado Cites original no caso de toda pessoa física ou jurídica que se dedique à comercialização, a qualquer título, ao transporte ou à compra e venda de espécimes importados,

de espécies incluídas na Convenção e seus produtos e subprodutos (Decreto 3.607/2000, implementação da Cites no Brasil).

A instrução normativa que regulamenta a criação comercial no Brasil (IN Ibama 07/2015), indica que todo estabelecimento comercial de criação de fauna não doméstica precisa estar cadastrada no SISFauna – Ibama (e a partir de 2011, nos sistemas de controle de estaduais em razão da Lei Complementar 140/2011). Com isso, entende-se que é necessária a permissão do órgão competente para criação comercial de quaisquer espécies não domésticas, inclusive as não nativas e, em especial, as listadas na Cites.

Outra questão relevante do arcabouço legislativo reside no fato de que crimes contra a fauna, enquadrados no Artigo 29 da Lei de Crimes Ambientais³, dada a ausência de agravantes, são considerados como infrações de menor potencial ofensivo (as contravenções penais e os crimes a que a lei comine pena máxima não superior a dois anos). Esse é um conceito jurídico concebido para designar os crimes de *menor relevância*, com ações julgadas e processadas pelos Juizados Especiais Criminais. Nesses casos, basta apenas o autuado comparecer à Delegacia, assinar um Termo Circunstanciado de Ocorrência (TCO), comparecer na data marcada ao Fórum previamente definido e é dada a ele a possibilidade da chamada Transação Penal. A Transação Penal tem o objetivo de desburocratizar a Justiça Criminal e através dela garantir ao suposto infrator a oportunidade

3 Dos Crimes contra a Fauna: Art. 29. Matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente, ou em desacordo com a obtida; e seus incisos

de lhe ser aplicada de imediato pena não privativa de liberdade (art. 72 e 76, Lei n. 9.099/95), o que lhe livra de responder a uma ação penal. ***Sem admitir culpa***, cumpre penas alternativas, tais como: prestação de serviços à comunidade, pagamento de determinado valor para instituição de caridade, entre outras (Pinto, 2014).

A ideia de que as punições para os crimes contra a fauna são brandas já vem sendo discutida há muito tempo. Atualmente na câmara dos Deputados, 12 Projetos de Lei (PL) estão apensados ao PL 347/2003, o mais antigo relacionado ao tema. De modo geral, a maioria desses PLs recomenda o agravamento das penas, alguns sugerindo modificação de modo geral, de detenção para reclusão, e outros são mais específicos tipificando de modo diferenciado a biopirataria, o tráfico internacional e agravando de modo específico os atuais agravantes dos artigos 29 e 30 da lei.

Cabe lembrar, que num passado recente, por meio da Lei nº 5.197/1967, foi estipulada penalização acentuada e o posterior advento da Lei de Crimes Ambientais, abrandou-a demasiadamente. No momento, busca-se um equilíbrio entre as situações passada e atual.

O papel da posse doméstica na cadeia do tráfico de animais é pouco discutido em termos legislativos. Em um PL sugere-se que ela seja um forte estimulador de toda a cadeia, devendo ser mais fortemente penalizada, enquanto que um deles propõe-se a sua descriminalização.

A argumentação do Delegado de Polícia Federal Alexandre Saraiva, no relatório da Operação Oxóssi (Saraiva, 2009), esclarece que a Lei de Crimes Ambientais não diferencia a conduta altamente lesiva e profissional de traficantes de fauna silvestre e a conduta de pessoas comuns,

que meramente adquirem ou vendem um animal silvestre de forma isolada e pontual. Ambas estas condutas são igualmente enquadradas no Art. 29 e seus parágrafos da Lei 9605/98.

Assim, a correta tipificação das diferentes nuances do crime de tráfico de animais silvestres, diferenciando o traficante contumaz, que é responsável pela movimentação de grande volume de animais, tanto nacional e internacionalmente, agravando a pena para as espécies ameaçadas, seria mais eficaz para o seu combate.

Questões biológicas, legais e diversas outras relacionadas ao comércio de animais silvestres necessitam de discussão ampla visando ao melhor entendimento dos seus impactos, melhor estrutura legislativa e controle mais eficiente.

Tendo isso em mente, a Polícia Federal organizou em 2014 o *workshop* “Fortalecendo Parcerias a Favor da Biodiversidade”, para discutir temas relacionados ao tráfico de animais silvestres. As palestras realizadas foram então transformadas nos capítulos deste livro. Alguns capítulos foram adicionados *a posteriori* como forma de complementação ao conteúdo explorado na ocasião.

Longe de apresentar ideias cristalizadas, essa primeira proposição inicia vertentes no campo técnico-científico que com certeza serão lapidadas ao longo dos anos e atualizadas por futuros desenvolvimentos. Técnicos e pesquisadores compuseram o corpo de autores, oriundos de instituições diversas. Os textos no livro procuram ter linguagem simples e acessível, mas com embasamento teórico, de modo a trazerem informações sólidas e atualizadas e formarem arcabouço para subsidiar discussões e ações de controle para a problemática do tráfico.

A atualização da situação do tráfico de animais silvestres no Brasil, a aplicação de tecnologias de vanguarda da ciência, como análises de isótopos estáveis, genética forense, e novas técnicas para diagnóstico de maus-tratos a animais, a importância da perícia em locais de crimes contra a fauna e os cuidados e a destinação de animais apreendidos, são temas explorados na obra.

Esperamos que o livro propicie conhecimento e maior conscientização em relação à questão do tráfico de animais silvestres e sirva como orientador para atuação de profissionais da área e como o início de uma melhor sistematização e padronização no combate a essa modalidade criminosa. Além disso, que sirva para disseminar informações que resultem, sobretudo, em ações.

Referências

Elliott, L. 2012. Fighting transnational environmental crime. *Journal of International Affairs* 66(1), 87-104. Disponível em <http://www.jstor.org/stable/24388253>. Acesso em 05 de dezembro de 2016.

Europol. 2011. EU organised crime threat assessment. Disponível em: www.europol.europa.eu/sites/default/files/publications/octa_2011_1.pdf. Acesso em 05 de dezembro de 2016.

Haken, J. 2011. *Transnational crime in the developing world*. Washington, D.C.: Global Financial Security. Disponível em: <http://transcrime.gfintegrity.org>. Acesso em maio de 2016.

Lauterback, A. 2005. *Statement by the Chair*. In: INTERPOL Environmental Crimes Committee to the 5th International Conference on Environmental Crime, Lyon: 2 - 3 junho.

Lovell, J. 2002. Eco- crooks outwitting law agencies. *Reuters*. Disponível em: <http://www.planetark.org/dailynewsstory.cfm/newsid/16164/newsDate/28-May-2002/story.htm>. Acesso em 19 de setembro de 2012.

Mittermeier R., Goetsch, C. 1997. *Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations. Megadiversidad: Los países biológicamente más ricos del mundo*. México, CEMEX.

Pinto, L.A.F. 2014. *O que é Transação Penal?* Disponível em: <<https://luizantoniofp.jusbrasil.com.br/artigos/148612891/o-que-e-transacao-penal>>. Acesso em novembro de 2016.

Saraiva, A. S. 2009. *Operação Oxóssi – 102 presos em 6 países – Um novo paradigma no combate ao tráfico de animais*. Disponível em: <http://www.adpf.org.br/adpf/imagens/noticias/chamadaPrincipal/7632_artigooperacaooxossi.pdf>. Acesso em novembro de 2016

Wylar L., Sheikh P. A. 2010. *International illegal trade in wildlife: Threats and U.S. policy*. Washington, D.C.: Congressional Research Service, 23 p.

World Wildlife Fund. 2012. *Fighting illicit wildlife trafficking, a consultation with governments*. Washington, World Wildlife Fund.

Fortalecendo Parcerias a Favor da Biodiversidade

*Fábio José Viana Costa¹
Juliana Machado Ferreira²*

Em uma primeira vista, não faltam órgãos ambientais no país, em níveis federal, estadual e municipal. A maioria possui profissionais gabaritados e interessados em trabalhar de modo correto. No entanto, todos encontram dificuldades comuns, falta de pessoal, de verbas, de priorização de ações, de estratégias de atuação, de interação e conversas entre si, dentre outras tantas adversidades inerentes à burocracia do serviço público. Além do que, a fiscalização por vezes apresenta ônus político, que muitos governantes não veem por bem pagar.

Os órgãos, no entanto, são formados por pessoas, que muitas vezes tomam para si uma missão e insistem em prosseguir. Além dos servidores públicos, profissionais oriundos de instituições não governamentais

1 Área de Perícias de Meio Ambiente, Diretoria Técnico Científica, Polícia Federal

2 Diretora Executiva Freeland Brasil

incentivam, uns aos outros, de forma que, vez ou outra uma de várias sementes plantadas, germinam.

O *workshop* “Fortalecendo parcerias a favor da biodiversidade” foi realizado no Instituto Nacional de Criminalística pela Polícia Federal em 2014. Os organizadores procuraram a participação de representantes de diversas instituições de cunho ambiental, buscando maior interatividade e troca de experiência entre os técnicos (e em consequência, as instituições), uniformização de procedimentos e linguagem e disseminação de novas tecnologias aplicadas à área. Assim, foram realizadas palestras cobrindo diversas facetas sobre o tráfico de animais silvestres no Brasil e como dados científicos podem ser utilizados no contexto forense aplicados a essas questões.

À ocasião do *workshop*, além da apresentação expositiva de conteúdo na forma de palestras, foram também organizados subgrupos para discussão de projetos necessários mas de difícil articulação interinstitucional, como a criação de uma rede de especialistas para auxiliar na identificação de fauna apreendida e de um banco de dados de animais apreendidos no Brasil.

Os grupos de discussão chegaram a diretrizes importantes para os dois projetos. Com relação à rede de especialistas, a opinião unânime foi de que ela seria bastante útil em decorrência da extrema diversidade de animais apreendidos e que precisam ser identificados ainda em campo. No entanto, a necessidade de uma resposta em tempo real foi um obstáculo levantado, pois os trabalhos policiais e de fiscalização podem se desenvolver nos horários mais diversos. Outro obstáculo foi a necessidade de sigilo das operações, de modo que o sistema teria que ser exclusivo e com requisitos de segurança e acesso para o uso. Alguns sistemas com aplicabilidade

semelhante foram sugeridos, como exemplo, e possível transposição, o sistema Urubu, que identifica animais atropelados.

Com relação ao banco de dados da apreensão de animais silvestres, o projeto foi julgado útil pela possibilidade de produzir estatísticas mais robustas com relação a atividade e a possibilidade de se rastrear criminosos atuando em associação e em diferentes locais. No entanto, discutiu-se que um projeto nacional e oficial deste vulto deveria ser comandado por uma instituição federal, preferencialmente um órgão ambiental de fiscalização. Foi ressaltada a necessidade da adesão de representantes do mais alto escalão e com poder decisório e político para favorecer a agregação de diversas instituições. O funcionamento na prática de um sistema como esse foi questionado, já que os diferentes órgãos possuem sistemas próprios que não conversam entre si e a alimentação de mais um sistema representaria um trabalho extra aos profissionais envolvidos numa fiscalização ou operação. O sistema policial Infoseg, de acesso aos órgãos de segurança pública foi tomado como um exemplo de sistema que engloba instituições em diferentes níveis de governo. Outro questionamento esteve relacionado aos níveis de acesso e permissões de visualização dos relatórios gerados pelo sistema. Uma sugestão para o início do projeto seria a implementação regional de bancos de dados para no futuro se estender a regiões maiores à medida que os resultados aparecessem.

Além dos resultados dos grupos de trabalho, ocorreram diversas articulações no evento, muitas delas de mensuração subjetiva. No entanto, um resultado concreto foi a realização de um curso sobre Perícias do Tráfico de Animais Silvestres, em Belo Horizonte, em 2015, evento realizado em parceria da Polícia Federal e Ibama. O curso teve a participação

interinstitucional de diversos órgãos e polícias ambientais do Estado de Minas Gerais, mas reuniu também representantes da Polícia Federal em nível nacional. O conteúdo das palestras apresentou variação dos temas já discutidos no ano anterior e, na ocasião, ocorreu um treinamento teórico-prático para a identificação dos animais mais comumente apreendidos.

Ainda que as iniciativas acima tenham sido muito importantes e pontuais, a sua continuidade é fundamental para a educação continuada dos técnicos ambientais. No âmbito da Polícia Federal estão previstos cursos semelhantes ao que ocorreu em Belo Horizonte, continuamente, pelo menos a cada dois anos. O formato regional proposto foi muito bem-sucedido, já que as principais ações se dão em nível local ou regional, e as especificidades de cada região devem ser levadas em consideração.

Existem diversas outras iniciativas sendo realizadas por diferentes instituições, governamentais e não governamentais, que têm por objetivo um combate mais eficaz ao tráfico de espécies silvestres. Por exemplo, a Organização SOS Fauna vem desenvolvendo um trabalho extremamente relevante de capacitação de agentes públicos que atuam no momento pós-apreensão, com objetivo de diminuição da taxa de óbitos dos animais apreendidos. A equipe treina agentes em identificação de espécies e requisitos para cuidados de cada espécie de forma a manter os animais em boas condições até o encaminhamento para Centros de Triagem.

Outro exemplo interessante é o Gotas – Grupo Operacional contra o Tráfico de Animais Silvestres – lançado pelo Ministério Público do Estado de São Paulo. A ideia do Gotas é utilizar os promotores da área ambiental distribuídos pelo país como catalisadores para ações necessárias,

identificando as lacunas e articulando ações, desde trabalhos de inserção social e proteção ambiental nas áreas-fonte, até trabalhos de investigação ao longo da cadeia do tráfico.

O Ministério Público do Estado de São Paulo também está capitaneando, em colaboração com a organização Freeland Brasil, o estabelecimento da Rede Sul Americana de Combate ao Tráfico de Espécies Silvestres, a SudWEN. WENs, ou *Wildlife Enforcement Networks*, são redes multiagência e transnacionais desenhadas para tornar o combate ao tráfico de espécies silvestres mais eficaz.

A Freeland Brasil, que é uma organização sem fins lucrativos cuja missão é a conservação da biodiversidade através do combate ao tráfico de espécies silvestres, fez parte da preparação deste livro e também vem desenvolvendo diversas ações relevantes. Tendo em mente que a criação da base de dados governamental citada acima ocorrerá do médio para longo prazo, a Freeland Brasil desenvolveu, em colaboração com a empresa BlackBean, um sistema online de dados sobre o tráfico de animais silvestres chamado InfoTrafi, no qual qualquer pessoa pode enviar dados sobre apreensões ou denúncias. Contudo, apenas servidores públicos munidos de senha, têm acesso a informações “sensíveis” como nome, CPF e endereço de envolvidos.

Além disso, a Freeland Brasil está envolvida na criação da Estratégia Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres, e, junto com o Ministério Público do Estado de São Paulo e com a Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, está trabalhando na implantação de um Laboratório de Biologia Molecular para Apoio à Fiscalização, que realizará pesquisa e prestará serviço sob demanda de agentes e instituições do poder público,

no que diz respeito ao tráfico de espécies silvestres – nativas e as não nativas mas listadas na Cites.

Cabe ainda citar que, em 2014, foi lançado o Edital Programa Ciências Forenses Nº 25/2014 “Pró-Forenses”, visando ampliar o conhecimento e a produção científica e tecnológica nas áreas temáticas contempladas, promover o intercâmbio de conhecimentos na comunidade acadêmica brasileira, estimulando o estabelecimento de parcerias (redes de pesquisa e/ou consórcios interinstitucionais), estimular iniciativas de inovação, apoiar iniciativas de treinamento de pessoal em instituições, dentre outros objetivos. Desse edital, foram aprovados 20 projetos das mais diversas áreas, sendo que três deles referem-se a crimes contra a fauna, englobando pelo menos seis Universidades e três Institutos Oficiais de Perícia. Essas interações possibilitarão a criação e aplicação de novas tecnologias, treinamentos e intercâmbios que serão benéficas para o desenvolvimento do combate ao tráfico de animais silvestres.

Diante dessas inúmeras iniciativas apresentadas espera-se a formação e o fortalecimento de parcerias visando à maior eficiência e efetividade na defesa de nossa biodiversidade.

Atualizações sobre o Tráfico de Animais no Brasil

Fábio José Viana Costa¹

Decorrente de sua ilegalidade, diversos aspectos do tráfico de animais silvestres permanecem obscuros, de forma que um panorama fiel da atividade é ainda almejado. No entanto, há diversas fontes de informações disponíveis, presentes em estudos científicos, estudos sobre apreensões realizadas pela fiscalização ou polícias, estatísticas de animais recebidos em Centros de Triagem de Animais Silvestres (Cetas, ou Centros de Reabilitação de Animais Silvestres – Cras). Há ainda as informações disponíveis a partir de levantamentos realizados diretamente em feiras informais ou através de entrevistas feitas com usuários da fauna e algumas baseadas em ocorrências publicadas na internet. Cada tipo de estudo apresenta particularidades discutidas brevemente a seguir.

As estatísticas de apreensões ou recebimento de animais se mostram muito úteis para esclarecer alguns aspectos, como espécies, frequência e

1 Área de Perícias de Meio Ambiente, Diretoria Técnico Científica, Polícia Federal

sazonalidade do tráfico. No entanto, nesses levantamentos, não é possível saber se a variação nos números se deve a um aumento da atividade criminosa ou a uma maior atuação da atividade de fiscalização. Também, nem sempre ficam claros, o contexto da apreensão, a utilização dos espécimes e a ligação com organizações criminosas nacionais ou internacionais. Há uma tendência de diferenciar os recebimentos em Cetas em entrega voluntária, apreensão ou recolhimento, cujas interpretações são diferentes.

As entregas voluntárias, em geral, se referem aos animais mantidos ilegais por proprietários individuais que os levam ao órgão ambiental sem sofrer penalidades. Tal tipo de entrega é prevista em normativas e visa minimizar a soltura indiscriminada, fora de seu ambiente de origem, e minimizar maus-tratos por proprietários inaptos à sua correta manutenção. As espécies recebidas dessa maneira estão diretamente relacionadas ao uso para estimação e refletem a comercialização ilegal realizada em períodos anteriores. No entanto, na avaliação desses dados, há que se levar em consideração que esses levantamentos incluem também animais silvestres encontrados necessitando de cuidados e entregues por populares, como por exemplo, os filhotes de aves que caem de ninhos, os machucados ou atropelados, dentre outros, o que reflete outros impactos à fauna que não o tráfico.

As entradas de animais decorrentes de apreensões em Cetas são provenientes de ações fiscalizatórias ou policiais, de forma que as espécies listadas refletem diretamente a ocorrência de ilegalidades e que podem estar relacionadas a diferentes usos dos animais, sejam eles para estimação, alimentar ou medicinal, dentre outros. Tais categorias de usos serão melhor exploradas no próximo item.

Já a categoria recolhimento refere-se à captura de animais pelo órgão ambiental em atendimento à solicitação da população. Uma parte desses está associada a conflitos com seres humanos, que são perseguidos, rejeitados, afugentados ou diretamente atingidos, e que estão inseridos na categoria de “não-uso” proposta a seguir. Alguns são temidos e por isso recolhidos. Os feridos algumas vezes entram nessa classificação.

Além dos estudos relativos a apreensões e recebimentos em Cetas, os levantamentos realizados em feiras informais são também muito úteis por fornecer evidências diretas da atividade criminosa. Muitos deles apresentam detalhes de funcionamento, de fluxos de animais e volumes, além dos preços praticados no mercado negro, sendo importantes informações sobre os modos de operação da atividade.

As entrevistas com usuários da fauna, tipo de estudo bastante realizado por pesquisadores do Nordeste do país, são bastante informativas sobre perfis dos usuários, as motivações, os usos de animais, as espécies mais procuradas, dentre outras, que podem ser bastante úteis para planejamentos de ações de combate ao tráfico, de manejos socioeconômicos da fauna, de prevenção e de conscientização ambiental. Essas informações complementam as produzidas por outros tipos de estudos.

Além das formas de estudo supracitadas, outras fontes de informações de dados primários, como notícias de jornais e dados de investigações policiais, podem ser utilizadas. As primeiras devem ser encaradas com cautela revisando diferentes fontes para tornar os dados técnicos mais corretos. As segundas costumam ser mais restritas ao

público em geral e não foram observadas publicações utilizando este tipo de dado.

Este capítulo compila diferentes publicações com o intuito de sintetizar informações que possam subsidiar o trabalho de instituições que atuem no combate ao tráfico de animais. As principais literaturas estão listadas ao final do capítulo para futuras referências e aprofundamento.

Definições

A expressão “tráfico de animais silvestres” vem sendo usada extensivamente na literatura nacional englobando ilegalidades relacionadas ao comércio e manutenção de animais vivos e caça.

A Legislação Brasileira (ex. Lei 9.605/1998 – lei de crime ambientais – Brasil, 1998, Lei 5.197/67 – lei de defesa à fauna – Brasil, 1967) não explicita a expressão, trazendo verbos e situações mais amplas de ilegalidades, dentre as quais estariam previstas as condutas sugeridas com o nome informal de tráfico de animais silvestres.

Internacionalmente (Webb, 2000), há a proposição da expressão em inglês “*wildlife trafficking*”, englobando dentro dela, de forma mais ampla, as ações previstas no *Lacey Act*, que compõe a Legislação Norte-Americana relacionada aos crimes contra a fauna.

A palavra tráfico, no dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (Holanda, 1988), traz a definição de “negócio indecoroso”, o que remete à ideia de comércio ilegal. Já a palavra caça, é definida como “perseguir (animais silvestres) a tiro, a laço, a rede, etc. para aprisionar ou matar”, ações que resultam na sua retirada da natureza, sejam mortos ou vivos.

De todo modo, tomando como ponto de partida os termos caça e tráfico, pressupõe-se a utilização dos recursos faunísticos pelo ser humano, o que envolve, em uma etapa comum inicial, a retirada do animal de seu ambiente natural. Posteriormente, seguem-se etapas para se chegar aos possíveis usos do animal ou seus produtos e a sua comercialização

Levando em consideração as etapas que são desencadeadas desde a retirada até a comercialização, são identificados três estágios principais: a extração, que envolveria a retirada de recursos diretamente da natureza; o beneficiamento dos recursos, resultando em produtos utilizáveis; e o consequente uso desses produtos, que podem ser para estimação, alimentar, medicinal ou simbólico, dentre outros. Os usos podem ter finalidade doméstica, comercial ou científica, ou mista. Observe na Figura 1 uma apresentação esquemática desses estágios.

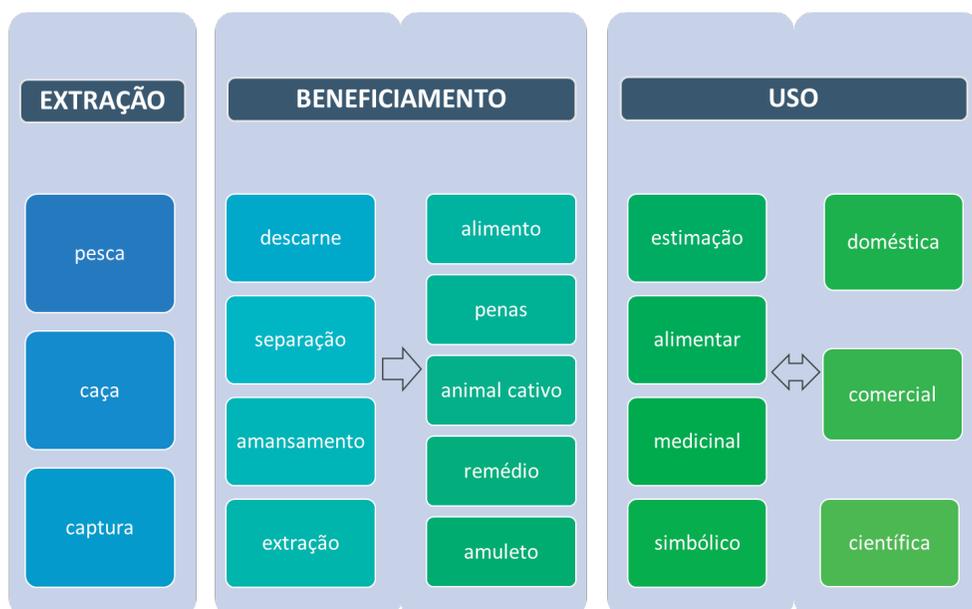


Figura 1 – Estágios envolvidos no tráfico de animais.

Esse esquema pretende ser abrangente e englobar diversas espécies e categorias de extração, beneficiamento e uso de animais (ou mesmo vegetais).

Cabe ressaltar que a extração ou a retirada de animais da natureza, seja de indivíduos vivos ou mortos, geralmente são definidas como captura ou caça, mas os termos podem se confundir. A caça geralmente está relacionada ao abate, mas em sentido mais amplo, a captura de animais vivos pode ser considerada como caça. Neste texto o termo caça será utilizado especificamente ao uso dos espécimes para fins alimentares, por ser o mais empregado na literatura.

O esquema não é linear, podendo ter diversas vertentes. Assim, o beneficiamento de um mesmo animal abatido pode se destinar a produção de alimentos, medicamentos, artesanatos e amuletos. Uma mesma espécie em cativeiro pode ter usos mistos de estimação, alimentar ou simbólico.

Todos os produtos utilizados domesticamente seriam passíveis de atingir um fim comercial, desde que haja quantidade suficiente de mercadoria e mercado consumidor. Levando em conta a noção comercial comumente atrelada ao termo “tráfico de animais silvestres”, toda forma de comércio ilegal de produtos da fauna seria englobada nesse termo.

Na prática, observa-se que os mesmos atores que utilizam animais em suas residências podem vendê-los ou comprá-los para melhorar o seu plantel (Fernandes-Ferreira *et al.*, 2012), podem consumir a carne e utilizar outras partes como adornos ou enfeites e comercializar partes da carcaça como produtos medicinais, dentre outras possibilidades.

O uso científico ilegal estaria relacionado à produção ou a utilização de princípios ativos medicinais ou cosméticos e geralmente exportados de modo não autorizado, comumente englobados sob o nome de biopirataria.

Importante lembrar, que há o transporte entre cada etapa proposta acima, e pode variar em termos de distância, de localização geográfica e forma de realização.

Além dos usos de animais, propõe-se aqui o termo “não-uso”, ou seja, alguns são perseguidos por serem temidos ou ameaçarem outros domésticos e plantas, conforme explicado adiante no presente capítulo.

A seguir, serão relatados alguns aspectos dos usos específicos de animais. Não serão tratadas as espécies consideradas domésticas ou exóticas, já que a legislação as trata de maneira diferente. O enfoque neste texto são os vertebrados, sobretudo, aves, mamíferos e répteis.

Espécies animais e seus usos

Ponto comum entre os diferentes tipos de estudos é a qualificação das espécies mais apreendidas, observadas ou citadas. Algumas características biológicas podem ser fontes de informações indicativas dos fluxos de animais, dos seus usos, dos modos de operação dos traficantes, dentre outras informações.

Aqui as espécies serão classificadas de acordo com as categorias de uso de animais já propostas na literatura (ex. Fernandes-Ferreira *et al.*, 2012), com pequenas modificações da forma que se expõe:

- uso para estimação (ou *pet*): destino de animais à criação em razão de companheirismo ou divertimento. As variações nesse uso, como manutenção para abate posterior, ou por razões místicas e religiosas, serão discutidas nos usos específicos. Poucos

estudos citam se os animais para estimação seriam destinados a colecionadores ou zoológicos, de modo que essas subcategorias não serão diferenciadas;

- uso alimentar: compreende o consumo dos seus produtos, como carne, ovos, vísceras, dentre outros. Utilizaremos o termo “caça”, como sinônimo do abate com objetivo alimentar, já sedimentado pelo uso em diversos estudos;
- uso medicinal: compreende o uso medicamentoso das mais diversas partes e produtos;
- uso simbólico ou religioso: compreende usos ligados a superstições e credences, suvenires, artefatos de decoração e moda;
- não-uso: perseguição ou aversão a animais não desejados;

Animais para estimação

As aves se mostram, em diversos levantamentos, como as mais representativas (80-90% das espécies) nas apreensões, destacando-se sobretudo pássaros canoros e psitacídeos (papagaios, araras e periquitos) para estimação, apreciados não apenas no Brasil, mas também em outras partes do mundo. Na Amazônia, no entanto, a apreensão de aves gira em torno de 40%-50% dos animais já que nessa região destaca-se a apreensão de animais destinados à alimentação, incluídos os mamíferos e répteis, vide item a seguir.

Estudo recente demonstra um volume financeiro de U\$ 630.000,00 por ano de aves comercializadas para estimação somente na cidade de Recife – PE (Regueira e Bernard, 2012). Destro *et al.* (2012) apresentam

um volume de cerca de 44 mil indivíduos recebidos ao ano em Cetas de todo o país.

Há estimativas de que haja mais de 295 espécies alvo para estimação, incluindo diversas ameaçadas ou quase ameaçadas. Para um detalhamento sobre as espécies de aves mais comuns para estimação veja Destro *et al.* (2012), Alves *et al.*, (2013) e Vilella (2012).

Há algumas diferenças regionais nas espécies mais aprendidas, no entanto, tais diferenças parecem decorrer mais de sua distribuição natural do que da preferência pelos criadores. Em geral, as mais comuns em cada região são também as mais capturadas. No entanto, observa-se que ocorrem fluxos de animais para fora de suas áreas de ocorrência em todo o território nacional.

Como exemplo de diferenças regionais, no Norte, o curió (*Sporophila angolensis*) sobressai-se; no Nordeste destacam-se o baiano (*Sporophila nigricollis*), o golinho (*Sporophila algobularis*), o cardeal (*Paroaria dominicana*), o canário-da-terra (*Sicalis flaveola*); e, no Sudeste, o canário-da-terra e o trinca-ferro (*Saltator similis*) são bastante numerosos.

Dentre os Passeriformes, há um viés da captura de machos, pois cantam e são mais coloridos e vistosos. Tal fato pode causar desequilíbrio reprodutivo nas populações de origem.

É evidente que algumas espécies, mesmo ameaçadas, sofrem alta pressão pelas capturas ilegais. O bicudo (*Sporophila maximiliani*) por exemplo, já bastante raro na natureza, foi classificado como criticamente ameaçado na última lista de espécies ameaçadas de extinção (Brasil, 2014a) e, desde 2001, somam-se na literatura mais de 800 indivíduos apreendidos. A ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), uma das aves mais raras do mundo, é

outro ícone a que se atribui ao tráfico a causa final de sua extinção no ambiente natural (Barros *et al.*, 2012). Lotes de cerca de 300 indivíduos de pixoxó (*Sporophila frontalis*) já foram apreendidos, o que pode produzir forte impacto na população da espécie já ameaçada.

Os estudos demonstram que os grandes volumes de pássaros apreendidos estão diretamente correlacionados com as criações amadoristas de passeriformes, atividades com forte tradição cultural no país, controladas por um sistema eletrônico mantido pelo Ibama, chamado de Sispass (Destro *et al.*, 2012). Grande parte das apreensões de passeriformes está relacionada à falsificação de anilhas identificadoras cadastradas pelo sistema, o que demonstra uma sofisticação no sentido de atribuir uma aparência legal a um animal clandestino.

Há também o envolvimento de criadores comerciais. Em levantamento realizado no estado de Santa Catarina, vários criadouros admitiram criar espécies a que não estariam autorizados (Kuhnen e Kanaan, 2014).

Cabe ressaltar a utilização de muitas dessas aves em torneios de cantos, popularmente chamados de fibras (os machos cantam por horas a fio para demonstrar sua resistência) ou em rinhas (são postos para brigar por disputa de território). Tais rinhas podem envolver grandes quantias em dinheiro. Essas competições, em geral, resultam em maus-tratos dos animais envolvidos.

Com relação aos psitacídeos, no Brasil a criação de papagaios, araras e outros está bem sedimentada na cultura popular e sua captura e comércio ilegais são tidos como os principais motivos dos declínios de suas populações. Os papagaio-chauá (*Amazona rhodocorytha*), papagaio-

de-peito-roxo (*Amazona vinacea*) e papagaio-charão (*Amazona pretrei*) são comumente encontrados no tráfico e estão ameaçados. Internacionalmente, as nossas espécies também são bastante apreciadas e sabe-se que diversos psitacídeos já foram e continuam sendo exportados. Um *modus operandi* detectado é o de transporte de ovos embrionados junto ao corpo do traficante que dificilmente é detectado na saída do país.

Os psitacídeos, em geral, são capturados na natureza ainda nos ninhos. Os ovos embrionados são transportados ao exterior e os filhotes, pelas rodovias nacionais para o mercado interno. A coleta de ovos ou filhotes torna fácil a realização de fraudes em criadouros, que podem declarar como oriundos do nascimento de aves regulares. Assim como nos passeriformes, sugere-se ligação entre a criação comercial e o tráfico, para o que, a implementação de testes de filiação seriam de grande valia (ver Capítulo 7: Análise de filiação como metodologia para o gerenciamento de criadores comerciais e amadoristas de aves no Brasil).

Além das aves, alguns mamíferos, ainda que em menor número, também são destinados à estimação, como micos (família Callithrichidae). Na Colômbia, ocorre a captura de bichos-preguiça (*Bradypus variegatus*, *Choloepus hoffmanni*, *Choloepus didactylus*) e primatas (gêneros *Alouatta*, *Ateles*, *Cebus* e *Saguinus*) para o comércio. Nos levantamentos observados, ainda que haja relato de apreensões desses animais, não fica clara a finalidade para estimação no Brasil.

Dentre os répteis, o jabuti (*Chelonoidis spp.*) é um animal de estimação popular no Brasil, fácil de capturar e de manter e relativamente dócil (Freitas *et al.* 2015), a jiboia (*Boa constrictor*), apresenta crescente popularidade, e a iguana (*Iguana iguana*) também é cobiçada.

A comercialização ilegal de animais para estimação em feiras livres já foi demonstrada em diversos estudos, todos da região Nordeste (ex. Gama e Sassi, 2008; Regueira e Bernard, 2012). Nas outras regiões do país, ainda que não haja estudos evidenciando a prática comercial, a grande quantidade de apreensões sugere essa finalidade, que deve ocorrer de modo acobertado.

Alguns animais são mais valorizados para venda, como os mais adaptados ao cativeiro e os com cantos mais melodiosos e longos. Nas feiras, além de cidadãos comuns, há também criadores profissionais procurando por matrizes (Regueira e Bernard, 2012).

O fluxo de animais capturados no Norte e Nordeste para a venda no Sul e Sudeste do país é largamente repetido na literatura. No entanto, observa-se que podem ocorrer rotas inversas, como pode ser observado no exemplo do pixoxó (*Sporophila frontalis*), que ocorre somente no Sudeste e já foi apreendido no Goiás e Rondônia, e o bicudo (*Sporophila maximiliani*), de ocorrência central, e já apreendido em Rondônia e em Santa Catarina.

Herrera e Henessey (2007) retratam a ocorrência de feira livre na Bolívia onde ocorreria a venda de espécies de psitacídeos brasileiros. A fronteira seca Brasil-Bolívia seria uma rota utilizada para o transporte de animais entre as duas nações e outras fronteiras amazônicas mereceriam particular atenção, como as fronteiras com as Guianas, Venezuela e Colômbia, e a rota do Rio Madeira.

Animais para uso alimentar

Estimativas do volume de caça, feitas na Amazônia ainda na década de 90 (Peres, 2000), estimam de maneira conservadora de 67

mil a 164 mil toneladas de vertebrados terrestres caçados, cuja maior parte seria de mamíferos, representando um volume de mercado anual médio de U\$ 134 milhões de dólares. Ainda que o advento da Lei de Crimes Ambientais em 1998 (Brasil, 1998) e suas consequentes ações de repressão possam ter contribuído para diminuir este número, muitos estudos relatam que a atividade de caça, mesmo ilegal, está amplamente disseminada em todo o território nacional (ex. Galvagne-Loss *et al.*, 2014; El Bizri *et al.*, 2015).

Em muitas comunidades o hábito da caça está tão arraigado, que se inicia ainda na infância por meio de estilingues e animais de pequeno porte, como rolinhas e calangos.

Alguns estudos mostram que os animais preferidos são os de maior massa corpórea, os que fornecem mais produtos e subprodutos e os que se apresentam em maior abundância na área. Algumas espécies são capturadas vivas e engordadas em cativeiro para posterior revenda.

A região amazônica é destaque nessa categoria de uso. O consumo de carnes de origem silvestre tem sido atribuído mais a aspectos culturais do que ao valor do preço da carne ou à indisponibilidade de outro tipo de proteína de origem animal.

No Nordeste estudos sugerem o consumo de animais caçados como iguarias, cujo sabor é apreciado, como forma de complementação de dieta ou por motivos sociais, pois a proteína proveniente da caça seria importante para famílias de baixa renda. A caça como entretenimento é um fator que contribui para o estímulo de sua prática.

El Bizri *et al.* (2015) apresentam a caça como aspecto esportivo. De acordo com os autores, a caça esportiva está mais relacionada a pessoas

oriundas de centros urbanos, com boa faixa de renda e que se dedicam à atividade por lazer. Nesses casos, a atividade não seria motivada por ser alternativa de fonte de renda, já que seriam investidas grandes quantias em equipamentos para sua prática. Tal modelo se concentraria principalmente no Bioma Cerrado (El Bizri *et al.*, 2015).

Das espécies mais comuns para uso alimentar, destacam-se os mamíferos, seguidos pelos répteis e aves, cujos grupos são relativamente mais ou menos representativos, dependendo da região.

As espécies de mamíferos de maior porte são bastante cobiçadas, como grandes e médios roedores, catitu (*Tayassu tajacu*), queixada (*Tayassu pecari*), veado (*Mazama spp.*), anta (*Tapirus terrestris*), tatus (Família Dasypodidae), gambás (Família Didelphidae, ex. *Didelphis marsupialis*) e coelho (*Sylvilagus brasiliensis*). A pressão de caça por pacas e tatus é enfatizado por El Bizri *et al.* (2015), sugerindo que tal prática os pode colocar em risco. Franco *et al.* (2012), além de tatus, chamam também atenção para gambás, na região de Montes Claros – MG. Peres, 2000, com base em pesquisas de campo, ainda na década de 90, chama a atenção para algumas espécies particularmente sensíveis à caça, como queixada, antas e primatas de cauda preênsil, como macacos-barrigudo (*Lagothrix spp*) e muriqui (*Brachyteles spp.*).

Diversos primatas na Amazônia, apesar de em menor número que outros animais, são também caçados para alimentação, como o bugio (*Alouatta spp.*) e macaco- prego (*Cebus spp.*, *Sapajus spp.*). As espécies de primatas de tamanhos maiores da família Atelidae seriam mais caçadas e algumas já estariam em pequeno número em algumas áreas ou já teriam sido localmente extintas.

Mamíferos carnívoros são relatados em apreensões ou outros levantamentos (El Bizri *et al.*, 2015), no entanto, essas espécies serão discutidas com mais propriedade no item que trata do não-uso de animais.

Dentre os répteis, são relatados jacarés (ex. *Caiman spp*), sobretudo na Amazônia e Pantanal, mas também no Nordeste; quelônios, no Norte, Nordeste e rio Araguaia; jabutis (*Chelonoids spp.*) e lagartos, sobretudo teiús (*Tupinamibis spp*), dentre outros. A forte pressão de caça de jabutis (*Chelonoids denticulata*) em determinada região da Amazônia é evidenciado por Morcatty & Valsechi (2015).

A corriqueira utilização de tracajá (*Podocnemis unifilis*) e tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) é um dos principais fatores que as levaram a figurar como espécies quase ameaçadas (Vogt *et al.*, 2015).

Dentre as aves, há muito (Sick, 1997) já se sabe da importância cinegética e dos impactos negativos da caça para os galináceos (ex. famílias Cracidae e Odontophoridae) e os de aparência galinácea, como os tinamídeos. Relata-se a sua abundância no passado, tanto na natureza, quanto na mesa dos brasileiros da zona rural. A caça teria sido um fator importante em determinar a raridade de muitas dessas espécies.

Além disso, são de importância algumas aves aquáticas, como saracuras (família Rallidae) e patos (família Anatidae), pombos (família Columbidae) e grandes psitacídeos na Amazônia.

Certas espécies são rejeitadas em algumas regiões, mostrando a associação cultural do hábito da caça. A carne de urubu (*Coragyps atratus*) é um exemplo. São relatados ainda o consumo de diversos outros animais, revelando que, apesar da preferência por certas espécies, o hábito da caça é generalista.

Com relação ao comércio de carne de caça, evidências mostram que as feiras livres da região Norte as comercializam sobretudo para alimentação. A carne de caça apresenta valores elevados no mercado e o seu consumo não pode ser justificado meramente por ser uma alternativa mais barata. Um estudo sobre a caça de jabutis (*Chelonoids denticulata*) na Amazônia (Morcatty & Valsechi, 2015) demonstra o seu objetivo de comercialização, realizada em centros urbanos e gerando retorno monetário.

O modelo de caça estudado por Morcatty & Valsechi, 2015 seria insustentável a longo prazo e os autores sugerem que as políticas direcionadas para regular a atividade na Amazônia são urgentes.

Animais para uso Medicinal

Diversos estudos demonstram que o uso medicinal de animais no Brasil é uma prática tradicional que está largamente disseminada (revisado por Alves, 2009). Seriam cerca de 250 espécies, havendo sobreposição com outras práticas que envolvem o abate. As partes não comestíveis, como gorduras, peles, dentes, carapaças e crânios, seriam aproveitadas (Alves, 2009; Alves *et al.*, 2012).

De acordo com Alves, 2009, a maioria das espécies utilizadas são capturadas/caçadas na natureza e os remédios são preparados de partes das carcaças. Gordura, carnes, ossos, medula óssea, cartilagens, pele, cauda, penas, fígado, bile, leite, chocalhos de cobras, espinhos, conchas, mel, cera, escamas, otólitos, pênis, carapaça, sangue, papo, bico, dente, língua, ovos, dentre outros, são utilizados.

As partes duras, em geral, são pulverizadas para serem administradas como chá ou sobre as refeições. Substâncias oleosas ou gordurosas podem ser ingeridas ou utilizadas como pomadas. Um conjunto de ingredientes podem ser misturadas em meio líquido para produzir remédios chamados de “garrafadas”.

Além de aves, mamíferos e répteis, são utilizados também cnidários, moluscos, crustáceos, insetos, equinodermos, peixes e anfíbios. Para uma listagem completa das espécies, suas partes mais utilizadas e enfermidades tratadas consultar Alves, 2009.

Das espécies ainda não citadas em outros usos ao longo deste texto, vale chamar a atenção para a utilização de partes de mamíferos aquáticos como baleias, botos e peixe-boi, contendo várias espécies ameaçadas.

Cavalos-marinhos (*Hippocampus reidi* e *Hippocampus erectus*), animais ameaçados, e barbatanas de tubarões são destinadas ao tráfico internacional, geralmente ao mercado asiático. O volume anual do comércio mundial de barbatanas é estimado em 1,70 milhão de toneladas (Clarke *et al.*, 2006), de que o Brasil participa. Diversas espécies de tubarão já se encontram ameaçadas (Brasil, 2014b). De modo cruel, as barbatanas são retiradas e os animais são devolvidos à água ainda vivos e morrem por sufocamento, pois sua troca gasosa depende de seu movimento na água.

Há relatos da captura ilegal de primatas na parte leste da Amazônia brasileira (espécies *Aotus nancymae* e *Aotus nigriceps*) e transporte para a Colômbia para a realização de pesquisas biomédicas (Ruiz-Garcia *et al.*, 2013).

A finalidade comercial do uso medicinal de animais ou suas partes é bem descrita no artigo de Alves & Rosa, 2010, com relação a mercados

do Norte e Nordeste do país. Eles explicam que a venda é feita de maneira acobertada e sob demanda do cliente, com o objetivo de evitar a ação da fiscalização. Os autores citam as cidades de Belém, Fortaleza, Recife e Salvador como centros de comercialização.

Animais de uso simbólico ou religioso

O uso simbólico ou religioso de animais está associado a superstições e crenças populares. Diversas partes e seus produtos são utilizadas como amuletos e em rituais religiosos. Para algumas religiões, o sacrifício animal ainda é uma prática (Léo-Neto *et al.*, 2009). Em algumas localidades do Nordeste brasileiro, acredita-se que algumas aves anunciem presságios de ocorrências naturais ou sobrenaturais e que algumas delas possuam significação ligada à religião católica (Bezerra *et al.*, 2013), o que pode influenciar na captura ou caça.

Alguns quelônios, pombos, catitu (*Pecari tajacu*), paca (*Agouti paca*), veado-do-mato (*Mazama americana*), dentre outros, seriam utilizados em rituais do Candomblé.

A jiboia (*Boa constrictor*) seria utilizada em diversas religiões afro-brasileiras e o chocalho e a pele de cascavéis (*Crotalus durissus*) teriam usos religiosos.

Em 2005, a Polícia Federal apreendeu grande quantidade de material indígena irregularmente destinado a museus na América do Norte. Continua sendo constante a apreensão desse tipo de material (dados não publicados do Sistema de Criminalística da Polícia Federal) contendo penas de aves silvestres, especialmente psitacídeos. Para a extração, os animais

costumam ser abatidos, por isso há uma correlação entre os utilizados de modo simbólico e o uso alimentar. São utilizadas penas de inúmeras espécies de aves, sobretudo de arara-vermelha-grande (*Ara chloropterus*), araracanga (*Ara macao*), arara-azul-grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*), arara-canindé (*Ara ararauna*), papagaios (*Amazona spp.*), mutum (*Crax fasciolata*), dentre outras.

Não-uso

O termo não-uso de animais proposto aqui refere-se aos que são perseguidos no meio natural em decorrência de conflitos com o ser humano por predação de criações ou plantações ou por serem temidos por credências de que possam trazer mau-agoro. Mitos e lendas populares reforçam aspectos negativos das espécies e o temor e a aversão das pessoas a elas (Alves *et al.*, 2012).

Os carnívoros se encaixam nessa categoria. O abate de animais até mesmo ameaçados, como a onça-pintada (*Panthera onca*), onça-parda (*Puma concolor*), gato maracajá (*Leopardus wiedii*) e o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), teria objetivo de controle. Diversos estudos demonstram a apreensão e a caça de carnívoros, porém sem deixar claro se seria em decorrência de controle, do uso alimentar, ou simplesmente por esporte (ex. El Bizri *et al.*, 2015). A caça por troféus é conhecida mundialmente e isso poderia explicar a ocorrência de eventos de caça (Crosmarby *et al.*, 2015).

Os tamanduás bandeira e mirim (*Myrmecophaga tridactyla* e *Tamandua tetradactyla*) seriam abatidos por atacarem cães de caça (Koster, 2008).

Há o relato de perseguição às aves que atacam plantações. O Plano de Ação Nacional para a proteção da arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*) sugere que o ataque dessas aves a plantações de milho se devem à escassez crescente dos frutos de licuri que compõem sua alimentação, estimando um volume de cerca de 16 – 18 sacos de milhos atacados por propriedade (Lugarini *et al.*, 2012). Danos econômicos a cafezais e outras culturas também são relatados para espécies de papagaios.

Aves como corujas (família Strigidae), sobretudo a coruja-de-igreja (*Tyto alba*), bacuraus (família Caprimulgidae), são temidas e ocorrem resgates desses animais pelos órgãos ambientais em função do temor da população a essas aves, consideradas perigosas ou agourentas. Os gaviões e falcões (Ordem Falconiformes), sobretudo o gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*) são perseguidos porque atacariam criações domésticas.

Dentre os répteis, as serpentes em geral são abatidas por serem ou confundirem-se com as venenosas. O gênero de lagarto *Amphisbaena spp*, com morfologia parecida à das cobras, também são confundidos e abatidos. Espécies de teiú (*Tupinambis spp.*) seriam abatidos por atacarem frangos e ovos (Alves *et al.* 2009).

Alguns subprodutos dos animais abatidos, como peles, crânios ou patas, podem ser utilizados como trofeus ou adornos e possuírem também valor econômico. Couros de cobras e couros e dentes de jacarés seriam utilizados como ornamentos ou para produzir cintos e bolsas (Alves *et al.*, 2012).

Considerações sobre espécies ameaçadas

Dentre o expressivo número de animais apreendidos, a grande maioria pertence à categoria de menor preocupação em termos de

conservação e o número de indivíduos das espécies consideradas ameaçadas não se torna muito evidente nas estatísticas. No entanto, a presença de poucos indivíduos no tráfico já deve ser um fator de preocupação, pois a retirada de pequeno número de indivíduos da natureza já pode ser impactante para populações pequenas.

Para algumas espécies raras, a captura ilegal pode ocorrer de modo acidental, em conjunto com outras mais abundantes e o pequeno número nas apreensões deve ser decorrente de sua raridade no ambiente. Alternativamente, a espécie pode ser ativamente procurada e ocorrer a captura direcionada, e por sua raridade alcançar maiores valores de mercado (ex. *Tangara fastuosa* e *Sporagra yarrelli*). Regueira e Bernard (2012) observam que as mais ameaçadas não necessariamente são as mais valiosas. Demonstraram que, a exemplo de *Sicalis flaveola* e *Sporophila angolensis*, o potencial de canto melódico e contínuo é fator de elevação de preço, desde que estejam em boas condições físicas.

A priorização de ações de combate ao tráfico de espécies ameaçadas é uma diretriz que deve ser levada em consideração nos planejamentos dos órgãos ambientais, já que o volume de recursos em geral é insuficiente para a efetivação de todas as ações de conservação necessárias.

Considerações sobre os efeitos ecológicos

Os estudos sobre a caça são os que possuem maior volume de pesquisas relativas aos efeitos ecológicos da retirada da fauna (ex. Peres, 2000). Havendo estimativas de impactos em termos de perda de biomassa do ecossistema. Ainda que sejam falados em números de animais apreendidos

para estimação, não há estimativas da biomassa retirada da natureza, o que daria uma ideia do impacto comparado à caça.

A abordagem dos grupos funcionais de animais mais afetados poderia ser um indicativo do impacto ecológico da retirada de determinados grupos aos ecossistemas de origem. Para primatas, por exemplo, estudos demonstram que preferência de caça por algumas espécies de tamanhos maiores e frugívoras podem causar mudanças nas comunidades com a diminuição das funções ecológicas de determinados grupos (Peres, 1997).

Os estudos sobre caça no Brasil, demonstram diferentes realidades na realização da atividade. Citando exemplos extremos, na Amazônia a caça é uma forma de complementação da dieta e de renda de comunidades mais isoladas², enquanto que as pessoas abastadas oriundas de grandes centros urbanos a utilizam com finalidade recreativa e esportiva (El Bizri *et al.*, 2015). Entre esses extremos há ainda diferentes nuances cuja interação homem-ambiente pode se dar de maneiras diferentes, com diferentes impactos às espécies e ao meio ambiente natural.

No contexto dos animais utilizados para estimação, por exemplo, Fernandes-Ferreira *et al.* (2012) demonstram que dentro de uma mesma comunidade entrevistada, os criadores de aves, mesmo que ilegais, demonstram discernir entre as pessoas que apenas criam ou eventualmente fazem pequenas compras e vendas de aves por *hobby*, a que chamam de “passari-

2 Cabe aqui um parêntese acerca da discussão jurídica com relação à interpretação da lei de crimes ambientais (Lei 9.605/98) em seu inciso I, artigo 37 e caput que preconiza: “Art. 37. Não é crime o abate de animal, quando realizado: I - em estado de necessidade, para saciar a fome do agente ou de sua família; ” O que seria o estado de necessidade? Uma pessoa perdida na floresta com necessidade de alimentar-se? Os ribeirinhos em comunidades com pouco acesso à “civilização” estariam em constante estado de necessidade o que justificaria abates como forma de subsistência?

nheiros”, daquelas que fazem da atividade uma forma de ganho econômico e comercializam maior quantidade, a que eles chamam de “traficantes”.

De um ponto de vista macro, há que se lembrar que as comunidades que dependem da caça, em geral, possuem maior interatividade com o meio natural, e mantê-lo de modo sustentável seria uma forma de assegurar os recursos utilizados para o futuro. Assim, substituir a proteína da caça por fontes oriundas de animais domésticos implica em outros tipos de impactos, como a abertura de novas áreas agrícolas com consequente diminuição de *habitats* naturais, cujo impacto ambiental, em tese, poderia ser ainda maior (El Bizri *et al.*, 2014).

Por outro lado, a conjunção do impacto das perdas de *habitat* e a pressão de caça nos fragmentos restantes tende a somar-se aos outros fenômenos naturais de isolamento populacional, perda de variabilidade e deriva genética, que juntas podem rapidamente resultar em declínio e degeneração das populações naturais (Peres, 2001).

Dessa forma, as estratégias para disciplinar a retirada de animais da natureza devem levar em conta as diferentes realidades culturais e ambientais do país. Só assim poderão ser planejadas e priorizadas medidas mais efetivas, sejam elas legais, educativas e repressivas, com o intuito de conservar os recursos ambientais existentes.

Conclusões

O tráfico de animais silvestres, aqui tratado em sua forma mais ampla, continua sendo ameaça a diversas espécies da fauna brasileira, apesar dos constantes esforços dos órgãos ambientais para sua regulação.

O estudo a partir dos diferentes usos dos animais mostra que a sua retirada pode ocorrer em diferentes nuances, cada qual com um modo de operação específico, cujo melhor detalhamento pode ser de auxílio para a elaboração de políticas públicas e melhor planejamento oficial para controle, prevenção e educação ambiental.

Ponto comum entre os diferentes usos é que a exploração da fauna ocorre de maneira pulverizada e a comercialização de modo acobertada, variáveis que dificultam a ação do poder público.

Há elevada polêmica acerca da criação autorizada de animais em cativeiro e sobre a autorização da caça, havendo argumentos contra e a favor destas atividades. No entanto, cabe chamar a atenção para a forte pressão que determinadas espécies sofrem, cuja sobre-exploração é insustentável a médio prazo, o que tem sido alertado nos diversos textos analisados. Urge do poder público ações mais contundentes com relação ao problema, e estudo de alternativas viáveis, de forma a melhor gerenciar os recursos faunísticos, antes que mais espécies estejam ameaçadas.

Ações mais urgentes ainda são necessárias às espécies já ameaçadas e que são encontradas em todos os grupos de uso, de forma a garantir sua sobrevivência para as futuras gerações.

Referências

Alves R.R.N. 2009. Fauna used in popular medicine in Northeast Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 5 (1).

Alves R. R. N., Lima J. R. D. F., Araujo H. F. P. 2013. The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. *Bird Conservation International* 23(01): 53-65.

- Alves R. R. N., Pereira Filho G. A., Vieira K. S., Souto W. M. S., Mendonça L. E. T., Montenegro P. F. G. P., Vieira W. L. S. 2012. A zoological catalogue of hunted reptiles in the semiarid region of Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 8 (27).
- Alves R. R. N, Rosa I. L. 2010. Trade of animals used in Brazilian traditional medicine: trends and implications for conservation. *Human Ecology* 38(5): 691-704.
- Barros Y. M., Soye Y., Miyaki C.Y., Watson R., Crosta W., Lugarini C. (org). 2012. *Plano de Ação Nacional para a Conservação da Ararinha-azul /Cyanopsitta spixii*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 140 p.
- Bezerra D. M. M., de Araujo H. F. P., Alves Â. G. C., Alves R. R. N. 2013. Birds and people in semiarid northeastern Brazil: symbolic and medicinal relationships. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9: 3.
- Brasil. 1998. Lei Federal nº 9.605 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 31(I): 122.
- Brasil. 2014a. Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. *Diário Oficial da União* 245 (I): 121 – 126.
- Brasil. 2014b. Lista nacional oficial de espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção. Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014. *Diário Oficial da União* 245 (I): 126 – 130.
- Clarke S.C., McAllister M.K., Milner-Gulland E.J., Kirkwood G.P., Michielsens C.G., Agnew D.J., Pikitch E.K., Nakano H., Shivji M.S.. 2006. Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets. *Ecology Letters* 9 (10): 1115-1126.
- Crosmary W. G., Côté S. D., Fritz H. 2015. The assessment of the role of trophy hunting in wildlife conservation. *Animal Conservation*, 18(2): 136-137.

Destro G.F.G, Pimentel T.L, Sabaini R.M, Borges R.C., Barreto, R. 2012. Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. Chapter 16. In: Lameed G.A. (ed). *Biodiversity Enrichment in a Diverse World* Intech, 518 p. ISBN 978-953-51-0718-7.

El Bizri H. R., Morcatty T. Q., Lima J. J., Valsecchi J. 2015. The thrill of the chase: uncovering illegal sport hunting in Brazil through YouTube™ posts. *Ecology and Society* 20 (3): 30.

Fernandes-Ferreira H., Mendonça S.V., Albano C., Ferreira F.S, Alves R.R.N. 2012. Hunting, use and conservation of birds in Northeast Brazil. *Biodiversity and Conservation* 21: 221-244.

Franco M. R., Câmara F. M., Rocha D. C. C., Souza R. M., Oliveira N. J. F. 2012. Animais silvestre apreendidos no período de 2002 a 2007 na macrorregião de Montes Claros, Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer* 8(14): 1007-1018.

Freitas A. C. P. D., Oviedo-Pastrana M. E., Vilela D. A. D. R., Pereira P. L. L., Loureiro L. D. O. C., Haddad J. P. A., Soares D. F. D. M. 2015. Diagnosis of illegal animals received at the wildlife rehabilitation center of Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil in 2011. *Ciência Rural* 45(1): 163-170.

Galvagne-Loss A. T., Neto E. M. C., Flores F. M. 2014. Aves silvestres utilizadas como recurso tráfico pelos moradores do povoado de Pedra Branca, Santa Teresinha, Bahia, Brasil. *Gaia Scientia Ed. Esp. Populações tradicionais* 8(2).

Gama T.P., Sassi R. 2008. Aspectos do comércio ilegal de pássaros silvestres na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Gaia Scientia*, 2(2): 1-20.

Herrera M., Hennessey B. 2007. Quantifying the illegal parrot trade in Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, with emphasis on threatened species. *Bird Conservation International* 17: 295–300.

Koster J. M. 2008. Giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) killed by hunters with dogs in the Bosawas Biosphere Reserve, Nicaragua. *The Southwestern Naturalist*, 53(3); 414-416.

- Kuhnen V. V., Kanaan V. T. 2014. Wildlife trade in Brazil: A closer look at wild pets welfare issues. *Brazilian Journal of Biology*, 74(1): 124-127.
- Léo-Neto N. A. L., Brooks S. E., Alves, R. R. 2009. From Eshu to Obatala: animals used in sacrificial rituals at Candomblé “terreiros” in Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5(23).
- Lugarini C., Barbosa A.E.A., Oliveira K.G (org). 2012. *Plano de ação nacional para a conservação da arara-azul-de-lear. Série Espécies Ameaçadas nº 4*. 2ª Ed, Brasília, Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade ICMBio, 144p.
- Morcatty T. Q., Valsecchi J. 2015. Social, biological, and environmental drivers of the hunting and trade of the endangered yellow-footed tortoise in the Amazon. *Ecology and Society* 20(3).
- Peres C. A. 1997. Primate community structure at twenty western Amazonian flooded and unflooded forests. *Journal of Tropical Ecology* 13(03): 381-405.
- Peres C. A. 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conservation Biology* 14(1): 240-253.
- Peres C. A. 2001. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forest vertebrates. *Conservation Biology*, 15(6): 1490-1505.
- Ruiz-García M., Vásquez C., Camargo E., Castellanos-Mora L. F., Gálvez H., Shostell J. 2013. Molecular genetics analysis of mtDNA COII gene sequences shows illegal traffic of night monkeys (*Aotus*, Platyrrhini, Primates) in Colombia. *Journal of Primatology* 2(107).
- Sick H. 1997. *Ornitologia Brasileira, edição revista e ampliada por José Fernando Pacheco*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 912 p.
- Vilela D.A.R. 2012. *Diagnóstico de situação dos animais silvestres recebidos nos Cetas brasileiros e Chlamydomphila psittaci em papagaios (Amazona*

aestiva) no *Cetac de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, UFMG: Tese de doutorado.

Vogt R. C.; Fagundes C. K.; Bataus Y. S. L.; Balestra R. A. M.; Batista F. R. W.; Uhlig V. M.; Silveira A. L.; Bager A.; Batistella A. M.; Souza F. L.; Drummond G. M.; Reis I. J.; Bernhard R.; Mendonça S. H. S. T.; Luz V. L. F. 2015. *Avaliação do Risco de Extinção de Podocnemis unifilis Troschel, 1848 no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira*. ICMBio. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7426-repteis-podocnemis-unifilis-tracaja.html>. Acesso em: 04 out 2016.

Webb J. T. 2000. Prosecuting Wildlife Traffickers: important cases, many tools, good results. *Vermont Journal of Environmental Law*, 2(1): 1–12.

Rastreamento Forense: Uso dos Isótopos Estáveis no Combate ao Crime

Gabriela Bielefeld Nardoto¹
Juliana Fernandes Ribeiro¹
João Paulo Sena-Souza¹
André de Camargo Guaraldo²
Carlos Henrique Saquetti³

Introdução

Há quase um século, a expressão “*Dis-moi ce que tu manges, je te dirai ce que tu es*” (tradução literal: “Diga-me o que você come e lhe direi o que você é”) foi cunhada pela primeira vez por Jean Anthelme Brillat-Savarin (1755-1826) em um contexto gastronômico, tendo se difundido na cultura popular pela adequação às inúmeras situações cotidianas.

1 Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília

2 Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná

3 RPMON, Polícia Militar do Distrito Federal

Biologicamente, no entanto, um pequeno ajuste à expressão popular derivada daquela de Anthelme faz-se necessário:

Você é o que você come, excluído aquilo que você excreta.
(DeNiro e Epstein, 1976).

Os animais ao consumir os alimentos estão ingerindo proteínas, carboidratos e lipídios, que por sua vez são constituídos por uma proporção de isótopos estáveis de carbono, nitrogênio, oxigênio e hidrogênio, que está diretamente relacionada com o local de origem onde estes elementos foram incorporados durante a produção destes alimentos. Com isso, a proporção de isótopos estáveis não só se diferencia nos diferentes alimentos como na origem destes (onde ele foi produzido). Uma vez que esta proporção de isótopos estáveis é incorporada no organismo durante as reações metabólicas, a análise da dieta deste organismo é capaz de fornecer evidências sobre o metabolismo e patologias de um organismo quando consideradas as diferenças entre aquilo que é assimilado e excretado pelo indivíduo. Além dos alimentos, a proporção dos isótopos estáveis de hidrogênio e oxigênio da água que um organismo ingere ficará registrada em seus tecidos (pelo, unha, músculo, osso).

O registro destas proporções dos isótopos estáveis tanto na água como nos alimentos consumidos nos diferentes tecidos de um determinado organismo se torna uma ferramenta valiosa em investigações, tanto ecológicas como forenses, por serem capazes de registrar as informações sobre a origem geográfica e a dieta dos organismos (Ehleringer *et al.*, 2008; Nardoto *et al.*, 2006a, 2011; Chesson *et al.*, 2011; Thompson *et al.*, 2014; Valenzuela *et al.*, 2012).

Além disso, esta proporção dos isótopos estáveis, conhecida como ferramenta isotópica, tem sido amplamente utilizada na identificação da adulteração e autenticidade de produtos alimentícios e manufaturados (Chesson *et al.*, 2014a). Por exemplo, as diferenças nas proporções dos isótopos estáveis de carbono entre o mel de abelhas e a cana-de-açúcar, permitem detectar a adulteração do mel pela adição do açúcar da cana para aumentar o volume dos produtos a um custo mais baixo (Guler *et al.*, 2014). De modo semelhante, a diferença na proporção dos isótopos estáveis de carbono entre a cevada e o milho é usada para verificar a qualidade das cervejas (Brooks *et al.*, 2002; Mardegan *et al.*, 2013) e, entre a cafeína e o milho, para verificar a qualidade dos cafés (Zhang *et al.*, 2012; Carter *et al.*, 2015). Diferenças marcantes nas proporções dos isótopos estáveis de nitrogênio entre fertilizantes orgânicos e não orgânicos podem ser usadas, por exemplo, para verificar a autenticidade dos alimentos produzidos com base em adubo orgânico ou não (Inácio *et al.*, 2013). Já os isótopos de hidrogênio e oxigênio auxiliam na identificação da origem geográfica de alimentos como vinhos, azeite de oliva, leite, café e carnes (Ehleringer *et al.* 2000, 2015; Carter *et al.*, 2015).

No entanto, uma das utilizações mais inovadoras da ferramenta isotópica está no rastreamento forense, onde tem sido cada vez mais utilizada como uma ferramenta investigativa dentro do sistema judiciário, principalmente nos Estados Unidos (Ehleringer *et al.*, 2015). São diversos os exemplos de sua aplicação na investigação da origem dos locais de produção de drogas ilícitas (Ehleringer *et al.*, 2000; Shibuya *et al.*, 2007; Ehleringer *et al.*, 2015), identificação da origem da tinta usada em documentos sigilosos (Chesson *et al.*, 2014b), reconstrução de histórias de

vida de indivíduos mortos há mais de séculos (Lamb *et al.*, 2014) e até em análise de cenas de crimes (Ehleringer *et al.*, 2015).

Aplicação da ferramenta isotópica no combate aos crimes contra a fauna brasileira

A caça e o comércio ilegal de animais silvestres são considerados as principais ameaças à fauna brasileira, perdendo apenas para a perda e degradação de habitats. Estima-se que, anualmente, cerca de quatro milhões de animais silvestres são comercializados no Brasil, sendo a quantidade de animais retirados da natureza cerca de dez vezes maior. A maioria, cerca de 80%, corresponde as aves e, entre essas, as mais visadas são as aves canoras. Nos últimos anos, o número de apreensões realizadas pelas autoridades ambientais vem crescendo drasticamente e a maioria dos animais apreendidos acaba vindo a óbito em um curto espaço de tempo. Apesar de ser frequente a realização de ações de soltura desses animais por parte das autoridades ambientais, estas devem ser vistas com cautela já que a introdução de animais em grupos genéticos distintos dos seus pode ter graves consequências para as populações na natureza. Para que a soltura possa ser realizada de forma adequada é necessário, portanto, o conhecimento tanto da origem geográfica como do grupo genético a que o animal pertence.

A associação de metodologias integradoras baseadas em marcadores moleculares (microssatélites e DNA *barcode*) e em isótopos estáveis no combate aos crimes contra a fauna é uma abordagem pioneira em âmbito mundial e poderá servir de grande valia para os diferentes órgãos

ambientais, assim como para o fortalecimento e integração entre diferentes grupos de pesquisa, tanto no que se refere ao desenvolvimento científico como na formação de recursos humanos qualificados, para atuarem de forma conjunta (Figura 1). A identificação das espécies traficadas e a determinação da sua região de origem ajudará em adoção de medidas socioeducativas mais eficazes nas regiões mais visadas pelos traficantes e permitirá o estabelecimento de estratégias mais efetivas de fiscalização por parte das autoridades policiais e ambientais.

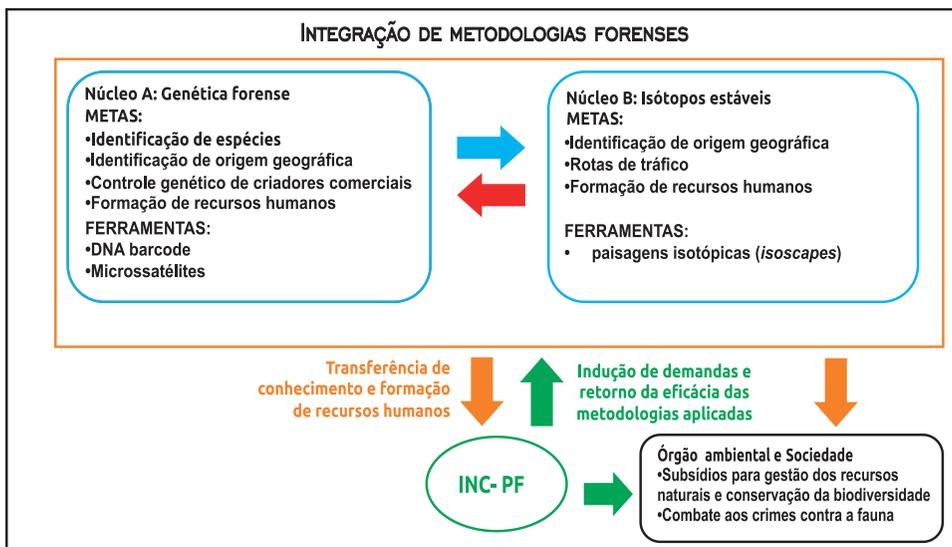


Figura 1 – Integração de metodologias para rastreamento forense sendo desenvolvida no âmbito do Edital Ciências Forenses 25/2014 -CAPES/MEC, uma parceria entre UNB (Universidade de Brasília), UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) e INC-PF (Instituto Nacional de Criminalística, Polícia Federal).

Em relação ao uso da ferramenta isotópica para o rastreamento forense no combate ao crime contra a fauna brasileira, estão sendo utilizados os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio das plantas e solo, coletados

em seus locais de origem, assim como os isótopos de oxigênio dos tecidos (pelo e/ou unha) de pequenos roedores e marsupiais, também coletados em seus locais de origem para produzir modelos de distribuição geográfica das proporções dos isótopos estáveis (ver seção abaixo sobre as *isoscapas*) para o rastreamento da origem geográfica dos animais apreendidos. Com os mapas isotópicos (*isoscapas*) montados para o Brasil e com os valores obtidos das proporções de isótopos estáveis das penas das aves apreendidas e/ou traficadas ou produtos de caça ilegal de mamíferos (pelo ou músculo), será possível identificar a região geográfica de origem destes indivíduos, traçando desta forma as principais rotas de tráfico e locais de caça destes animais no país.

Bases para a utilização dos isótopos estáveis em estudos forenses

Os seres vivos possuem uma composição química constituída principalmente por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Esses quatro elementos são os mais abundantes na matéria viva, perfazendo 95% ou mais de sua composição. Outros elementos, como o fósforo, enxofre, cálcio, sódio e potássio e os micronutrientes completam o restante da composição dos organismos.

Os elementos atômicos carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio possuem mais de um isótopo. Os isótopos são espécies atômicas de um mesmo elemento; portanto, contém o mesmo número de prótons no núcleo atômico, mas diferentes números de nêutrons. Por exemplo, os três isótopos mais comuns do carbono são ^{12}C , ^{13}C e ^{14}C . O primeiro contém 6 prótons e 6 nêutrons no núcleo atômico, enquanto o segundo contém o

mesmo número de prótons, mas 7 nêutrons. Finalmente, o último, contem também 6 prótons, mas 8 nêutrons. Outra diferença importante entre os três isótopos do carbono, mencionados acima, é que os dois primeiros são ditos estáveis, pois não emitem nenhum tipo de radiação. Por outro lado, o ^{14}C é radioativo, ou seja, se decompõe ao longo do tempo, emitindo radiação, fato que lhe confere a propriedade de ser utilizado em datações de vários materiais.

O uso dos isótopos estáveis baseia-se na comparação da proporção dos isótopos estáveis (ou razão isotópica = R) entre diferentes materiais. Esta proporção ou razão isotópica (R), é dada sempre pelo quociente entre o isótopo com maior número de nêutrons no núcleo atômico, portanto mais pesado, e o isótopo com menor número de nêutrons no núcleo atômico, portanto mais leve. No caso do carbono, R é dada pelo quociente entre o número de átomos de ^{13}C e o número de átomos de ^{12}C . No caso do nitrogênio, R é dada pelo quociente entre o número de átomos de ^{15}N e o número de átomos de ^{14}N e no caso do oxigênio, R é dada pelo número de átomos de ^{18}O e pelo número de átomos de ^{16}O .

Como geralmente a abundância na natureza de átomos do isótopo mais pesado é muito menor do que a de átomos do isótopo mais leve, R da amostra é comparada à R de um padrão pré-determinado, definindo assim o valor δ , como mostrado a seguir:

$$\delta = \left(\frac{R_{amostra}}{R_{padrão}} - 1 \right) \times 1000$$

Onde R_{amostra} é a proporção $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ ou $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ da amostra e $R_{\text{padrão}}$ é a proporção entre $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ ou $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ de um padrão internacionalmente reconhecido. No caso do carbono, este padrão é a proporção isotópica de carbono encontrada no rostró de um cefalópode do Jurássico denominado *PeeDee Belemnite* (PDB), enquanto utiliza-se o ar atmosférico para o nitrogênio e, para o oxigênio, o valor de referência internacional é o oxigênio da água do mar (VSMOW – *Vienna Standard Mean Ocean Water*).

Como via de regra R tem valores muito pequenos, utiliza-se seu valor multiplicado por mil, criando-se a notação denominada δ por mil (‰). Mais especificamente, para o carbono a notação mais usual é $\delta^{13}\text{C}$, para nitrogênio $\delta^{15}\text{N}$ e para o oxigênio $\delta^{18}\text{O}$. Outra peculiaridade desta notação é que, no caso do carbono, o valor R do padrão internacional (PDB) é normalmente maior do que o valor R de amostras biológicas ou do CO_2 atmosférico, assim sendo, usualmente o valor $\delta^{13}\text{C}$ desses tipos de amostras são negativos. No caso do nitrogênio, em que o padrão internacional é o ar atmosférico, por convenção assumido como $\delta^{15}\text{N} = 0\text{‰}$, os valores de amostras biológicas podem ser tanto negativos como positivos. Por exemplo, plantas que têm associação simbiótica com bactérias que fixam nitrogênio do ar atmosférico, como a maioria das leguminosas, têm valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos à zero. Por outro lado, solos e plantas tropicais, geralmente têm valores de $\delta^{15}\text{N}$ acima de zero, enquanto as de ambientes temperados apresentam valores de $\delta^{15}\text{N}$ abaixo de zero (Martinelli *et al.*, 1999), como consequência nas diferenças na ciclagem de nitrogênio entre estes ambientes. No caso do oxigênio, as amostras podem ser maiores ou menores que o $\delta^{18}\text{O}$ da água mar, por convenção definida como $\delta^{18}\text{O} = 0\text{‰}$.

Embora todos os isótopos de um elemento apresentem as mesmas propriedades químicas, os isótopos mais leves são mais reativos do que os mais pesados, ou seja, eles são mais facilmente deslocados do substrato para o produto. Deste modo, na medida em que os diferentes compostos formados por eles (p.ex.: água, nitrogênio atmosférico, carbonatos) passam por reações químicas e/ou mudanças de estado físico, seu valor δ pode se tornar mais positivo ou negativo, processo denominado por fracionamento isotópico. Dois eventos biológicos exemplificam os processos de fracionamento do carbono e do nitrogênio: a fotossíntese e a transferência de matéria ao longo da cadeia trófica, respectivamente.

As plantas podem fixar o carbono atmosférico basicamente por duas vias metabólicas: 1. Plantas com metabolismo do tipo C_3 (árvores e arbustos) realizam a absorção do carbono por um processo onde a molécula que recebe o CO_2 da atmosfera tem três carbonos (Ciclo de Calvin); 2. Plantas do tipo C_4 (a maioria das gramíneas tropicais), onde a molécula que recebe o CO_2 da atmosfera tem quatro carbonos e, além disso, que processam o CO_2 em uma cadeia de reações químicas mais extensa (Ciclo de Hatch-Slack). Como consequência, estes metabolismos provocam distintos fracionamentos isotópicos do carbono, sendo que plantas C_3 apresentam $\delta^{13}C$ mais negativos (na ordem de -32 a -27 ‰), por terem uma maior assimilação do isótopo ^{12}C e as plantas C_4 têm $\delta^{13}C$ em torno de -15 a -12 ‰, por assimilarem indistintamente ambos isótopos estáveis de carbono. Desta forma, os valores nas plantas C_4 são mais próximos do valor do CO_2 atmosférico (em torno de -8 ‰).

No caso do nitrogênio, sua incorporação na cadeia trófica ocorre em larga escala através da fixação realizada por bactérias simbióticas associadas às

raízes das plantas, resultando em um valor de $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos das plantas muito próximo ao do ar atmosférico, pois praticamente não há fracionamento isotópico neste processo de assimilação de N via atmosfera. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ tornam-se maiores à medida que os compostos nitrogenados passam para os níveis tróficos superiores da cadeia alimentar, como consequência do fracionamento isotópico durante o metabolismo. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ de proteínas, incluindo a queratina, possuem uma correlação significativa com a dieta, respeitando-se o fracionamento médio de cerca de 3 ‰ entre dieta-tecido. É importante ressaltar que esse valor é uma média para o fracionamento entre dieta-queratina, podendo variar de 2 a 6 ‰ (DeNiro e Epstein, 1981; Ambrose e Norr, 1993; Sponheimer *et al.*, 2003; Nardoto *et al.*, 2006b). Essa variação no fracionamento, entre dieta-queratina, nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ pode ser causada por contribuições distintas das diferentes frações bioquímicas componentes das dietas e os aminoácidos que constituem as proteínas da queratina (Schwarcz e White, 2004).

Com relação ao oxigênio, o fracionamento pode ser exemplificado através do processo de evaporação e precipitação. Ao evaporar do mar, o valor originalmente nulo de $\delta^{18}\text{O}$ da água, torna-se mais negativo devido à evaporação diferencial das moléculas de água compostas por ^{16}O e ^{18}O : as moléculas compostas pelos átomos mais leves evaporam em maior quantidade. Devido a esta diferença, o valor de $\delta^{18}\text{O}$ das nuvens se torna progressivamente mais negativo à medida que parte do vapor de água que as compõem condensa, em maior quantidade pelas moléculas mais pesadas, e se precipita. Assim, gradientes de $\delta^{18}\text{O}$ podem se formar ao longo do deslocamento das massas úmidas sobre o continente e/ou ao longo de um gradiente altitudinal e/ou longitudinal (do oceano para o continente) (Figura 2).

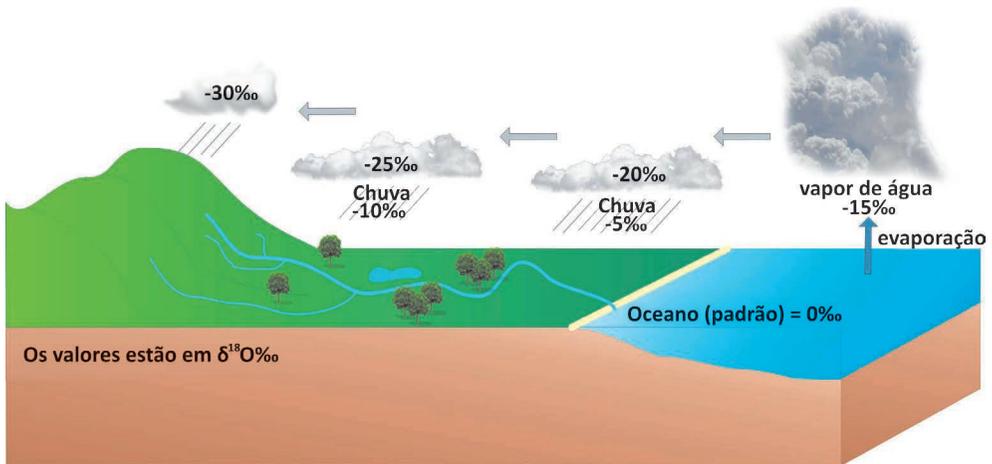


Figura 2. Gradiente hipotético das mudanças no $\delta^{18}\text{O}$ que podem ocorrer ao longo do deslocamento das massas úmidas do oceano para o continente.

Isótopos estáveis em tecidos animais: usos e cuidados

Quanto aos alimentos, aproximadamente 2/3 do carbono e do nitrogênio da queratina são derivados de aminoácidos não essenciais. Quando somente um ingrediente na dieta contém proteína, é possível determinar o caminho da proteína até a queratina (principal constituinte dos pelos e unhas), como demonstrado por Ambrose e Norr (1993). Entretanto, em dietas naturais onde há usualmente vários componentes contendo proteína, há a possibilidade de uma mistura de carboidratos e outras frações bioquímicas na formação da queratina. Isso se deve ao fato de que essas frações são primeiramente quebradas em pequenas moléculas que irão contribuir para a síntese de aminoácidos não essenciais. Ainda que exista uma série de incertezas sobre processos de incorporação de carbono e nitrogênio em tecidos, estudos empíricos que controlam a

composição da dieta e do tecido, têm demonstrado que a composição isotópica do tecido reflete a composição isotópica da dieta (Ambrose e Norr, 1993).

Quando um animal se alimenta, parte dos nutrientes desse alimento é absorvido, incorporando-se aos tecidos em desenvolvimento naquele instante. É importante considerar que cada tecido em um organismo pode apresentar uma taxa específica de crescimento e renovação (i.e., substituição contínua de células senescentes por células novas, garantindo a saúde do tecido e do organismo como um todo). É importante conhecer previamente a taxa de renovação (ou *turnover*) específica do tecido estudado, isto é, o tempo que os isótopos levam desde a sua ingestão pelo organismo até a sua incorporação em cada tecido e subsequente excreção (Hobson e Clark, 1992). No caso dos mamíferos, células hepáticas e sanguíneas são as que se renovam mais rapidamente, enquanto as células de tecidos musculares e pelo são as mais lentas (Tieszen *et al.*, 1983). Além disso, estas taxas também podem variar ao longo da ontogenia e de acordo com as condições a que o indivíduo está sujeito (e.g.: estresse hídrico e nutricional).

Frente ao exposto acima, vários processos devem ser considerados, simultaneamente, para o uso seguro dos isótopos estáveis em estudos ecológicos e forenses. Primeiro, deve ser reconhecido como as fontes abióticas, tais como a dinâmica das precipitações, ou outros fatores geológicos (Valley e Cole, 2001), que afetam as razões destes elementos na área ou região do estudo. Segundo, devem ser consideradas as ações de fatores bióticos nas variações das razões dos isótopos estáveis, tais como as variações devido à ação do metabolismo dos organismos (e.g.: plantas C₃

vs. C₄) e aquelas decorrentes da transferência de matéria ao longo da cadeia trófica (Fry, 2006). Terceiro, devem ser consideradas as taxas de renovação e os valores específicos de fracionamento isotópico dos tecidos amostrados na investigação.

Uma vez conhecidas as taxas de renovação, pode-se referenciar, temporal e espacialmente, as proporções dos isótopos estáveis em cada tecido. Por exemplo, no caso das aves, as penas são tecidos metabolicamente inativos depois de desenvolvidas e, portanto, a medida de seu valor isotópico em qualquer período do ano reflete inevitavelmente o sítio onde a pena foi desenvolvida. Deve-se ponderar ainda o fato de que, enquanto algumas espécies realizam todo o processo de muda das penas de voo em um único sítio, há aquelas que realizam a muda concomitantemente com o deslocamento migratório. De modo semelhante, as garras das aves também são um tecido metabolicamente inativo após a sua formação. Entretanto, a base deste tecido apresenta crescimento lento e contínuo, a uma taxa estimada de cerca de $0,04 \pm 0,01$ mm por dia para passeriformes (Bearhop *et al.* 2003). Deste modo, se um indivíduo possui uma garra com 5,00 mm de comprimento, o valor isotópico do milímetro terminal desta garra se refere às proporções isotópicas do local onde o indivíduo se alimentou há cerca de quatro meses. Por fim, o sangue, como um todo, é um dos tecidos com a maior velocidade de renovação, com meia vida de aproximadamente 11 dias (Hobson e Clark, 1992). Em relação aos mamíferos, de uma forma geral, os tecidos que melhor integram a dieta são aqueles derivados da queratina (Nardoto *et al.*, 2006b). Esse tecido leva mais tempo para sua formação o que pode indicar um maior tempo de amostragem para a

assimilação dos itens alimentares, diferente dos estudos que avaliam dieta através de amostras fecais, as quais correspondem a algumas horas. Desta forma, as análises isotópicas referentes à dieta representam uma maior amostragem dos alimentos consumidos que foram assimilados, apesar de não indicarem qual alimento específico o animal consumiu.

Com relação à dieta, as proporções dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio são as mais utilizadas para organismos de ambientes terrestres. Em estudos ecológicos visando caracterizar a dieta de indivíduos em vida livre, além da amostra do tecido do indivíduo-alvo, também são necessárias amostras dos itens alimentares que potencialmente compõem sua dieta no local do estudo, podendo ser definidos em nível de espécies ou grupos genéricos ou funcionais.

A partir da caracterização isotópica desses itens e da amostra de tecido do indivíduo-alvo, análises estatísticas, geralmente utilizando abordagem Bayesiana, possibilitam inferir sobre a amplitude de contribuição potencial de cada item alimentar na composição da dieta do indivíduo. Cuidado deve ser tomado neste tipo de estudo para que os potenciais itens alimentares tenham sido amostrados em uma data compatível com a de formação do tecido amostrado. Por exemplo, no primeiro mês da estação chuvosa em uma área de Cerrado típico, um investigador coleta uma amostra de pelo de um pequeno roedor. Este tecido possui uma taxa de renovação estimada para a espécie de aproximadamente 47,5 dias (Tieszen *et al.*, 1983). Assim, para assegurar confiabilidade à inferência da dieta para a espécie, as amostras dos potenciais itens alimentares (p.ex.: frutos, sementes, insetos e artrópodes), devem ter sido realizadas dentro deste período. Caso exista incompatibilidade entre as datas de coletas das amostras

de tecido e itens alimentares, variações temporais ou sazonais nos valores das proporções dos isótopos estáveis devido ao regime de chuva/seca, por exemplo, podem induzir a erros analíticos.

As inferências de dieta podem ser feitas para diferentes períodos da vida do indivíduo (Guaraldo *et al.*, 2016), mediante um único evento de captura, se o investigador realizar a amostragem de tecidos com diferentes taxas de renovação no estudo (p.ex. células do fígado, com taxa de renovação de 6,4 dias; células sanguíneas, com taxa de renovação de aproximadamente 17,3 dias; células musculares de 27,6 dias; e pelos, com 47,5 dias) (Tiezen *et al.*, 1983, MacAvoy *et al.*, 2006), desde que também realize a amostragem dos potenciais itens alimentares em período compatível. Portanto, em estudos desta natureza, é importante que o investigador tenha uma base teórica mínima do comportamento alimentar de seu organismo-alvo, bem como planeje com antecedência as amostras que dele serão obtidas, permitindo a amostragem temporalmente adequada dos potenciais itens alimentares a serem considerados no estudo.

Em relação à determinação dos padrões locais e regionais de precipitação, são comumente utilizadas as proporções dos isótopos estáveis de hidrogênio e oxigênio. Uma vez que a assinatura isotópica da água da chuva não é alterada quando incorporada nos tecidos metabolicamente inertes dos animais, a utilização de unhas e pelos de pequenos mamíferos (roedores e marsupiais), por exemplo, refletirá as proporções isotópicas do local onde esses animais vivem. No caso dos pequenos mamíferos que tem uma baixa capacidade de deslocamento, o valor isotópico encontrado nos pelos destes animais irá refletir a água da chuva daquele local.

Distribuição geográfica dos isótopos estáveis (paisagem isotópica – Isoscapes)

Os padrões de distribuição geográfica das proporções de isótopos estáveis em determinado material são chamados de paisagens isotópicas ou *isoscapes* (do inglês: *isoscape* = *isotopes* + *landscapes*). As *isoscapes* representam os valores das proporções dos isótopos estáveis por imagens e mapas.

Isoscapes de carbono geralmente são elaboradas por métodos que diferenciam plantas com metabolismo C_3 e C_4 . Still e Powell (2010) desenvolveram uma metodologia para estimar a porcentagem de plantas C_3 e C_4 por unidade de área, permitindo estimar os padrões espaciais de distribuição dos valores de $\delta^{13}C$ nas plantas para uma grande escala de mapeamento. Powell *et al.* (2012) utilizaram essa metodologia para mapear a proporção dos isótopos estáveis de carbono para a América do Sul, correspondente ao ano 2000, junto com medidas empíricas de plantas e solos (Figura 3A), um trabalho que pode ser base para estudos a serem realizados no Brasil. Entretanto, os autores apontam uma grande incerteza nos ecossistemas de savana devido à grande heterogeneidade de vegetação e estruturas, além de uma grande porcentagem de cobertura C_4 .

Isoscapes de nitrogênio podem ser utilizadas, por exemplo, para detectar padrões de distribuição e origem de óxidos de nitrogênio na atmosfera (Elliot *et al.*, 2007; Walters *et al.*, 2015) assim como padrões de distribuição de nitrogênio no solo (Figura 3B), uma vez que a distribuição geográfica da proporção dos isótopos estáveis de nitrogênio é controlada de maneira indireta por diversos fatores e processos em escala global, principalmente por variáveis climáticas como precipitação e temperatura (Amundson *et al.* 2003; Craine *et al.* 2009, 2015).

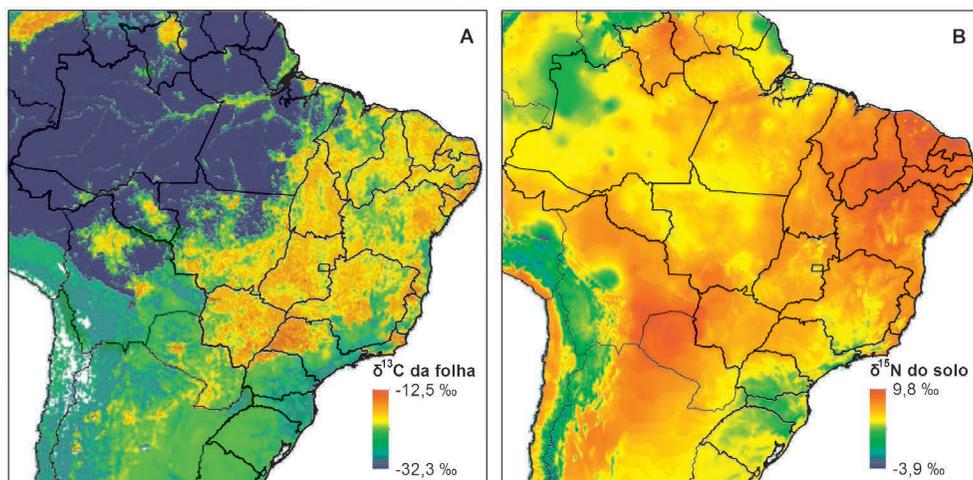


Figura 3. *Isoscape* de carbono de plantas baseada no mapeamento da vegetação gerada a partir do trabalho de Powell *et al.* (2012) com 10 km de resolução espacial (A); e *Isoscape* de nitrogênio no solo gerada a partir da equação apresentada por Amundson *et al.* (2003) com base em dados de precipitação e temperatura disponíveis na base de dados WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) com 1 km de resolução espacial (B).

Uma vez que as tendências de distribuição espacial dos valores das proporções dos isótopos estáveis de hidrogênio e oxigênio na precipitação já são conhecidas na literatura (Bowen, 2010, Chesson *et al.*, 2011), cada vez mais estudos têm utilizado *isoscapes* de hidrogênio e oxigênio, concebidas a partir da compilação de uma série de monitoramentos da proporção dos isótopos estáveis de oxigênio na precipitação ao redor do mundo e disponíveis online gratuitamente (Bowen *et al.*, 2005). Os padrões apresentados nestes mapas isotópicos foram definidos, em escala global, com base no banco de dados do *Global Network of Isotopes in Precipitation* (GNIP) em um esforço para apresentar os valores de δD e $\delta^{18}\text{O}$ na precipitação das principais regiões do planeta com técnicas de interpolação e regressão (Bowen e Revenaugh, 2003).

A partir dessa base de dados é possível extrair informações para outras áreas do planeta como Brasil (Figura 4), por exemplo. Embora as *isoscapes* baseadas no banco de dados do GNIP sejam aplicadas em diversos estudos, muitas regiões apresentam uma grande incerteza nos valores devido ao baixo número de estações de amostragem da água oriunda da precipitação local. No entanto, alguns modelos de *isoscapes* de hidrogênio e oxigênio na precipitação em escala global usam abordagens semelhantes, mas com uma resolução espacial melhor comparada a dos modelos anteriores (Terzer *et al.*, 2013).

Como os valores de δD e $\delta^{18}O$ da precipitação estão associados aos valores da umidade do ar de cada local caracterizado pela circulação atmosférica, estes valores podem variar de ano para ano, seguindo as variações sazonais e da circulação atmosférica em cada região. Nesse sentido, a média de longo prazo de distribuição dos valores de $\delta^{18}O$ na precipitação reflete os padrões climáticos de uma determinada região, enquanto as médias de curto prazo podem trazer informações sobre os padrões climáticos, em escalas de tempo menores (Vander Zanden *et al.*, 2014). No entanto, considerando uma escala temporal de anos ou décadas, os padrões espaciais e temporais são estáveis (Figura 4).

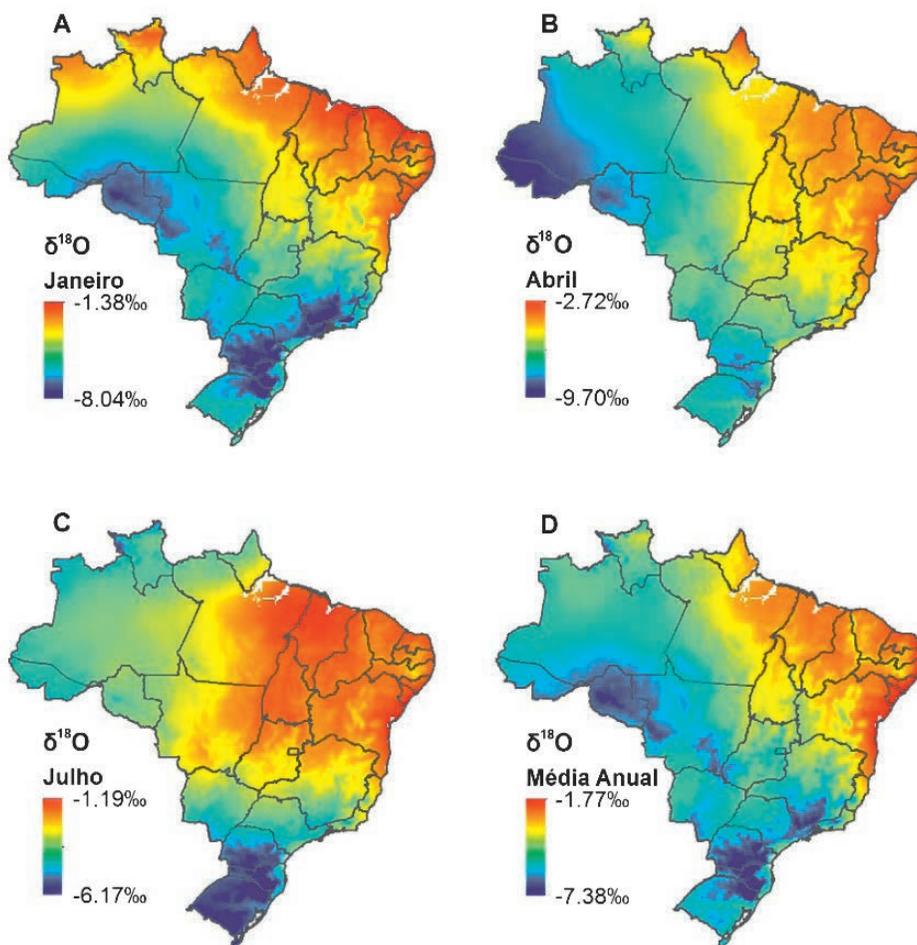


Figura 4. *Isoscapes* de oxigênio da precipitação para o Brasil extraídas do banco de dados disponível em <http://www.waterisotopes.org> (Bowen *et al.*, 2005). As *isoscapes* foram geradas em escala global com base no banco de dados do GNIP (*Global Network of Isotopes in Precipitation*), em um esforço para apresentar os valores na precipitação das principais regiões do planeta com técnicas de interpolação e regressão (Bowen e Revenaugh, 2003). A) *Isoscape* de oxigênio para o mês de janeiro, representando os padrões de precipitação para o verão; B) *Isoscape* de oxigênio para o mês de abril, representando os padrões de precipitação na transição entre verão e inverno; C) *Isoscape* de oxigênio para o mês de julho, representando os padrões de precipitação para o inverno; D) *Isoscapes* com valores da média anual de $\delta^{18}\text{O}$ na precipitação no Brasil.

Embora o termo *isoscape* seja relativamente recente, com o aumento das tecnologias de campo e de mapeamento, e desenvolvimento de novos modelos matemáticos, essa abordagem demonstra grande potencial de aplicação em diversas áreas da ciência (Bowen, 2010). Esses modelos de *isoscapes* mais generalistas de larga escala (por exemplo aqueles que consideram apenas o GNIP – ver Figura 4), normalmente apresentam um erro associado que deve ser levado em consideração na interpretação dos dados obtidos (Hobson *et al.*, 2010). No entanto, cada vez mais tem sido gerado modelos de *isoscapes* com resolução espacial mais refinadas onde as *isoscapes* baseadas no banco de dados GNIP, por exemplo, são associadas a novas amostragens e outros modelos climáticos locais mais refinados (Hobson *et al.*, 2010; Terzer *et al.*, 2013). Recentemente Pekarsky *et al.* (2015) mapearam a probabilidade de origem de grou, aves da espécie *Grus grus*, baseados nos valores de δD e $\delta^{18}O$ nas penas das asas de indivíduos desta espécie. Nesse caso, os autores usaram *isoscapes* de hidrogênio e oxigênio produzidas com dados do GNIP e modelos gerais de circulação atmosférica para mapear a probabilidade de origem dos indivíduos da espécie (Bowen e Revenaugh, 2003; Terzer *et al.*, 2013).

Além dos trabalhos ecológicos sobre deslocamento de animais (Hobson *et al.*, 2012; Sullivan *et al.*, 2012; García-Pérez e Hobson, 2014; Hobson *et al.*, 2014), cada vez mais as informações obtidas com o desenvolvimento de *isoscapes* tem sido utilizada em estudos forenses como na identificação mais precisa da origem geográfica de alimentos e bebidas (Carter *et al.*, 2014; 2015; Chesson *et al.*, 2014).

Desta forma, a descrição feita ao longo deste capítulo sobre o potencial de utilização da ferramenta isotópica, a investigação sobre a origem

geográfica e as principais rotas de aves traficadas, como a que está sendo desenvolvida no âmbito da integração de metodologias para o rastreamento forense no combate aos crimes contra a fauna brasileira dentro da parceria UnB, UNICAMP e INC/PF tem como base: 1. Os estudos sobre a origem e rota de aves continentais migratórias; 2. Novos métodos estatísticos na integração de dados sobre a estrutura genética de aves e as proporções dos isótopos estáveis destas aves (Rundel *et al.*, 2013); e 3. Obtenção de mapas isotópicos (*isoscares*) regionais mais refinados usando a proporção dos isótopos estáveis do oxigênio dos pelos de pequenos mamíferos associados à proporção dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio do solo e plantas obtidos em seus locais de origem.

Referências

Ambrose S.H., Norr L. 1993. Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. In: Lambert J.B., Grupe G. (eds) *Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level*. Springer-Verlag, Berlin, pp 1–37.

Amundson R., Austin, A.T., Schuur E.A.G., Yoo K., Matzek V., Kendall C., Uebersax A., Brenner D., Baisden W.T. 2003. Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen. *Global Biogeochemical Cycles* 17(1): 1031.

Bearhop S., Furness R.W., Hilton G.M., Votier S.C., Waldron S. 2003. A forensic approach to understanding diet and habitat use from stable isotope analysis of (avian) claw material. *Functional Ecology* 17: 270-275.

Bowen G.J. 2010. Isoscapes: Spatial Pattern in Isotopic Biogeochemistry. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 38(1): 161–187.

- Bowen G.J., Revenaugh J. 2003. Interpolating the isotopic composition of modern meteoric precipitation. *Water Resources Research* 39: 1–13.
- Bowen G.J., Wassenaar L.I., Hobson K.A. 2005. Application of stable hydrogen and oxygen isotopes to wildlife forensic investigations at global scales. *Oecologia* 143: 337–348.
- Bowen G.J., West J.B., Hoogewerff J. 2009. Isoscapes: Isotope Mapping and Its Applications.” *Journal of Geochemical Exploration* 102(3): 2008–2010.
- Brooks J.R., Buchmann N., Phillips S., Ehleringer B., Evans R.D., Lott, A., Martinelli L.A., Pockman W.T., Sandquist D., Sparks J.P., Sperry L., Williams D., Ehleringer J.R. 2002. Heavy and light beer: A carbon isotope approach to detect C₄ carbons in beers of different origins, styles, and prices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6413–6418.
- Carter J.F., Yates H.S.A., Tinggi U. 2014. A Global Survey of the Stable Isotope and Chemical Compositions of Bottled and Canned Beers as a Guide to Authenticity. *Science and Justice* 55(1): 18–26.
- Carter J.F., Yates H.S.A., Tinggi U. 2015. The Isotopic and Elemental Composition of Roasted Coffee as a Guide to Authenticity and Origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66(24): 5771–5779.
- Chesson L.A., Valenzuela L.O., Bowen G.J., Cerling T.E., Ehleringer J.R. 2011. Consistent predictable patterns in the hydrogen and oxygen stable isotope ratios of animal proteins consumed by modern humans in the USA. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 25: 3713–3722.
- Chesson L.A., Tipple B.J., Howa J.D., Bowen G.J., Barnette J.E., Cerling T.E., Ehleringer J.R. 2014a. Stable isotopes in forensic applications. In: Holland H.D., Turekian K.K. (eds) *Treatise of Geochemistry*. Volume 14: Archaeology and Anthropology. Elsevier, London, pp 285–317.
- Chesson L.A., Tipple B.J., Barnette J.E., Cerling T.E., Ehleringer J.R. 2014b. The potential for application of ink stable isotope ratio analysis

in questioned document examination. *Science & Justice* Doi:10.1016/j.scijus.2014.05.010.

Craine J.M., Elmore A.J., Aida M.P.M., Bustamante M., Dawson T.E., Hobbie E.A., Kahmen A., Mack M.C., Mclauchlan K.K., Michelsen A., Nardoto G.B., Pardo L.H., Peñuelas J., Reich P.B., Schuur E.A.G., Stock W.D., Templer P.H., Virginia R.A., Welker J.M., Wright I. J. 2009. Global Patterns of Foliar Nitrogen Isotopes and Their Relationships with Climate, Mycorrhizal Fungi, Foliar Nutrient Concentrations, and Nitrogen Availability. *New Phytologist* 183(4): 980–992.

Craine J.M., Elmore A.J., Wang L., Augusto L., Baisden W.T., Brookshire E.N.J., Cramer M.D., Hasselquist N.J., Hobbie E.A., Kahmen A., Koba K., Kranabetter J.M., Mack M.C., Marin-Spiotta E., Mayor J.R., McLaughlan K.K., Michelsen A., Nardoto G.B., Oliveira R.S., Perakis S.S., Peri P.L., Quesada C.A., Richter A., Schipper L.A., Stevenson B.A., Turner B.L., Viani R.A.G., Wanek W., Zeller B. 2015. Convergence of soil nitrogen isotopes across global climate gradients. *Scientific Report* (5): 8280.

DeNiro, M. J., Epstein S. 1976. You are what you eat (plus a few ‰): the carbon isotope cycle in food chains. *Geological Society of America Annual Meeting* 8: 834–835.

DeNiro, M.J., Epstein S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 341–351.

Ehleringer J.R., Casale J.F., Lott M.J., Ford V.L. 2000. Tracing the geographical origin of cocaine. *Nature* 408: 311–312.

Ehleringer J.R., Bowen G.J., Chesson L.A., West L.A., Podlesak D., Cerling, T.E. 2008. Hydrogen and oxygen isotope ratios in human hair are relate to geography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 2788-2793.

Ehleringer J.R., Chesson L.A., Valenzuela L.O., Tipple B.J., Martinelli L.A. 2015. Stable Isotopes Trace the Truth: From Adulterated Foods to Crime Scenes. *Elements* 11: 259–264.

- Elliott E.M., Kendall C., Wankel S.D., Burns D.A., Boyer E.W., Harlin K., Bain D.J., Butler T.J. 2007. Nitrogen Isotopes as Indicators of NO_x Source Contributions to Atmospheric Nitrate Deposition across the Midwestern and Northeastern United States. *Environmental Science and Technology* 41(22): 7661–67.
- Fry B. 2006. *Stable isotope ecology*. New York, NY, USA, Springer.
- García-Pérez B., Hobson K.A. 2014. A Multi-Isotope ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) Approach to Establishing Migratory Connectivity of Barn Swallow (*Hirundo rustica*). *Ecosphere* 5(2): 1–12.
- Guaraldo A.C., Kelly J.F., Marini M.A. 2016. Contrasting annual cycles of an intratropical migrant and a tropical resident bird. *Journal of Ornithology* 157: 695-705.
- Guler A., Kocaokutgen H., Garipoglu A.V., Onder H., Ekinici D., Biyik S. 2014. Detection of adulterated honey produced by honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies fed with different levels of commercial industrial sugar (C3 and C4 plants) syrups by the Carbon isotope ration analysis. *Food Chemistry* 155: 155–160.
- Hobson K.A., Barnett-Johnson R., Cerling T. 2010. Using Isoscapes to Track Animal Migration. In: West J.B., Bowen G.J., Dawson T.E., Tu K.P. (eds) *Isoscapes: understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping*. Springer, Dordrecht, Germany, pp 179–193.
- Hobson K.A., Clark R.G. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues. *The Condor* 94: 181–188.
- Hobson K.A., Van Wilgenburg S.L., Wassenaar L.I., Powell R.L., Still C.J., Craine J.M. 2012. A multi-isotope ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) feather isoscape to assign afrotropical migrant birds to origins. *Ecosphere* 3(5): 1–20.
- Hobson K.A., Van Wilgenburg S.L., Wesolowski T., Maziarz M., Bijlsma R.G., Grendelmeier A., Mallord J.W. 2014. A Multi-Isotope ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$,

$\delta^{15}\text{N}$) Approach to Establishing Migratory Connectivity in Palearctic-Afrotropical Migrants: An Example Using Wood Warblers *Phylloscopus Sibilatrix*. *Acta Ornithologica* 49(1): 57–69.

Inacio C.T., Chalk P.M., Magalhães A.M.T. 2013. Principles and Limitations of Stable Isotopes in Differentiating Organic and Conventional Foodstuffs: 1. Plant Products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI:10.1080/10408398.2012.689380.

Lamb A.L., Evans J.E., Buckley R., Appleby J. 2014. Multi-isotope analysis demonstrates significant lifestyle changes in King Richard III. *Journal of Archaeological Science* 50: 559-565.

MacAvoy S.E., Arneson L.S., Bassett E. 2006. Correlation of metabolism with tissue carbon and nitrogen turnover rate in small mammals. *Oecologia* 150: 190–201.

Mardegan S.F., Andrade T.M.B., Neto E.R.D., Vasconcellos E.B.D., Martins L.F.B., Mendonça T.C., Martinelli L.A. 2013. Stable carbon isotopic composition of Brazilian beers—A comparison between large- and small-scale breweries. *Journal of Food Composition and Analysis* 29(1): 52-57.

Martinelli L.A., Piccolo M.C., Townsend A.R., Vitousek P.M., Cuevas E., McDowell W., Robertson G.P., Santos O.C., Treseder K. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry* 46: 45–65.

Nardoto G.B., Murrieta R.S.S., Prates L.H.G., Adams C., Garavello M.E.P.E., Schor T., de Moraes A., Rinaldi F.D., Gragnani J.G., Moura E.A.F., Duarte-Neto P.J., Martinelli L.A. 2011. Frozen Chicken for Wild Fish: Nutritional Transition in the Brazilian Amazon Region Determined by Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratios in Fingernails. *American Journal of Human Biology* 23: 642-650.

Nardoto G.B., Silva S., Kendall C., Ehleringer J.R., Chesson L.A., Ferraz E.S.B., Moreira M.Z., Ometto J.P.H.B., Martinelli L.A. 2006a.

Geographical patterns of human diet derived from stable-isotope analysis of fingernails. *American Journal of Physical Anthropology* 131:137–146.

Nardoto G.B., Godoy P.B., Ferraz E.S.B., Ometto J.P.H.B., Martinelli L.A. 2006b. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and swine tissues. *Scientia Agricola* 63: 579–582.

Pekarsky S., Angert A., Haese B., Werner M., Hobson K.A., Nathan R. 2015. Enriching the isotopic toolbox for migratory connectivity analysis: a new approach for migratory species breeding in remote or unexplored areas. *Diversity and Distributions* 21: 416–427.

Powell R.L., Yoo E., Still C.J. 2012. Vegetation and Soil Carbon-13 Isoscapes for South America: Integrating Remote Sensing and Ecosystem Isotope Measurements. *Ecosphere* 3: 1–25.

Rundel C.W., Wunder M.B., Alvarado A.H., Ruegg K.C., Harrigan R., Schuh A., Kelly J.F., Siegel R.B., Desante D.F., Smith T.B., Novembre J. 2013. Novel statistical methods for integrating genetic and stable isotope data to infer individual-level migratory connectivity. *Molecular Ecology* 22:4163–4176.

Schwarcz H.P., White C.D. 2004. The grasshopper or the ant? Cultigen-use strategies in ancient Nubia from C-13 analyses of human hair. *Journal of Archaeological Science* 31: 753–762.

Shibuya E.K., Sarkis J.E.S., Negrini-Neto O., Martinelli L.A. 2007. Carbon and nitrogen stable isotopes as indicative of geographical origin of marijuana samples seized in the city of São Paulo (Brazil). *Forensic Science International* 167(1): 8-15.

Sponheimer, M., Robinson T., Ayliffe L., Passey B., Roeder B., Shipley L., Lopez E., Cerling T., Dearing D., Ehleringer J. 2003. An experimental study of carbon-isotope fractionation between diet, hair, and feces of mammalian herbivores. *Canadian Journal of Zoology* 81: 871–876.

Still C.J., Powell R.L. 2010. Continental-scale distributions of vegetation stable carbon isotope ratios. In: West J.B., Bowen G.J.,

- Dawson T.E., Tu K.P. (eds) *Isoscapes: understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping*. Springer, Dordrecht, Germany, pp 179–193.
- Sullivan A.R., Bump J.K., Kruger L.A., Peterson R.O. 2012. Bat-Cave Catchment Areas: Using Stable Isotopes (δD) to Determine the Probable Origins of Hibernating Bats. *Ecological Applications* 22(5): 1428–34.
- Terzer S., Wassenaar L.I., Araguás-Araguás L.J., Aggarwal P.K. 2013. Global isoscapes for $\delta^{18}O$ and δ^2H in precipitation: improved prediction using regionalized climatic regression models. *Hydrology and Earth System Sciences* 17: 4713–4728.
- Thompson A.H., Wilson A.S., Ehleringer J.R. 2014. Hair as a geochemical recorder: ancient to modern. In: Holland H.D., Turekian K.K. (eds) *Treatise of Geochemistry. Volume 14: Archaeology and Anthropology*. Elsevier, London, pp 371–393.
- Tieszen L.L., Boutton T.W., Tesdahl K.G., Slade N.A. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal-tissues – implications for delta-C-13 analysis of diet. *Oecologia* 57: 32–37.
- Valenzuela L.O., Chesson L.A., Bowen G.J., Cerling T.E., Ehleringer J.R. 2012. Dietary heterogeneity among western industrialized countries reflected in the stable isotope ratios of human hair. *PlosOne* 7: e34234.
- Valley J.W., Cole D.R. 2001. Stable Isotope Geochemistry. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry* 43: 1–662.
- Vander Zanden H.B., Wunder M.B., Hobson K.A., Van Wilgenburg S.L., Wassenaar L.I., Welker J.M., Bowen G.J. 2014. Contrasting Assignment of Migratory Organisms to Geographic Origins Using Long-Term versus Year-Specific Precipitation Isotope Maps. *Methods in Ecology and Evolution* 5(9): 891–900.
- Waters W.W., Tharp B.D., Fang B.D., Kozak B.J., Michalski G. 2015. Nitrogen isotope composition of thermally produced NO_x from various

fossil-fuel combustion sources. *Environmental Science & Technology* 49: 11363–11371.

Zhang L., Kujawinski D.M., Federherr E., Schmidt T.C., Jochmann M.A. 2012. Caffeine in your drink: natural or synthetic? *Analytical Chemistry* 84: 2805–2810.

Maus-Tratos a Animais

Sérvio Túlio Jacinto Reis¹

Os movimentos de proteção dos animais iniciaram-se em 1822, quando a Inglaterra aprovou o *British Cruelty to Animal Act*. Em seguida a Alemanha editou suas normas contra os maus-tratos em 1838, e a Itália, em 1848. Em 1911, novamente a Inglaterra inova ao prever a proteção dos animais contra atos humanos através do *Protection of Animals Act*. O Brasil aparece em seguida, ao editar o Decreto 16.590, de 1924, e, uma década depois, o Decreto-Lei 24.645/34. Em 1940, a União Pan-Americana Promulga a Convenção Americana para Proteção da Fauna e da Flora, para, então, em 1966, os Estados Unidos editarem o *Animal Welfare Act* (Rodrigues, 2008).

A Lei 9.605/1998, Lei de Crimes Ambientais, em seu Artigo 32, tipifica como crime a prática de abuso, maus-tratos, ferir ou mutilar animais silvestres, domésticos ou domesticados, nativos ou exóticos,

1 Polícia Federal - Setor Técnico-Científico do Paraná.

tendo como pena a detenção de três meses a um ano, além da multa. Em caso de morte do animal a pena ainda pode ser aumentada de um terço a um sexto.

Maus-tratos podem ser definidos como as ações diretas ou indiretas caracterizadas por negligência, abuso ou agressão ou qualquer outra forma de ameaça ao bem-estar de um indivíduo. Depreende-se da legislação que o crime de maus-tratos se origina tanto de uma ação como de uma omissão, ou seja, negligência. As necessidades, as quais constituem a base para a negligência, podem ser físicas ou psicológicas, de forma que podem existir os dois tipos de negligência, a física e a emocional (McMillan, 2005).



Figura 1: Suínos em alojamento em condições de higiene e espaço inadequados. (Foto: Sérgio T. J. Reis)

De acordo com Munro e Munro (2008), os maus-tratos podem ter caráter intencional ou não intencional. Os autores sugerem a classificação em maus-tratos de ordem física, sexual, psicológica e de negligência, fazendo ainda um paralelo com maus-tratos a crianças. Essa modalidade criminosa difere de outros crimes, uma vez que tem como objeto primário os animais, os quais, caso estejam vivos, precisam ser alojados, alimentados e cuidados, muitas vezes por longos períodos (Lockwood, 2006). Isso implica em diversas responsabilidades quando da apreensão dos animais, considerando sua adequada destinação e cuidados. Na Tabela 1 é apresentada a classificação descrita por McMillan (2005) das situações de maus-tratos contra animais.

Tabela 1 - Classificação de maus-tratos a animais proposta por McMillan (2005).

	Negligência (passivo)	Abuso e agressão (ativo)
Psicológica	Fornecimento inadequado de: <ul style="list-style-type: none"> • Segurança • Controle • Companhia social, amor e afeto • Estimulação mental • Liberdade de movimento 	<ul style="list-style-type: none"> • rejeitar • aterrorizar • insultar • isolar • abandonar
Física	Fornecimento inadequado de: <ul style="list-style-type: none"> • Água limpa • Quantidades adequadas de uma alimentação balanceada • Abrigo e proteção de condições ambientais adversas • Cuidados sanitários • Higiene e limpeza • Descanso e possibilidades de dormir 	<ul style="list-style-type: none"> • atacar verbalmente ou fisicamente • queimar • envenenar • ferir com arma de fogo • mutilar • afogar • sufocar • abandonar • causar excessiva restrição de movimento; impossibilitar exercício adequado • transportar (sem proteção e com sobrecarga) • exigir trabalho excessivo • provocar brigas (rinhas) • cometer bestialidade • infligir trauma genital/sexual

A Medicina Veterinária Legal pode ser conceituada como a especialidade veterinária que trata da aplicação dos conhecimentos próprios da medicina veterinária, aos fins do Direito e da Justiça. Um dos grandes desafios da Medicina Veterinária Legal é o desenvolvimento de ferramentas e protocolos que permitam a caracterização de casos de maus-tratos aos animais de maneira segura e eficaz. O exame clínico, o diagnóstico e o tratamento de qualquer doença exigem do médico veterinário conhecimentos técnicos sobre a patologia animal, anatomia, fisiologia, etologia (estudo do comportamento animal), terapêutica, entre outros, sendo que tais conhecimentos são de grande relevância para as investigações médico-legais. O desenvolvimento de novas técnicas periciais tem permitido a aplicação de metodologias avançadas no diagnóstico para a caracterização de maus-tratos, representando ganho de qualidade na análise técnico-científica de crimes contra a fauna.

Os exames podem ser realizados no curso de investigações relacionadas ao tráfico de animais silvestres, comércio e guarda ilegal de animais, laboratórios de experimentação animal, biotérios, uso de animais para fins didáticos, zoológicos, circos, rodeios, rinhas de cães, galos, canários, e muitos outros.



Figura 2 - Cães em más condições nutricionais, sem abrigo ou superfície de descanso adequados.

(Foto: Sérgio T. J. Reis)

Os principais exames de Medicina Veterinária Legal relacionados à investigação de casos de maus-tratos a animais incluem, entre outros:

- a) Exame físico de animais vivos – verificação da existência de lesões e traumas, caracterização das lesões e respectivos agentes vulnerantes;
- b) Necropsia – exame de cadáveres para determinação da causa da morte, tempo de morte, suas lesões e respectivos agentes vulnerantes;
- c) Bem-estar animal – determinação do grau de bem-estar animal no ambiente em que está alojado (residências, fazendas, lojas, zoológicos etc.), visando à investigação da ocorrência de maus-tratos;

- d) Toxicologia – investigação de envenenamentos intencionais ou acidentais. Identificação e quantificação dos efeitos prejudiciais associados a produtos tóxicos.

No contexto das investigações dos crimes de maus-tratos a animais, dois ramos do conhecimento apresentam-se como protagonistas: a Patologia Veterinária e a Ciência do Bem-Estar Animal.

Patologia Veterinária Forense

Denomina-se Patologia Veterinária Forense o ramo da Medicina Veterinária Legal que trata do emprego dos conhecimentos e técnicas da patologia veterinária para fins judiciais. Nesse contexto, os estudos da traumatologia e da tanatologia revestem-se de grande importância. Enquanto a traumatologia ocupa-se do estudo das lesões e respectivos agentes vulnerantes, a tanatologia envolve o estudo da morte e dos fenômenos cadavéricos (Bandarra e Sequeira, 1999).

De acordo com Bittar (2015), trauma é o resultado da atuação de uma energia externa sobre o indivíduo, com intensidade suficiente para provocar desvio perceptível da normalidade ou apenas alterar o funcionamento do organismo. Lesão é a alteração estrutural visível resultante de agressão ao organismo, independentemente da causa. As diversas formas de lesões estão relacionadas com as diferentes energias vulnerantes a que um corpo está sujeito (França, 2014).

Para França (2014), essas energias dividem-se em:

- Mecânica: lesões produzidas por ações perfurante, cortante, contundente, perfuro cortante, perfuro contundente e corto contundente.
- Física: temperatura, pressão atmosférica, eletricidade, radioatividade, luz e som.
- Química: cáusticos, venenos.
- Físico-química: asfixias.



Figura 3 - Ferida contusa em olho de tico-tico-rei fêmea (*Lanio cucullatus* – Statius Muller, 1776).

(Foto: Sérgio T. J. Reis)

A correta caracterização de traumas e lesões é de grande importância não apenas para as conclusões quanto à ocorrência de maus-tratos, mas também para a determinação dos respectivos agentes vulnerantes e identificação de possíveis autores da agressão.

Quando o crime envolve a morte de animais, entretanto, além dos exames visando a identificação das espécies há também a necessidade de realização de exames necroscópicos, complementados por exames laboratoriais conforme o caso (Reis, 2014). Nesses casos o estudo da tanatologia assume maior relevância, uma vez que os fenômenos cadavéricos podem influenciar as conclusões dos exames em razão das alterações teciduais.



Figura 4 - Papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*) morto em consequência de manejo inadequado.

(Foto: Sérgio T. J. Reis)

Exames *post-mortem* de animais, para fins legais, tem se tornado muito comuns. São necessários procedimentos especiais durante essas necropsias para assegurar que a informação coletada possa ser utilizada

com propósitos forenses. Especial atenção deve ser dada à cadeia de custódia² quando os espécimes são recebidos e em todos os procedimentos subsequentes, de modo que a identidade do espécime e as informações resultantes da necropsia não sejam questionadas. O laudo da necropsia deve ser detalhado, claro e, sempre que possível, escrito em linguagem não técnica. Todos os vestígios devem ser fotografados, com escala e etiqueta de referência. Devem-se tomar cuidados especiais com a coleta de vestígios como projéteis de arma de fogo, substâncias tóxicas e material para análise de DNA, e também com a remessa desses vestígios para exames laboratoriais (Wobeser, 1996). Antes do início da necropsia, é recomendável, sempre que possível, a realização de exames radiográficos do cadáver, que poderão auxiliar na localização de vestígios como projéteis de arma de fogo e suas trajetórias, fraturas, corpos estranhos etc. Através de uma necropsia criteriosa pode-se responder questões relacionadas a:

- a) Determinação da causa da morte – doença, lesão ou anormalidade que sozinha ou em combinação é responsável pelo início da sequência de perturbações funcionais que levaram à morte;
- b) Determinação do mecanismo da morte – mudança estrutural ou funcional que tornou a vida independente não mais possível;
- c) Determinação da maneira da morte – meio através do qual a causa da morte ocorreu;
- d) Determinação do intervalo pós-morte (cronotanatognose) – tempo transcorrido desde a morte do animal.

2 Processo de documentar a história cronológica de um vestígio, visando assegurar a sua rastreabilidade através do registro de todos que tiverem acesso a esse vestígio.

Além disso, de acordo com Cooper e Cooper (2007), os exames *post mortem* podem também trazer informações valiosas sobre morfometria, peso dos órgãos e sobre características dos tecidos.

Para minimizar as alterações teciduais decorrentes do processo de decomposição cadavérica é necessária a correta preservação do cadáver por meio do resfriamento, o que não vai impedir a autólise e putrefação, mas irá retardar tais processos. O resfriamento obtido em geladeiras comuns ou câmaras frias é indicado para casos em que a necropsia será realizada no mesmo dia da morte ou em até 24 horas depois. Recomenda-se o resfriamento em detrimento do congelamento, uma vez que esse último lesa muito mais a estrutura celular por romper as membranas celulares, dificultando o diagnóstico histopatológico (Matushima, 2007).

Cabe ressaltar que a identidade e a identificação dos animais ou partes de animais examinados são essenciais para a punição do autor do crime de acordo com a legislação vigente. Os conhecimentos de zoobiologia são fundamentais para auxiliar esse processo (Tremori et al., 2014).

Bem-Estar Animal

A Ciência do Bem-Estar Animal, por sua vez, fornece as bases necessárias ao entendimento dos diversos contextos nos quais os animais estão inseridos, permitindo a análise de fatores ambientais, estado nutricional, sanidade, sociabilização, estresse e comportamento.

De acordo com Broom e Molento (2004), bem-estar deve ser definido de forma que permita pronta relação com outros conceitos, tais como: necessidades, liberdade, felicidade, adaptação, controle, capacidade

de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde. O bem-estar de um indivíduo é seu estado em relação às suas tentativas de adaptar-se ao seu ambiente (Broom, 1986). Esta definição refere-se a uma característica do indivíduo em um dado momento. O conceito refere-se ao estado de um indivíduo em uma escala variando de muito bom a muito ruim. Trata-se de um estado mensurável e qualquer avaliação deve ser feita independente de considerações éticas.” Por “Trata-se de um estado mensurável de forma técnica e objetiva, e que pode ser avaliado independentemente de julgamentos subjetivos (éticos, morais, etc.) do avaliador. Ao se considerar como avaliar o bem-estar de um indivíduo, é necessário um bom conhecimento de etologia e da biologia do animal.

O Protocolo de Perícia em Bem-Estar Animal – PPBEA (Hammerschmidt 2012) consiste em uma metodologia que permite a investigação de casos de maus-tratos baseando-se no conceito das Cinco Liberdades (Fawc, 1993). As liberdades sugerem o estado ideal de um indivíduo por meio de padrões aceitáveis dos elementos listados e formam uma estrutura lógica, prática e ampla para análise de bem-estar dentro de qualquer sistema de manutenção de animais. As Cinco Liberdades são:

- 1. Liberdade Comportamental:** O animal deve estar livre para expressar o seu comportamento natural por meio do uso dos recursos ambientais, espaço adequado para as atividades inerentes a espécie, facilidade de contato social com outros animais e possibilidade de praticar atividade lúdica.
- 2. Liberdade Ambiental:** O animal deve estar livre de desconforto. Pode ser avaliada por meio de informações do ambiente, como presença de abrigo e superfícies de contato com o animal. A manutenção

dos animais expostos ao sol, chuva, calor ou frio excessivos faz com que os mesmos se tornem extremamente suscetíveis a um estado permanente de estresse, desencadeando alterações fisiológicas de adaptação e predispondo os animais a enfermidades.

3. **Liberdade Sanitária:** O animal deve estar livre de dor, doenças e ferimentos por meio de informações de avaliação física. Relaciona-se com um conjunto de parâmetros fisiológicos como coloração de mucosas, frequência respiratória, presença de secreções, presença de ferimentos, claudicação etc.
4. **Liberdade Nutricional:** O animal deve estar livre de fome, sede e subnutrição. Trata-se da disponibilidade de água e comida, a frequência de hidratação e alimentação, higiene de bebedouros e comedouros e escore corporal.
5. **Liberdade Psicológica:** O animal deve estar livre de medo e de estresse. A liberdade psicológica refere-se à reatividade do animal ao ambiente e às pessoas, demonstração de medo, atitude do animal na presença de humanos, demonstração de apatia ou agressividade, entre outros.

Com base nas Cinco Liberdades, são avaliados diversos indicadores que representam as esferas física, comportamental e psicológica do bem-estar animal. Os indicadores são diretos, de observação do animal, como quesitos fisiológicos e comportamentais, e indiretos, como observações do meio ambiente e seus recursos. Os quatro conjuntos de indicadores que compõem o PPBEA são (1) nutricionais, (2) de conforto, (3) de saúde e (4) comportamentais, que são classificados em inadequados, regulares e adequados, de acordo com os critérios adotados para cada caso concreto.

As classificações dos conjuntos de indicadores são então integradas em um único resultado, permitindo que se estabeleça o grau final de bem-estar. Graus de bem-estar baixo e muito baixo são compatíveis com a ocorrência de maus-tratos (Hammerschmidt, 2014).

Os resultados permitem uma correlação entre o grau de bem-estar e a ocorrência de maus-tratos. Isso é possível através do estudo de indicadores para prevenção primária de crime de maus-tratos a animais (Hammerschmidt, 2014).

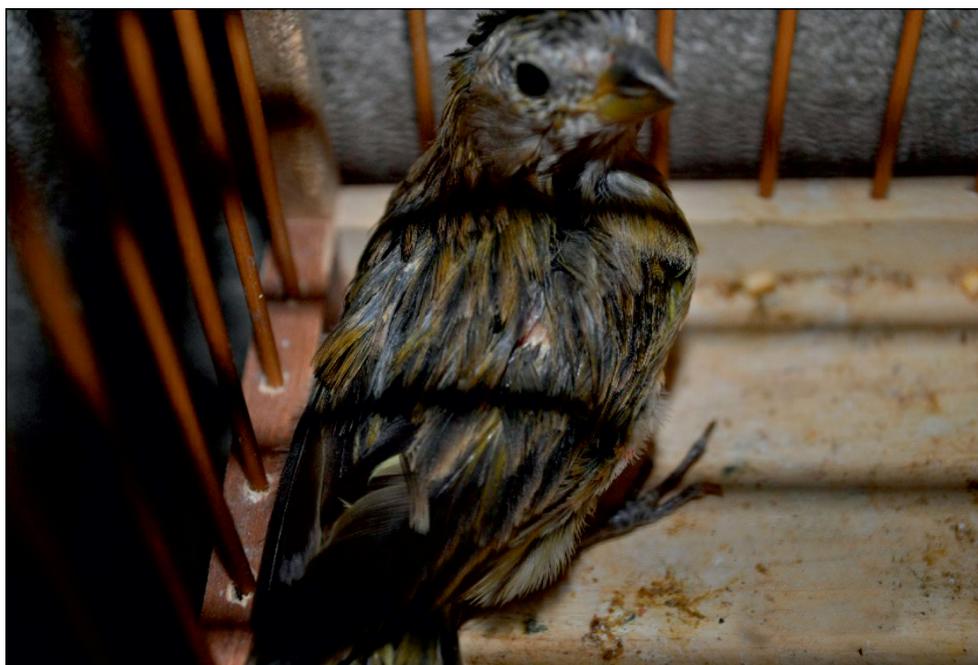


Figura 5 - Pixoxó (*Sporophila frontalis*) com deficiência nutricional, apresentando penas eriçadas, sem brilho e quebradiças.

(Foto: Sérgio T. J. Reis)

Diante dos enormes desafios das investigações dos crimes contra a fauna no Brasil, torna-se necessária a adequada capacitação de todos os profissionais que têm, entre as suas atribuições: a fiscalização ou investigação

das ocorrências de maus-tratos a animais. Tal capacitação torna-se ainda mais relevante diante do texto do Artigo 32 da Lei 9.605/98, que não apresenta de forma explícita todas as condutas que podem ser enquadradas como maus-tratos, como por exemplo, as negligências física e psicológica. A aplicação de protocolos preliminares pode ser de grande auxílio na identificação de casos concretos, embasando a tomada de decisão das autoridades, inclusive com a requisição da atuação de médicos veterinários nos casos que requeiram conhecimento especializado na área.

Projeto Fauna Legal

Com o objetivo de estimular a realização de projetos conjuntos de pesquisa, possibilitando a produção de conhecimento científico e formação de recursos humanos pós-graduados em Ciências Forenses, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), lançou o Programa Ciências Forenses (Pró-Forenses)³, cujo edital de fomento selecionou vinte projetos de pesquisa em todo o Brasil. A concepção do programa contou com o incentivo da Academia Brasileira de Ciências Forenses (ABCF).

O Projeto Fauna Legal, um dos selecionados pelo programa, é resultado de uma parceria entre UNESP, UFPR, UFRPE, USP, Polícia Ambiental do Estado de São Paulo e Polícia Federal, constituindo-se em uma iniciativa de pesquisa científica em Medicina Veterinária Legal sem precedentes no país. A iniciativa conta com o apoio da Associação Brasileira de Medicina Veterinária Legal (ABMVL) e abordará uma das

³ Acessível em <http://www.capes.gov.br/bolsas/programas-especiais/programa-ciencia-forenses-pro-forenses>.

principais demandas para Peritos Médicos Veterinários: a investigação forense de casos de maus-tratos aos animais. O projeto tem como meta o desenvolvimento e aperfeiçoamento de protocolos forenses prontamente aplicáveis nessas investigações.

Tudo isso torna evidente o interesse crescente da sociedade pela repressão aos crimes contra os animais.

Referências

- Bandarra E.P., Sequeira J.L. 1999a. Tanatologia: fenômenos cadavéricos transformativos. *Revista de Educação continuada do CRMV/SP*, 2 (3): 72-76.
- Bandarra E.P., Sequeira J.L. 1999b. Tanatologia: fenômenos cadavéricos abióticos. *Revista de Educação continuada do CRMV/SP*, 2 (1): 59 – 63.
- Bittar, N. 2015. *Medicina Legal e Noções Criminalística*. 4ª Ed, São Paulo, Juspodivm. São Paulo, 360p.
- Brasil. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, Senado, 1988.
- Brasil. 1998. Lei Federal nº 9.605: Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 31(I): 122.
- Broom D. M. 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142 (6): 524-526.
- Broom D. M., Molento C. F. M. 2004. Bem-estar animal: conceitos e questões relacionadas – revisão. *Archives of Veterinary Science* 9 (2): 1-11.
- FAWC - Farm Animal Welfare Council. 1993. *Second report on priorities for research and development in farm animal welfare*. London:

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

Hammerschmidt J. 2012. *Desenvolvimento e aplicação de perícia em bem-estar animal*. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 138 p.

Hammerschmidt J. 2014. Protocol for expert report on animal welfare in case of companion animal cruelty suspicion. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 51 (4): 282-296.

Lockwood R. 2006. *Animal Cruelty Prosecution: Opportunities for Early Response to Crime and Interpersonal Violence*. Alexandria, American Prosecutors Research Institute.

Matushima E. R. Técnicas Necroscópicas. In: Cubas Z.S., Silva J. C. R., Catão-Dias J. L. 2007. *Tratado de Animais Selvagens: Medicina Veterinária*. 1ª ed. São Paulo: Roca, p. 980-990

McMillan F.D. 2005. Emotional maltreatment in animals. In: McMillan F.D. *Mental health and well-being in animals*. Oxford, Blackwell Publishing.

Munro R., Munro H. M. C. 2008. *Animal abuse and unlawful killing: forensic veterinary pathology*. Edinburg, Saunders Elsevier.

Reis S.T.J. 2014. *Aspectos legais, sócio-ambientais e éticos da criação comercial de animais silvestres no Brasil*. Dissertação de mestrado, UFSC.

Rodrigues D.T. 2008. O direito e os animais, uma abordagem ética, filosófica e normativa. 2ª ed. Curitiba, Juruá.

Tremori T.M., Slowinski K., Montanha F.P., Rocha N.S., Reis S.T.J. 2014. Determining Identification by Veterinary Forensics Zoology in a Paca (*Paca cuniculus*). *Source Journal of Veterinary Science* 1(1).

Wobeser G. 1996. Forensic (medico-legal) necropsy of wildlife. *Journal of Wildlife Diseases* 32(2).

Identificação Genética de Espécies Animais

Carlos Benigno Vieira de Carvalho¹

A caça para consumo e o tráfico de animais silvestres ou dos produtos deles derivados, muitos deles protegidos por leis ou tratados internacionais, ameaçam a sobrevivência das populações naturais (Robinson *et al.*, 1999; Alacs e Georges 2008). Estimativas sugerem que o tráfico de animais silvestres no Brasil movimenta cerca de um bilhão de dólares por ano e esteja fortemente ligado ao crime organizado (Rencas, 2001).

A Legislação Brasileira vigente protege a fauna silvestre e, de acordo com a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, é considerado crime matar, perseguir, caçar, apanhar ou utilizar espécimes nativos ou em rota migratória, sem a devida autorização (Brasil, 1998). Entretanto, para que algumas condutas delituosas sejam caracterizadas e os eventuais culpados possam ser punidos, a identificação inequívoca da espécie animal que originou o material suspeito é essencial.

1 Área de Perícias em Genética Forense, Diretoria Técnico Científica, Polícia Federal

A morfologia é o método tradicionalmente utilizado para a identificação de espécies e taxonomia (Pereira *et al.*, 2008; Alacs *et al.*, 2009). O tamanho, a forma e outras estruturas presentes nos corpos dos animais podem ser utilizados para identificar a espécie na maior parte dos casos. Entretanto, em algumas situações que envolvem o exame de espécies crípticas, imaturos, partes ou produtos de origem animal, tais características não estão presentes, impedindo a identificação morfológica (Pereira *et al.*, 2008; Frézal e Leblois 2008). Nestes casos, métodos moleculares baseados no DNA, podem ser utilizados para determinar a espécie de origem do material examinado.

O DNA é uma molécula extremamente estável, informativa, de longa duração e está presente em, virtualmente, todos os tecidos de origem biológica, podendo ser recuperado de uma grande variedade de substratos, até mesmo aqueles bastante danificados (Pereira *et al.*, 2008). Na literatura científica podem ser encontrados inúmeros exemplos da aplicação forense de técnicas baseadas no DNA para a identificação de animais, inclusive no Brasil (Sanches *et al.*, 2012; Carvalho 2012; Carvalho e Freitas 2013). Este capítulo tem como objetivo apresentar detalhes da técnica mais utilizada, atualmente, para a identificação genética de espécies animais.

Identificação genética

O DNA, ou ácido desoxirribonucleico, é a molécula que contém as informações genéticas responsáveis pela coordenação do desenvolvimento e funcionamento de quase todos os seres vivos. Trata-

se de uma molécula bastante simples, sendo composta basicamente de duas longas cadeias complementares de nucleotídeos (que podem ser representados pelas diferentes bases A, T, C e G), enroladas ao redor uma da outra, em um processo chamado hibridização (Butler, 2010). Grande parte do DNA de indivíduos pertencentes à mesma espécie é igual, sendo que a pequena diferença observada entre eles é chamada de variação intraespecífica. Já a diferença existente entre espécies distintas, que tende a ser menor entre aquelas mais próximas ou que se diferenciaram há pouco tempo, é chamada de variação interespecífica.

A técnica mais utilizada atualmente para a identificação molecular de espécies animais é o sequenciamento do DNA. A técnica se baseia no fato de que algumas regiões do DNA, denominadas marcadores, são exclusivas para cada espécie, podendo ser sequenciadas (ou “lidas”) e comparadas com sequências de identidade conhecida. Idealmente, testes para identificação de espécies devem focar em marcadores que apresentem pouca ou nenhuma variação intraespecífica e variação interespecífica suficiente que permita diferenciar espécies, mesmo aquelas muito próximas (Linacre, 2009). Por uma série de razões, discutidas a seguir, marcadores de DNA mitocondrial têm sido frequentemente utilizados para a identificação de espécies.

O DNA mitocondrial é uma pequena molécula circular (16.569 pares de bases em humanos), localizada no interior das mitocôndrias em múltiplas cópias. As mitocôndrias são organelas envolvidas na produção de energia e estão presentes no citoplasma da maior parte das células animais. Diferentemente do DNA nuclear, que é herdado de ambos os pais, o DNA mitocondrial é normalmente herdado apenas da mãe sem

sofrer recombinação. Isso significa que na ausência de mutações, todos os membros de uma mesma linhagem materna vão apresentar o mesmo tipo de DNA mitocondrial (Holland e Parsons, 1999, Pakendorf e Stoneking, 2005).

Quando comparado ao DNA nuclear, o DNA mitocondrial apresenta algumas vantagens ao se trabalhar com amostras de difícil análise (Holland e Parsons, 1999). O alto número de cópias do DNA mitocondrial por célula aumenta a sensibilidade do exame e é bastante útil quando existe uma pequena quantidade de material ou o DNA se encontra degradado (Wilson *et al.*, 1995; Bender *et al.*, 2000). Além disso, devido à ausência de enzimas corretoras, o DNA mitocondrial apresenta elevadas taxas de mutação, fazendo com que, mesmo espécies muito próximas, acumulem diferenças que permitam distingui-las (Budowle *et al.*, 2003, Linacre e Tobe 2011).

Diversas regiões do DNA mitocondrial, ou marcadores, são de interesse na identificação de espécies animais. Tais marcadores são adequados por apresentar diferenças suficientes para a separação de espécies, tamanho pequeno, o que facilita o sequenciamento, e possuir regiões de ligação conservadas, o que permite o uso de *primers* universais para a análise de materiais de origem desconhecida (Ferri *et al.*, 2009). *Primers*, ou iniciadores específicos, são pequenos fragmentos de DNA que se ligam à fita molde e delimitam a região de interesse que será amplificada. Os marcadores de DNA mitocondrial mais comumente utilizados, para a identificação animal, são regiões dos genes citocromo b (*Cyt b*) e da subunidade I da citocromo c oxidase (*COI*) (Alacs *et al.*, 2009).

Amostras de referência e bancos de dados

Tendo em vista que os exames de DNA são comparativos, para que se tenha algum resultado devem existir sequências para confronto com aquelas obtidas a partir do material questionado. Tais sequências podem ser obtidas de amostras de referência ou estar depositadas em bancos de sequências de identidade conhecida, importante quando não se tem nenhuma ideia da origem do material a ser examinado. Neste último caso, a sequência questionada é confrontada com aquelas depositadas em bancos de dados por meio de ferramentas de busca informatizadas, resultando na apresentação daquelas sequências com maior similaridade.

Atualmente existem dois grandes bancos de dados cujo acesso é público. O primeiro deles é o *GenBank* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), um grande banco de dados de informações genéticas mantido pelo NCBI (*National Center for Biotechnological Information*). Consultas e depósitos de qualquer tipo de informação genética são permitidos ao público em geral e, sendo assim, embora o volume de informações existentes seja imenso, podem haver alguns problemas com relação à confiabilidade de alguns dados depositados. Outro banco de dados disponível para consultas é o *Barcode of Life Database* ou *BOLD* (<http://www.boldsystems.org/>). Trata-se de um banco de dados criado como parte um sistema universal baseado em sequências de aproximadamente 650 pb da subunidade I do gene mitocondrial citocromo c oxidase (*COI*) para catalogar e identificar espécies animais, denominado *DNA Barcoding* (Herbert *et al.*, 2003, Herbert et al 2003, Ratnasingham e Herbert 2007). Embora a consulta às sequências depositadas no *BOLD* seja pública, apenas instituições

cadastradas podem efetuar o depósito das mesmas, que devem ter a sua origem comprovada por taxonomistas e observar uma série de requisitos de qualidade antes de serem aceitas.

Etapas para a realização de exames de identificação de espécies animais por meio do sequenciamento de DNA mitocondrial

Amostragem e encaminhamento para o laboratório

Normalmente um pequeno fragmento de tecido muscular, ou outro substrato biológico, é suficiente para a realização de exames de identificação animal. O material deve ser coletado com cuidados, evitando-se regiões do material que apresentem indícios de degradação ou que entraram em contato com outros tecidos biológicos, aumentando-se assim as chances de recuperação de DNA de boa qualidade e não contaminado. Após a coleta o material deve ser preservado em etanol 70%, ou por meio de congelamento, e enviado para análises.

Obtenção do DNA

Existem diversos métodos para obtenção do DNA a partir de tecidos animais. Embora existam diversos *kits* comerciais para este fim, na maioria das situações um protocolo simples baseado na extração por fenol-clorofórmio e purificação alcóolica é suficiente na maioria das situações, tendo a vantagem de apresentar baixo custo (Sambrook *et al.*, 1989). Em alguns casos, dependendo da natureza do material encaminhado para

exames, podem ser necessários protocolos específicos para a extração do DNA.

Amplificação da região de interesse

Por meio de uma reação em cadeia da polimerase (*PCR*) o DNA alvo é amplificado, permitindo a sua detecção e as análises subsequentes. Na reação de *PCR*, entre outros reagentes, utiliza-se a enzima DNA polimerase, dNTPs (desoxirribonucleotídeos), o DNA obtido a partir do material questionado e *primers* para a região de interesse. O material é colocado em um termociclador com parâmetros de ciclagem específicos, tais como número de ciclos e a temperatura de anelamento, resultando ao final em inúmeras cópias do fragmento que será analisado. Se a amplificação for bem-sucedida, o produto de amplificação deve ser purificado por meio de enzimas, removendo o excesso de dNTPs e de *primers*.

Reação de sequenciamento e purificação

As reações de sequenciamento pelo método de Sanger são realizadas em termociclador, usualmente com o auxílio de *kits* comerciais utilizados para este fim. As reações contêm o DNA amplificado, a enzima DNA polimerase, dNTPs, ddNTPs (didesoxinucleotídeos), que são nucleotídeos especiais marcados por fluorescência que interrompem a extensão do DNA quando incorporados às fitas de DNA, os *primers* utilizados na amplificação, além de outros itens necessários à reação de sequenciamento

(ver Butler 2010). As reações são realizadas separadamente no sentido direto e reverso. Ao final da reação de sequenciamento o produto deve ser tratado com enzimas para retirar o excesso de ddNTPs, e posteriormente precipitado e purificado, em um processo que envolve lavagens com álcool, centrifugação e secagem.

Eletroforese em analisador genético e avaliação da qualidade das sequências

O produto de sequenciamento submetido à secagem na etapa anterior deve ser ressuspensão, desnaturado e injetado em um analisador genético. Por meio de eletroforese capilar ocorre a separação por tamanho e a leitura dos ddNTPs marcados por fluorescência, permitindo que um programa de aquisição de dados leia e interprete as sequências (ver Butler 2010). Por meio de outros programas, são produzidas sequências consenso após a leitura das sequências, no sentido direto e indireto, e sua qualidade pode ser avaliada. Devem ser avaliados parâmetros como os valores de qualidade fornecidos pelo programa, baseados na forma e na resolução dos picos da sequência, o tamanho da sequência, ou seja, se a mesma se encontra dentro do esperado e, ainda, a ocorrência de heteroplasmia (leitura de mais de uma base na mesma posição da sequência de DNA). É importante também fazer a tradução da sequência de nucleotídeos em proteína e avaliar divergências existentes, especialmente a presença de códons de terminação estranhos. Códons são sequências de três bases que codificam um determinado aminoácido da sequência de uma proteína.

Comparação com amostras de referência ou bancos de dados

Após a avaliação das sequências, aquelas com qualidade suficiente devem ser exportadas pelo software de análise para comparação com outras sequências. Quando existe uma suspeita da identidade do material, a sequência obtida pode ser confrontada diretamente com uma referência. Outra opção é o confronto com bancos de dados, sendo necessário um criterioso exame dos parâmetros resultantes da busca, especialmente os valores de similaridade. Resultados de similaridade muito baixos, normalmente não possuem nenhum valor na identificação de espécies, sendo meramente ao acaso e resultantes do fato de que grande parte do material genético dos animais ser bastante parecido. Caso a sequência questionada apresente valores de similaridade elevados com relação a uma sequência depositada no banco de dados, digamos 99-100%, existe uma grande possibilidade de que a identificação tenha sido bem-sucedida. A partir da informação obtida, no entanto, deve-se partir para um estudo do *status* taxonômico e das relações filogenéticas do grupo a que pertence a espécie identificada e, ainda, se o marcador genético utilizado permite de fato a diferenciação de espécies do mesmo. Após isso, deve-se avaliar a representatividade do grupo dentro do banco de dados utilizado. Grupos que possuem todas as suas espécies e diversas populações representadas possibilitam uma identificação mais segura, uma vez que grande parte de sua variabilidade foi capturada. De forma inversa, grupos mal representados são um problema, já que não há como saber se uma espécie ausente apresentaria valores de similaridade iguais, ou superiores, ao da espécie que foi associada à sequência questionada.

Na ausência de informações disponíveis na literatura ou para ajudar a subsidiar as conclusões, podem ser realizadas análises adicionais, a exemplo da construção de árvores filogenéticas. Árvores filogenéticas são representações gráficas das relações evolutivas de diferentes organismos, apresentando a ordem em que espécies ou indivíduos se diferenciaram de um ancestral em comum (Linacre, 2009). Existem basicamente duas abordagens para estimar árvores evolutivas de acordo com o tipo de dados utilizado, o uso de métodos de caráter e de distância. Entendendo-se claramente o funcionamento de cada uma das metodologias utilizadas para estimar árvores, existem programas de computador que permitem realizar todas as etapas das análises sem maiores dificuldades. A escolha do método de construção de árvores é baseada na experiência pessoal, entretanto, caso os dados utilizados sejam robustos, os resultados serão muito similares, independentemente do método utilizado.

Limitações da técnica

O DNA mitocondrial é normalmente herdado do lado materno, o que prejudica a identificação de indivíduos híbridos com o uso de técnicas baseadas nesse tipo de marcador. No caso de um cruzamento entre dois membros de espécies diferentes, a prole resultante possuirá o mesmo tipo de DNA mitocondrial da fêmea e, sendo assim, será identificada como tal.

Algumas espécies muito próximas não são diferenciáveis com certos marcadores. Em algumas situações, espécies que se diferenciaram há muito pouco tempo não acumularam diferenças interespecíficas suficientes para serem discriminadas. Nesses casos é importante consultar a bibliografia

disponível sobre a história evolutiva do grupo e verificar se é possível a utilização de outros marcadores para a sua separação.

As limitações dos bancos de dados podem representar sérios empecilhos para a identificação de espécies. A espécie objeto de estudo pode não estar incluída no banco de dados, ou estar subamostrada, quando apenas poucas sequências de uma espécie com razoável variação intraespecífica estão presentes no banco de dados.

O encaminhamento de material contaminado, composto de misturas de mais de um animal, pode impossibilitar os exames, uma vez que o uso de *primers* universais poderá amplificar todos os componentes presentes. Normalmente, no entanto, quando a proporção de um dos contribuintes é muito maior do que a do (s) outro (s), não há comprometimento da identificação do contribuinte majoritário. Caso ocorram problemas de contaminação, mas exista uma suspeita da identidade do material que está sendo analisado, pode-se utilizar *primers* específicos para a espécie ou grupo alvo. Outra maneira de contornar o problema seria separar o DNA de diferentes fontes no material com o auxílio de protocolos de clonagem (Pereira *et al.*, 2008).

A presença de pseudogenes, que podem ser amplificados simultaneamente ou de forma preferencial, pode prejudicar os exames. Pseudogenes são segmentos de DNA de origem mitocondrial transportados para o núcleo da célula, onde sofrem recombinação e são submetidos a taxas de mutação distintas do segmento de DNA mitocondrial original (Alacs *et al.*, 2009). A presença de códons de terminação estranhos na sequência da proteína, mutações não sinônimas, inserções e deleções, podem ser usados como indicadores para a ocorrência desses pseudogenes.

Referências

- Alacs E., Georges A. 2008. Wildlife across our borders: a review of the illegal trade in Australia. *Australian Journal of Forensic Sciences* 40 (2) 147–160.
- Alacs E., Georges A., FitzSimmons N.N., Robertson, J. 2009. DNA detective: a review of molecular approaches to wildlife forensics. *Forensic Science, Medicine, and Pathology* 6(3): 180–194.
- Altschul S.F., Madden T.L., Schäffer A.A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., Lipman D. J. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 25(17): 3389–3402.
- Bender K., Schneider P. M., Rittner C. 2000. Application of mtDNA sequence analysis in forensic casework for the identification of human remains. *Forensic Science International* 113(1): 103–107.
- Brasil. 1998. Lei Federal nº 9.605 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 31(I): 122.
- Budowle B., Allard M.W., Wilson M.R., Chakraborty R. 2003. Forensics and mitochondrial DNA: applications, debates, and foundations. *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 4(1): 119–141.
- Butler J.M. 2010. Fundamentals of Forensic DNA Typing. Burlington, Academic Press.
- Carvalho C.B.V. 2012. Identificação genética de aves vítimas do tráfico de animais silvestres. *Atualidades Ornitológicas On-Line* 165: 40–44.
- Carvalho C.B.V., Freitas J.M. 2013. The use of DNA barcoding to identify illegally traded shark fins in Brazil. *Saúde, Ética e Justiça* 18(1). 50–54.

- Ferri G., Alu M., Corradini B., Licata M., Beduschi, G. 2009. Species Identification through DNA Barcodes. *Genetic Testing and Molecular Biomarkers* 13(3): 421–426.
- Frézal L., Leblois R. 2008. Four years of DNA barcoding: Current advances and prospects. *Infection, Genetics and Evolution* 8: 727–736.
- Hebert P.D.N., Cywinska A., Ball S. L. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 270(1512): 313–321.
- Hebert P.D.N., Ratnasingham, S., Waard J.R. 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 270(Suppl 1): S96–S99.
- Holland M., Parsons T. 1999. Mitochondrial DNA Sequence Analysis. Validation and Use for Forensic Casework. *Forensic Science Review* 11(1).
- Linacre A. 2009. *Forensic Sciences in Wildlife Investigations*. Boca Raton, CRC Press.
- Linacre A., Tobe S.S. 2011. An overview to the investigative approach to species testing in wildlife forensic science. *Investigative Genetics* 2(1): two.
- Pakendorf B., Stoneking M. 2005. Mitochondrial DNA and human evolution. *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 6: 165–183.
- Pereira F., Carneiro J., Amorim A. 2008. Identification of Species with DNA-Based Technology: Current Progress and Challenges. *Recent Patents on DNA & Gene Sequences* 2: 187–200.
- Ratnasingham S., Herbert P.D. 2007. The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org). *Molecular Ecology Notes* 7: 355–364.
- Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres-Renctas. 2001. *1º Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre*. 108p.

Robinson J.G., Redford K.H., Bennett, E.L. 1999. Wildlife Harvest in Logged Tropical Forests. *Science* 284(5414): 595–597.

Sambrook J., Fritsch E.F., Sambrook J., Engel J. 1989. *Molecular Cloning. A Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor, Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Sanches A., Tokumoto P.M., Peres W.A., Nunes F.L. Gotardi M.S., Carvalho C.S., Pelizzon C., Godoi T.G., Galetti M. 2012. Illegal hunting cases detected with molecular forensics in Brazil. *Investigative Genetics* 3(1): 17.

Wilson M.R., DiZinno J., Polanskey D., Replogle J., Budowle B. 1995. Validation of mitochondrial DNA sequencing for forensic casework analysis. *International Journal of Legal Medicine* 108(2): 68–74.

Possibilidade de Inferência da Origem e Destino de Animais Silvestres por Meio da Biologia Molecular

*Juliana Machado Ferreira¹
João Stenghel Morgante²*

O problema: tráfico de fauna silvestre no Brasil

A exploração ilegal de espécies silvestres é, atualmente, uma das maiores ameaças à biodiversidade brasileira e apresenta diferentes características, de acordo com o produto e o mercado consumidor a que se destina. As principais formas de exploração são: (1) a caça ilegal; (2) a exploração para suprir o mercado por partes e produtos (madeira, suvenires, amuletos, remédios da medicina tradicional, ornamentos, vestimentas ou itens decorativos, entre outros); (3) a biopirataria, para suprir a demanda principalmente de indústrias farmacêuticas e cosméticas, assim

1 Diretora Executiva da FREELAND Brasil.

2 Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo - USP

como para fins científicos, por substâncias e certos princípios ativos; (4) a exploração para suprir a demanda de colecionadores e zoológicos por animais raros, ameaçados ou emblemáticos; e (5) o tráfico ilegal para suprir o mercado por animais de estimação (*pets*) silvestres, sendo esta a modalidade que mais incentiva o tráfico de fauna silvestre no Brasil, e visa principalmente aos répteis, pequenos mamíferos e, de forma muito acentuada, às aves canoras, aos papagaios e às araras.

O hábito de possuir animais de estimação silvestres, principalmente aves canoras e papagaios, é extremamente comum em todas as regiões do Brasil assim como em diferentes classes sociais. Com isso, é muitas vezes considerado como traço cultural do brasileiro. Contudo, a fauna nativa brasileira é protegida por legislação específica (*e.g.* Art. 225 da Constituição Federal, a Lei 9.605 de 1998 da Lei de Crimes Ambientais, Decreto nº 6.514, de 2008, Lei 13052/2014, além dos artigos da Lei nº 5.197/67 que não foram substituídos pela Lei de 1998) e tanto, a criação amadora como a comercial, só podem ser realizadas com licenças específicas da autoridade competente. Entretanto, espécimes criados em cativeiro e devidamente legalizados são obviamente mais caros do que os coletados ilegalmente, gerando um mercado ilegal que movimentava grandes montantes de dinheiro, formado por desde indivíduos que coletam e comercializam animais silvestres como renda extra até organizações criminosas internacionais.

Justamente devido à natureza ilegal da atividade, a obtenção de estimativas em relação às quantidades de espécimes afetados por esse crime é difícil. Regueira e Bernard (2012) procuraram analisar o impacto dessa atividade através de dados qualitativos e quantitativos obtidos para sete “feiras-de-rolô” na periferia de Recife, estimando que apenas os mercados

analisados comercializem 50.000 aves e movimentem por volta de 630.000,00 dólares por ano. Destro e colaboradores (2012) apresentam dados de recebimento de animais silvestres por Cetas (Centros de Triagem de Animais Silvestres) de 2002 a 2009, com uma média nacional de 38445 animais por ano, sendo que destes, 81% eram aves. No entanto, os números de animais silvestres comercializados e mantidos ilegalmente devem ser muito maiores, já que dados da Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo (ou seja, referentes apenas ao Estado) do ano de 2006, indicam a apreensão de 30.216 animais, sendo que destes, 26.390 eram aves (Governo do Estado de São Paulo, 2007). Além disso, a Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo vem apreendendo, em média, 30 mil animais por ano de 2002 a 2012 (Major Marcelo Róbis, comunicação pessoal). Com isso, fica claro que quantidades significativas de animais estão sendo retirados da natureza de forma regular para suprir um mercado consumidor vasto.

Biologicamente os impactos dessa atividade são relevantes, uma vez que todos os espécimes cumprem, tanto papel ecológico, como evolutivo, em uma imbricada teia de interações. Assim, se inúmeros indivíduos de uma determinada espécie são retirados regularmente de uma mesma localidade, deixarão de cumprir suas funções. De forma muito simplificada, e apenas a título de exemplo, se os indivíduos coletados forem de uma espécie que preda determinada espécie de inseto, na falta dos predadores, pode ocorrer uma explosão populacional dos insetos, que podem inclusive se tornar pragas em agriculturas próximas. Por outro lado, os predadores da espécie explorada podem vir a sofrer com a falta de recursos alimentares, o que poderia levar a declínios

populacionais nos predadores. Da mesma forma, espécies de plantas que dependem da espécie explorada para dispersar suas sementes teriam capacidade de dispersão reduzida, reduzindo também a capacidade de regeneração daquele ecossistema, e o mesmo vale para espécies polinizadoras. Já se a espécie explorada for uma importante predadora de sementes, em sua ausência, diferentes tipos de plantas irão crescer naquele ecossistema, o que pode alterar o equilíbrio existente. Por fim, quando há grande exploração de uma espécie, é esperado que ela sofra declínio populacional. Com um menor número de indivíduos deixados na população para reproduzir e formar as próximas gerações, a tendência é que eles sejam cada vez mais aparentados e geneticamente parecidos, o que, em casos extremos, pode levar a uma situação chamada depressão por endocruzamento. A depressão por endocruzamento consiste em um aumento da consanguinidade na população, com o consequente aumento dos genes em homozigose (variantes iguais – AA ou aa). Por conta da expressão de genes recessivos deletérios, assim como de interações epistáticas (vários genes influenciando uma característica) deletérias (Templeton, 2006), em curto prazo pode ocorrer uma redução na fecundidade, tamanho, peso, viabilidade e sobrevivência da prole e, em longo prazo, a diminuição da capacidade de as populações evoluírem em resposta às mudanças ambientais, aumentando o risco de extinção (Frankham *et al.*, 2008; Meffe e Carrol *et al.*, 1997).

O combate ao tráfico de animais silvestres para o mercado de animais de estimação envolve, entre outras ações, a apreensão dos animais coletados, transportados, comercializados e mantidos ilegalmente. Inicialmente esses animais são enviados a Centros de Triagem

de Animais Silvestres (Cetas) para tratamento, quarentena e destino, que, por sua vez, pode ser o cativeiro, a eutanásia ou reintegração à natureza. A Lei 13.052 de 2014 modifica o art. 25 da Lei 9.605 de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências, determina que animais apreendidos sejam libertados prioritariamente em seu habitat. Ou seja, existe na legislação a previsão de soltura dos animais aptos para tal e, de preferência em seu habitat. Com isso, espera-se não apenas agir em relação ao bem-estar do animal, mas procura-se também mitigar os impactos da retirada de animais da natureza ao devolver, mesmo que apenas uma fração dos coletados, ao ambiente.

Importância biológica da inferência de origem para a soltura

A reintegração de fauna à natureza é um assunto controverso, e para que não traga maiores danos ao ambiente, necessita de enorme embasamento científico. Para realizar solturas tecnicamente responsáveis é necessário atentar para quatro pontos principais, a saber:

Componente veterinário-sanitário: os animais a serem soltos precisam estar saudáveis, para evitar a introdução de doenças graves ou linhagens de doenças naturais de outras regiões no ambiente de soltura e na população natural da espécie, se houver uma, assim como precisam estar fortes para enfrentar os desafios encontrados na vida livre. Por exemplo, não podem ter musculatura atrofiada, devem ter capacidade de deslocamento para busca de recursos alimentares, para busca de abrigo, devem conseguir lidar com alterações naturais de temperatura e umidade da região de soltura,

lidar com a sazonalidade dos recursos alimentares, com competição intra e interespecífica, entre outros;

Componente comportamental: os animais devem exibir comportamentos básicos como defesa de território, vocalização selvagem, comportamento reprodutivo – pareamento, *displays*, competição por fêmeas – reconhecimento de predadores e de fontes naturais de alimentação, não amansamento em relação a seres humanos, entre outros;

Componente ecológico: o local de soltura deve oferecer recursos suficientes (por exemplo: alimentação, abrigo, local para nidificação) tanto para a população natural, se houver, quanto para os animais recém-soltos. O monitoramento de longo prazo pós-soltura é muito importante para avaliar o impacto da soltura no ambiente como um todo e, principalmente, na população natural da espécie (se não se tratar de reintrodução) e a relação com os indivíduos soltos. O local de soltura também deve ser localizado no bioma de origem dos animais soltos, por conta de possíveis adaptações locais (sazonalidade da temperatura, umidade, oferta de recursos e sua relação com os ciclos reprodutivos, por exemplo) que os animais possam ter. Por fim, o local de soltura deve oferecer segurança mínima para os animais para, por exemplo, não serem coletados novamente e voltarem para o mercado ilegal;

Componente genético: é sempre desejável que os animais sejam soltos o mais próximo possível da sua mais provável população de origem por motivos evolutivos (explicados abaixo), principalmente na ausência de dados sobre a genética de populações das espécies a serem soltas.

A repatriação de animais apreendidos do comércio ilegal de fauna (e devidamente reabilitados) para locais o mais próximo possível de suas reais populações de origem é importante para evitar, entre outros problemas, a

ocorrência de depressão por exocruzamento (DE). A DE pode ser definida como uma redução na aptidão (seja pela diminuição na capacidade de cruzar, fertilizar, gerar descendentes, sobreviver ou de se reproduzir) das gerações subsequentes ao cruzamento de populações diferenciadas (Frankham *et al.*, 2011). Segundo Templeton (1986) a depressão por exocruzamento ocorrerá se forem misturadas populações que evoluíram de forma distinta e passaram a apresentar adaptação local ou complexos de genes coadaptados. Adaptação local consiste em indivíduos que, com o tempo, tornam-se adaptados às condições locais, como temperatura, pluviosidade, tipos de recursos, entre outros. Já os complexos de genes coadaptados são genes de indivíduos de uma mesma população que são selecionados e passam a funcionar com maior eficiência em bloco, quando são herdados e trabalham de forma conjunta. O maior perigo relacionado à DE consiste no fato de seus efeitos só serem manifestados, em geral, na segunda geração após o cruzamento, quando se dá a quebra dos complexos coadaptados. Por isso, caso não haja um monitoramento cuidadoso, poderá passar despercebida até ser tarde demais.

É importante notar que a ocorrência de DE está diretamente ligada ao isolamento reprodutivo das populações em questão. De acordo com Frankham *et al.* (2011), mesmo baixos níveis de fluxo gênico (com um ou mais migrantes “efetivos” entre as populações, por geração), já seriam suficientes para evitar o desenvolvimento de diferenciação genética significativa (para a ocorrência de DE) na ausência de seleção. Assim, os autores, que propuseram critérios para a predição da possibilidade de ocorrência de DE, sugerem que populações que não apresentam diferenças cromossômicas fixadas, apresentam fluxo gênico nos últimos 500 anos, habitam ambientes similares, ou, se não, habitam ambientes diferentes há menos de 20 gerações, apresentam pequena

probabilidade de desenvolverem DE se for estabelecido fluxo gênico entre elas. Por outro lado, populações que apresentam diferenças cromossômicas fixadas, estão isoladas há mais de 500 anos ou habitam ambientes substancialmente diferentes há mais de 20 gerações, apresentam maior probabilidade de desenvolverem DE, caso seja estabelecido fluxo gênico entre elas.

Portanto, o conhecimento da Genética de Populações para as espécies mais visadas e apreendidas do comércio ilegal é fundamental para prever a probabilidade e evitar a ocorrência de depressão por exocruzamento. Além disso, a reintegração dos animais próxima de suas populações de origem é desejável por outros inúmeros fatores, entre eles, a presença de diferentes dialetos de vocalização, de plasticidade fenotípica (variação local dentro de uma espécie em características, como fisiologia ou morfologia, de acordo com as condições do ambiente, não ligada à distinção genética), entre outros.

Se, após estudos de Genética de Populações, forem detectadas populações diferenciadas geneticamente dentro da espécie em questão, torna-se possível a utilização de ferramentas estatísticas para inferir qual é a mais provável população de origem de indivíduos sem origem conhecida, através dos chamados testes de atribuição. Os testes de atribuição, *grosso modo*, comparam o perfil genético do indivíduo que se quer atribuir aos perfis genéticos das diferentes populações da espécie e atribuem o indivíduo à população com maior similaridade genética. Os perfis genéticos podem ser obtidos utilizando diferentes regiões do DNA, o que se denomina genericamente de marcador molecular.

Com isso, para que testes de atribuição sejam realizados com amostras provenientes de apreensão do comércio ilegal de fauna, de forma a

nortear esforços de repatriação, e entender os padrões de captura dos animais na natureza, é necessário o desenvolvimento de marcadores moleculares apropriados, assim como a obtenção de amostras biológicas que sejam representativas das áreas de ocorrência de cada espécie em questão. Uma discussão ampla sobre o assunto pode ser encontrada em Ferreira (2012), uma vez que a pesquisa da autora abordou especificamente este tema.

Inferência de origem de animais apreendidos com marcadores moleculares

A inferência de origem de animais silvestres com marcadores moleculares é feita em dois passos principais: o desenvolvimento do arcabouço teórico e a realização da inferência de origem de grupos ou indivíduos sem origem conhecida. O desenvolvimento do arcabouço teórico (desenvolvimento de microssatélites, definição de quais as populações dentro da espécie, entre outros – explicados abaixo) só precisa ser feito uma vez, portanto, uma vez desenvolvido, a realização da inferência de origem (testes de atribuição) se torna rápida e relativamente barata e simples.

A inferência de origem com marcadores moleculares só tem sentido e só é possível se dentro da espécie em questão existirem populações diferenciadas geneticamente detectadas pelos marcadores utilizados.

A maioria das populações de praticamente todas as espécies apresenta algum grau de estruturação genética (distribuição não homogênea da variabilidade genética dentro de uma espécie), que pode ser devida a barreiras ambientais, processos históricos, história natural das espécies ou mesmo ao isolamento por distância. A dimensão do fluxo gênico entre as

populações determina sua maior ou menor homogeneização, assim como os efeitos relativos da seleção e da deriva genética (Balloux e Luggon-Moulin, 2002). Entretanto, a estruturação genética, o grau de fluxo gênico (troca de genes entre populações, através, por exemplo, de migrantes efetivos) ou isolamento e a história demográfica só poderão ser inferidos após a definição de quais são as populações que compõe aquela espécie.

De acordo com Hartl e Clark (2010), população pode ser definida como um grupo de organismos da mesma espécie vivendo em uma área geográfica restrita de tal modo que não existam barreiras para o cruzamento intrapopulacional, ou seja, qualquer membro da população pode potencialmente cruzar com qualquer outro do sexo oposto. Na prática, ao adotar esse conceito, procura-se por grupos cujas frequências alélicas encontrem-se em equilíbrio de Hardy-Weinberg (princípio que descreve uma população hipotética de tamanho infinito, na qual os cruzamentos ocorrem ao acaso e não há mutação, migração ou seleção, o que faz com que a frequência de alelos e genótipos entre em equilíbrio após uma geração. Este princípio fornece a base de muitas inferências da Genética de Populações, ao permitir a detecção de desvios do acasalamento ao acaso, para testar ocorrência de seleção, entre outros. *Vide Frankham et al., 2008*), o que sugere existência de panmixia (acasalamentos ao acaso, o que é indício de ausência de estruturação genética populacional).

De acordo com Balloux e Luggon-Moulin (2002), um dos pontos fracos da abordagem tradicional da Genética de Populações é o fato de os limites entre as populações não serem, na maioria das vezes, claramente demarcados. Cabe ao pesquisador, então, fazer a subdivisão arbitrária da amostra total em populações potenciais. A definição de populações dentro

de uma amostragem é, portanto, na maioria das vezes subjetiva, baseada, por exemplo, em características físicas ou na localização geográfica das amostras (Pritchard *et al.*, 2000). Essa subdivisão inicial pode ter consequências importantes nas estimativas subsequentes de estrutura populacional, por exemplo, se um grupo de amostras considerado como uma única população consistir na realidade de diversas populações, a estruturação dentro desse grupo levará a uma subestimação da estruturação entre os diferentes grupos de amostras (Balloux e Luggon-Moulin, *op cit.*).

Assim, os primeiros passos do estudo de Genética de Populações, visando à realização de testes de atribuição de origem, são o desenvolvimento de marcadores moleculares, seguido da definição de quais são as populações presentes na amostragem e seu grau de isolamento e diferenciação.

Marcadores microssatélites (*short tandem repeats* – STRs).

Microssatélites são a ferramenta mais amplamente utilizada para este tipo de análise. São pequenas sequências de DNA repetidas lado a lado, predominantemente não-codificantes (ou seja, apesar de poderem ser transcritas em RNA, não codificam proteínas, não influenciando, em tese, na aptidão dos indivíduos) e altamente polimórficas (variáveis), características que possibilitam alta resolução tanto em estudos inter quanto intrapopulacionais (Schlötterer, 1998). As mutações que ocorrem internamente nos microssatélites são mudanças no número das unidades de repetição. O mecanismo mais provável, para explicar as altas taxas de mutação, seria a ocorrência de erros de pareamento, ocasionados pelo deslizamento das fitas de DNA no momento da replicação (*DNA replication slippage*).

Os microssatélites são marcadores efetivos de fluxo gênico e história populacional, mesmo em espécies com variação gênica limitada (Taylor *et al.*, 1997), além de serem muito versáteis e ideais para a identificação das relações entre populações naturais de uma determinada espécie (Queller *et al.*, 1993).

Para realizar a inferência da mais provável população de origem de animais utilizando microssatélites, em primeiro lugar é necessário detectar no genoma da espécie em questão essas regiões hipervariáveis e identificar suas regiões flanqueadoras. Em seguida, faz-se o desenho dos *primers*, ou oligonucleotídeos iniciadores, que permitirão, em estudos futuros, o acesso diretamente às regiões de interesse via reação em cadeia da polimerase (PCR).

O desenvolvimento dos microssatélites pode ser feito através da construção de bibliotecas genômicas, seleção e otimização manuais (descrito em detalhes por Ferreira, 2012), ou através da utilização de uma tecnologia recente chamada Sequenciamento de Nova Geração (NGS, *e.g.* Gardner *et al.*, 2011; Davey *et al.*, 2011). Com o sequenciamento de nova geração, torna-se possível obter um número muito grande de *primers* para serem testados e otimizados em relação às bibliotecas genômicas manuais, o que aumenta, de forma profunda, a chance de obtenção de um grande número de locos (local no cromossomo de determinado gene ou marcador genético) informativos.

De posse das sequências candidatas dos *primers*, as condições das reações de PCR devem ser padronizadas para cada loco em cada espécie e as temperaturas de hibridação dos iniciadores definidas. Além disso, essa etapa poderá servir como uma triagem inicial, através da

qual locus que não apresentem boas ampliações sejam descartados. O próximo passo consiste em realizar uma segunda triagem para selecionar locos polimórficos em sequenciador automático e definir com cautela quais são os tamanhos de fragmentos (picos) esperados para a espécie, o que é feito através da confecção de um painel alélico (perfil de todos os picos – diferentes tamanhos de microssatélites – encontrados para a espécie). É importante genotipar (realizar o procedimento de amplificação e leitura em sequenciador), cada amostra três vezes, em reações diferentes, para garantir a qualidade dos dados e minimizar a ocorrência de dados faltando. Amostras que após três repetições não apresentem boas genotipagens ou apresentem variação entre as diferentes réplicas devem ser descartadas (Figura 1).

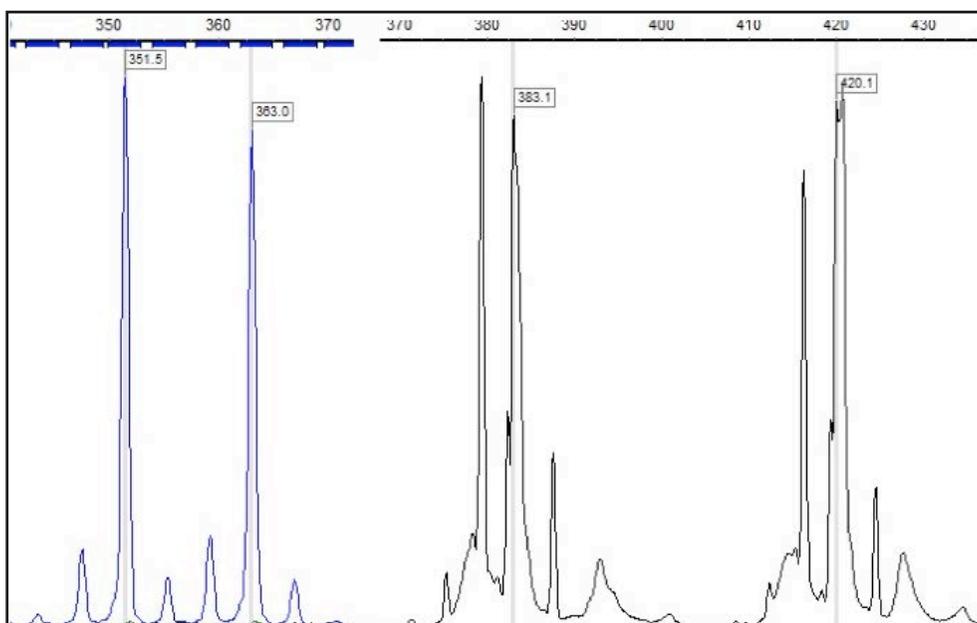


Figura 1 - Exemplo de genotipagem de boa qualidade (esquerda) e de má qualidade (direita). (Crédito das imagens: Juliana M. Ferreira)

Existem diversos programas para analisar os dados de genotipagens, entre eles: o GeneMapper (Applied Biosystems) e o GeneMarker (Softgenetics). Esses programas são utilizados para a análise dos eletroferogramas gerados pelos sequenciadores, com a definição da amplitude de cada *bin* (variação esperada de alelos ao redor do tamanho real), construção dos painéis alélicos e geração de tabelas de genótipos. Para aumentar a consistência e confiança em relação à definição dos alelos, é interessante realizar uma análise utilizando o programa Allelogram (Morin *et al.*, 2009), ou outro similar, o qual fornece uma interpretação visual e direta de distribuição dos alelos obtidos para checar a qualidade do loco, uma vez que é esperado que a distribuição dos tamanhos alélicos seja discreta. A inferência de existência de locos com possíveis alelos nulos, *allelic drop-out*, erros de genotipagem e outros desvios deve ser feita utilizando programas como o Microchecker (Van Oosterhout, 2004).

É importante também realizar a sexagem dos indivíduos genotipados para checar se algum loco se encontra nos cromossomos sexuais. Essa ligação pode ser inferida pela detecção de desequilíbrio de ligação nas análises posteriores, mas a realização da sexagem já permite descartar ou ao menos analisar tais locos com cuidado dobrado. A sexagem pode ser feita tanto morfológicamente (em alguns casos) quanto através de sexagem molecular (*e.g.* Griffiths *et al.*, 1998 para aves).

Uma vez desenvolvidos os marcadores polimórficos, torna-se possível a realização de análises de variabilidade interpopulacional, computando-se diferenças alélicas, diferenças nas frequências dos alelos e nos tamanhos alélicos, para entender como é distribuída a variabilidade genética

na espécie e se podem ser detectadas populações geneticamente diferenciadas. Para tanto, é necessário obter amostras de DNA de indivíduos da espécie em questão do maior número de localidades possível, cobrindo de forma representativa a distribuição da espécie, e do maior número de indivíduos possível por localidade (tomando cuidado para não amostrar pais e filhotes, o que pode inserir desequilíbrios na análise dos dados). A construção dessa base de dados é, sem dúvida, o gargalo da técnica, por envolver grande esforço amostral e trabalho em campo. Com as amostras e os marcadores em mãos, o próximo passo é a realização de estudos de Genética de Populações para entender se os marcadores e a amostragem utilizados permitem a detecção de populações diferenciadas e, em caso positivo, seu grau de isolamento.

Para realizar as análises de Genética de Populações, é necessário decidir quais parâmetros e modelos utilizar, já que essa escolha pode alterar o resultado final obtido (para maiores detalhes, vide Box 1), e deve ser feita após uma comparação dos resultados obtidos para cada modelo e parâmetro para os dados em questão e após um maior entendimento no nível de diferenciação populacional, com o qual se está trabalhando.

Box 1: Modelos mutacionais e microssatélites

Atualmente, o maior debate em torno da utilização dos microssatélites é o modelo mutacional a ser assumido, que pode ter grande influência no resultado dos testes realizados e, portanto, das inferências subsequentes. São três os modelos mutacionais assumidos para os microssatélites. O modelo de alelos infinitos (*infinite allele model* ou IAM, Kimura e Crow, 1964) é um modelo extremo, para o qual cada

mutação gera um novo alelo a uma determinada taxa. O modelo de mutações passo a passo (*stepwise mutation model* ou SMM, Kimura e Otha, 1978), também é um modelo extremo e considera que cada mutação cria um alelo adicionando ou retirando uma unidade de repetição do microssatélite, com mesma probabilidade. Dessa forma, alelos de tamanhos mais próximos seriam mais proximamente relacionados do que alelos de tamanhos mais distantes. Por fim, o modelo de duas fases (*two-phase mutation model* ou TPM, Di Rienzo *et al.*, 1994) assume que uma porcentagem das mutações dos microssatélites ocorre seguindo o SMM e uma menor, seguindo o IAM. O modelo mutacional utilizado terá influência direta na escolha de como realizar as estimativas de diferenciação populacional (por exemplo, utilizar o parâmetro F_{st} ou o R_{st}).

Balloux e Lugon-Moulin (2002) apresentam uma rica discussão com comparações dos dois métodos para a inferência de estruturação genética utilizando microssatélites. De acordo com os autores, o parâmetro F_{st} , correlação entre dois alelos escolhidos ao acaso dentro de subpopulações em relação a dois alelos escolhidos ao acaso na população total (Wright, 1951), é calculado assumindo o modelo de alelos infinitos - IAM (Kimura e Crow, 1964). Com isso, alelos idênticos em estado seriam também, necessariamente, idênticos por descendência. Já o R_{st} (Slatkin, 1995), desenvolvido especificamente para a utilização com microssatélites e para lidar com sua alta taxa de mutação, utiliza o modelo de mutações passo a passo – SMM (Kimura e Otha, 1978). No entanto, apesar de utilizar o modelo SMM, que representaria melhor a evolução dos microssatélites, o R_{st} tende a apresentar grande variância, o que muitas vezes faz com que os valores obtidos por esse parâmetro

não sejam as melhores estimativas. Essa diferença de modelos mutacionais traz uma das mais importantes características das estimativas obtidas com os parâmetros F_{st} e R_{st} , que é o fato do primeiro não levar em conta o fenômeno da homoplasia, enquanto o segundo permite sua ocorrência. Com isso, como o F_{st} entende que alelos idênticos por estado são idênticos por descendência, irá considerar alelos homoplásicos como idênticos por descendência. No entanto, com altas taxas de mutação, a probabilidade de identidade de dois alelos diminui (Rousset, 1996) e desta forma a estimativa obtida para o F_{st} tenderá a ser “desinflada” e a não levar em conta uma possível diferenciação das subpopulações.

O F_{st} é derivado da variância das frequências alélicas em cada subpopulação, enquanto que o R_{st} é derivado da variância dos tamanhos alélicos. O R_{st} , entretanto, só é independente da taxa de mutação sob o modelo de mutação passo a passo estrito, o que muitas vezes não é o caso para diversos locos. Assim, Balloux e Lugon-Moulin (2002) concluem que mais importante do que o modelo e a taxa de mutação, é a relação entre mutação e migração. Quanto maior o fluxo gênico, menor a importância relativa da mutação.

Ao comparar as performances de inferência de estrutura genética populacional, utilizando F_{st} e R_{st} , Balloux *et al.* (2000) afirmam que o segundo será superior em relação ao primeiro em populações altamente diferenciadas, ou em análises de divergência interespecífica, situações nas quais a mutação adquire uma importância relativa maior do que a migração. Balloux e Lugon-Moulin (2002) concluem que o F_{st} apresenta um desempenho melhor em análises intraespecíficas, especialmente de populações com diferenciação leve.

Métodos para a definição das populações na amostragem

Existem duas abordagens muito utilizadas para a inferência de quantas e quais são as populações em uma amostragem. O método clássico envolve a definição *a priori* de grupos dentro da amostragem, em geral as diferentes localidades de coleta, e a utilização de ferramentas estatísticas para inferir, através dos índices de fixação de cada grupo, quais localidades são ou não estatisticamente diferentes das outras. Com isso, grupos de amostras não diferenciadas vão sendo amalgamados até a obtenção de populações potenciais, estatisticamente diferenciadas.

Outra abordagem que vem sendo amplamente utilizada são os métodos de *clustering* - partição de indivíduos de uma amostra em diferentes populações para dados genéticos (*e.g.* Pritchard *et al.*, 2000; Evanno *et al.*, 2005; Hubisz *et al.*, 2009; Falush *et al.*, 2003; Jombart *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2009; Liu e Zhao, 2006; Corander *et al.*, 2008) – vide Box 2 para detalhes.

Box 2: Definindo as populações em uma amostra com o programa Structure

Dentre os métodos que utilizam a partição de amostras para inferir quais as populações, o executado pelo programa Structure v.2.3 (Pritchard *et al.*, 2000) adota uma abordagem Bayesiana e assume os pressupostos de equilíbrio de ligação e de Hardy-Weinberg em cada *cluster*. A partir destes pressupostos, o modelo trata a presença de desequilíbrios através da introdução de estruturação populacional, e busca os agrupamentos que minimizem esses desvios. São assumidas então *k* populações (sendo que

k, o número assumido de populações, pode ser desconhecido), as quais são caracterizadas por grupos de frequências alélicas em cada loco. O programa estima essas frequências alélicas e a probabilidade de cada amostra pertencer a cada um dos *clusters*, com base em seu genótipo. Entretanto, o número de ks pode ser superestimado se houver endocruzamento, indivíduos aparentados na amostragem, ou desequilíbrios de Hardy-Weinberg e de ligação provocados por outros fenômenos que não a estruturação populacional. Este método também permite assumir que os indivíduos possuem ancestralidade em mais de uma população, o que é comum para dados reais (Hubisz *et al.*, *op cit.*; Pritchard *et al.*, *op cit.*).

A escolha do número de ks pode ser feita através da comparação dos logaritmos penalizados das verossimilhanças obtidos para cada uma das réplicas realizadas para cada valor de k, escolhendo-se o maior valor. Entretanto, Evanno *et al.* (2005), notaram que a escolha do melhor número de ks na amostragem pode ser difícil de fazer, já que muitas vezes a distribuição das verossimilhanças não apresenta uma moda clara. Com isso, propuseram uma quantidade *ad hoc* ΔK , que torna a quebra na distribuição dos valores em questão mais clara. Desde então, ΔK tem sido amplamente utilizado para a inferência de número de populações dentro de uma amostragem (*e.g.* Honnen *et al.*, 2010; Milot *et al.*, 2008, Phillimore, *et al.*, 2008; Francisco *et al.*, 2007; Parsons *et al.*, 2006; Ernest *et al.*, 2003, entre inúmeros outros). É importante mencionar que Pritchard *et al.* (2010), alertam, no manual do programa, que muitas vezes a estimativa de k é complicada e que o valor obtido para os dados deve ser interpretado menos como o “real” número de populações na amostra, e mais como o número de populações que abrange a maior parte da estrutura nos dados e que faz sentido biologicamente.

Uma vez definidas as populações potenciais, torna-se possível a realização de análises comparativas para inferir o grau de diferenciação entre elas. A quantidade de diferenças entre as populações analisadas dependerá diretamente da quantidade de fluxo gênico entre elas (Sunnucks, 2000).

As análises básicas de Genética de Populações podem ser realizadas utilizando programas como o Genalex (Peakall e Smouse, 2006) e o Arlequin (Excoffier, 2005), para, por exemplo, a confecção de gráficos das distribuições dos alelos, checar se as populações definidas *a priori* encontram-se em equilíbrio de Hardy-Weinberg, se os locos estão em equilíbrio de ligação (associação não-aleatória de alelos em dois ou mais locos), para estimar as frequências alélicas e proporções genotípicas esperadas e observadas, para a obtenção dos números de alelos e alelos privados, assim como para obter estimativas de F_{st} (Wright, 1951 – correlação da variância genética dentro de subpopulações em relação à variância genética total da população), e R_{st} (Slatkin, 1995 – índice semelhante ao F_{st} que se adequaria melhor à alta variabilidade dos microssatélites e que traz consigo informação de parentesco ou “distância genética”. Através desses índices, ao utilizar-se o teste de Mantel, também é possível inferir a possibilidade de isolamento por distância e, portanto, uma distribuição clinal (mudança gradual ao longo da distribuição da espécie, correlacionada com a distância) da diversidade genética. Pode-se executar o teste de Mantel, por exemplo, através do programa Genalex (Peakall e Smouse, 2006).

Uma vez realizadas análises de Genética de Populações, tem-se um panorama de como se distribui a variabilidade genética na espécie em questão.

O desenvolvimento deste arcabouço teórico é trabalhoso, no entanto, só precisa ser feito uma vez. Uma vez construída a base de dados, e tendo sido detectadas populações diferenciadas (com níveis de diferenciação estatisticamente significativos), dependendo do grau de isolamento (o que pode afetar a confiança estatística final do teste de atribuição), torna-se possível a utilização de métodos de inferência estatística para identificar a mais provável população de origem de indivíduos sem origem conhecida, uma ferramenta muito importante tanto para nortear esforços de repatriação, quanto para entender os padrões de captura e quais as regiões mais exploradas. Para tanto, são utilizados os testes de atribuição (*assignment tests*).

Teste de Atribuição

Em Manel *et al.* (2002), pode ser encontrado um resumo sobre os principais tipos de testes de atribuição. De acordo com os autores, esses testes podem ser divididos de acordo com o método estatístico utilizado – baseado somente em frequência, baseado em frequência e em estatística Bayesiana ou puramente bayesiano.

Uma das primeiras perguntas que culminaram nos estudos de atribuição foi se os indivíduos provenientes de uma mesma população se agrupariam melhor do que os de populações diferentes. Neste contexto, o trabalho de Paetkau *et al.* (1995), que teve como objetivo analisar a estrutura populacional de ursos polares, ao tentar explicitar o quão indicativo o genótipo de um indivíduo era em relação à população na qual foi amostrado, acabou por levar à criação do primeiro método de

atribuição. Os principais métodos de atribuição para dados genéticos são baseados na probabilidade de que um genótipo multi-locos (análise de diversos marcadores moleculares ao mesmo tempo – vários locos) do indivíduo a ser atribuído ocorra em cada uma das populações candidatas (e.g. Cornuet *et al.*, 1999; Manel *et al.*, *op cit.*).

A atribuição baseada em frequência (Paetkau *et al.*, 1995), resumidamente, computa as frequências alélicas em cada uma das populações candidatas e as probabilidades do genótipo do indivíduo testado ocorrer em cada uma das populações. Então atribui o indivíduo à população na qual a probabilidade de ocorrência de seu genótipo é a mais alta.

O teste de exclusão (Cornuet *et al.*, 1999) utiliza um método parcialmente bayesiano, para realizar comparações da probabilidade do genótipo em questão, obtida da mesma forma do método de Paetkau *et al.* (*op cit.*), a uma distribuição de probabilidades de genótipos simulados para cada uma das populações candidatas. Se a probabilidade do genótipo testado estiver fora da cauda da distribuição, será excluído como tendo origem naquela população. Se todas as populações, menos uma, forem excluídas, o indivíduo pode ser atribuído. Se a real população de origem do indivíduo não estiver presente na amostra, este teste excluirá todas as candidatas, portanto, não requer que a real população de origem esteja amostrada. Como este teste computa a probabilidade de atribuição a cada população candidata separadamente, permite a realização do teste com apenas uma população candidata.

Já o teste de atribuição de Pritchard *et al.* (2000) é baseado em estatística bayesiana. Segundo Manel *et al.* (2002), este teste computa

a probabilidade de um genótipo multi-locos ser proveniente de uma população dentre as amostradas, e a compara a um limiar pré-determinado (T). No entanto, esse valor T é obtido comparando-se as probabilidades relativas entre as populações candidatas. Assim, tem como pressuposto que a origem real esteja entre as candidatas. Isso significa, que o teste pode não atribuir a amostra a nenhuma população caso T não seja atingido, como no exemplo de Balding *et al.* (2007) no qual o T escolhido foi 0.999 e três populações fictícias apresentaram probabilidades relativas de 0.990, 0.000 e 0.10. Por outro lado, pode ocorrer uma situação exemplificada pelos mesmos autores, na qual três populações fictícias teriam reais probabilidades de atribuição de 0.998999 (A), 0.001 (B) e 0.000001 (C). Caso apenas as duas últimas tivessem sido amostradas (B e C), como o método calcula as probabilidades relativas, a atribuição seria feita para a segunda população (B) com $T > 0.999$. Por fim, como este método utiliza probabilidades relativas, não permite a realização de teste de atribuição com apenas uma população candidata.

Assim como no caso das análises populacionais, é preciso ler com cuidado os manuais de referência dos programas que realizam testes de atribuição, já que cada parâmetro escolhido para rodar o programa pode alterar o resultado final de forma significativa. Por exemplo, ao utilizar o programa Structure, é muito importante atentar para o comprimento do período de *burnin*, para o número de cadeias de Markov da análise propriamente dita, e para a escolha de quais modelos utilizar – com ou sem ancestralidade mista, com ou sem mistura, com ou sem informação *a priori*. É necessário escolher os parâmetros que melhor se adequam aos dados e, de preferência, realizar análises comparativas com diferentes

combinações de parâmetros e modelos. Entretanto, como nas análises populacionais, uma vez realizados os primeiros testes de validação, o desenvolvimento do arcabouço teórico está pronto e nas próximas atribuições de origem, basta utilizar a mesma combinação de parâmetros e modelos considerada mais informativa. Um exemplo interessante de atribuição de origem geográfica é o trabalho de Velo-Antón *et al.* (2007), no qual foram utilizadas 153 amostras da tartaruga-de-água-doce europeia, *Emys orbicularis*, representativas da área de ocorrência da espécie na região Ibérica, e sete locos de microsatélites. Foram encontradas cinco populações diferenciadas. Com estes dados e utilizando o programa Structure (Pritchard *et al.*, 2000), os autores conseguiram atribuir 22 de 36 animais com origem desconhecida, provenientes de centros de reabilitação, a uma provável população de origem.

É fundamental lembrar que a atribuição de origem é uma inferência estatística, baseada em um número limitado de marcadores e amostras. Desta forma, o resultado não deve ser encarado como verdade absoluta, mas como uma indicação com um determinado valor de confiança estatística, que fica mais robusto quando analisado em conjunto com outras informações disponíveis sobre o grupo de animais que se quer atribuir. No entanto, para fins de reintegração dos animais na natureza, a atribuição de origem vai aumentar as chances de que os animais sejam soltos, ao menos, em uma população geneticamente similar àquela de origem, minimizando o risco de depressão por exocruzamento.

Por outro lado, caso as análises de Genética de Populações não indiquem a presença de populações diferenciadas na espécie, é necessário mais uma vez lembrar que esses resultados são decorrentes de análises

estatísticas baseadas em números limitados de amostras e marcadores, devendo ser interpretados com cautela. Ademais, é crucial sempre ter em mente que o componente genético é apenas um dentre os tantos que devem ser observados em caso de soltura de animais na natureza. Com isso, a ausência de estrutura genética detectável pode implicar em risco reduzido de depressão por exocruzamento, mas ainda é muito importante atentar para fatores como ocorrência de dialetos de vocalização, adaptação à sazonalidade local, existência de variantes decorrentes de plasticidade fenotípica, cuidado com a possibilidade de inserção de cepas diferentes de doenças nas populações naturais, entre outros. Isto posto, é necessário, também lembrar que é preciso destinar os animais provenientes de apreensões, buscando realizar solturas o mais tecnicamente responsáveis possível, mas também evitando a falta de ação respaldada por excesso de preciosismo.

Em suma, para que a atribuição de um indivíduo a uma determinada população ou espécie seja possível, diversas etapas de desenvolvimento científico são imprescindíveis: o desenvolvimento de marcadores moleculares eficientes, a padronização das reações e, principalmente, a obtenção de um grande número de amostras de toda a distribuição geográfica do grupo em questão. O ideal seria criar um banco de dados representativo das frequências alélicas populacionais das espécies mais apreendidas do comércio ilegal, para que as amostras de indivíduos apreendidos futuramente possam ser prontamente comparadas com as informações do banco de dados gerado e atribuídas a esta ou aquela população/espécie. É importante lembrar também que a leitura de tamanho dos alelos de microssatélites pode variar (algumas unidades de repetição,

para mais ou para menos, mas essa variação é constante) quando realizada em sequenciadores diferentes, sendo necessária, portanto, a validação de cada marcador em cada novo sequenciador a ser utilizado (o que na prática consiste apenas em analisar amostras com número de repetições conhecido e avaliar a variação).

Por fim, todo esse trabalho científico é extremamente relevante não apenas para a realização dos testes de atribuição, mas para um maior conhecimento da biodiversidade brasileira e nível de ameaça de diferentes espécies. Além disso, os marcadores moleculares desenvolvidos podem ter outro uso extremamente relevante: as reações podem ser padronizadas e validadas para a utilização em testes de exclusão de paternidade em criadores de espécies silvestres. A realização de testes de paternidade, surpresa e por amostragem, em animais de criadores pode auxiliar a detecção de animais coletados ilegalmente da natureza e com documentos fraudados para parecer que foram criados em cativeiro. A validação dos marcadores para os testes de paternidade envolve outros passos, entre eles, por exemplo, o sequenciamento dos alelos, a confecção de escadas alélicas e a inferência de probabilidade de mutação entre pais e filhotes (*e.g.* Linacre *et. al.*, 2011). Esse processo, no entanto, é relativamente simples e barato, dada a enorme importância que essa ferramenta teria para auxiliar o combate ao tráfico de animais silvestres.

Referências

Balding D.J.; Bishop M., Cannings, C (eds). 2007. *Handbook of statistical genetics, volume 2*. 3rd ed. Willey. 637p.

- Balloux F., Brüner H., Lugon-Moulin N., Hausser J., Goudet J. 2000. Microsatellites can be misleading: an empirical and simulation study. *Evolution* 54: 1414–1422.
- Balloux F., Lugon-Moulin N. 2002. The estimation of population differentiation with microsatellite markers. *Molecular Ecology* 11: 155-165.
- Brasil. 1967. *Lei nº 5.197 de 3 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências.*
- Brasil. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988.* Brasília, DF: Senado.
- Brasil. 1998. *Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.*
- Brasil. 2008. *Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.*
- Brasil. 2014. *Lei nº 13.052 de 8 de dezembro de 2014. Altera o art. 25 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências, para determinar que animais apreendidos sejam libertados prioritariamente em seu habitat e estabelecer condições necessárias ao bem-estar desses animais.*
- Corander J., Marttinen P., Sirén J., Tang J. 2008. Enhanced Bayesian modeling in BAPS software for learning genetic structure of populations. *BMC Bioinformatics* 9: 539.
- Cornuet J.M., Piry S., Luikart G., Estoup A., Solignac M. 1999. New methods employing multilocus genotypes to select or exclude populations as origins of individuals. *Genetics* 153: 1989-2000.

- Davey J.W., Hohenlohe P.A., Etter P.D., Boone J.Q., Catchen J.M., Blaxter M.L. 2011. Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. *Nature Reviews Genetics* 12: 499-510.
- Di Rienzo A., Peterson A.C., Garza J.C., Valdes A.M., Slatkin M., Freimer N.B. 1994. Mutational processes of simple-sequence repeat loci in human populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 91: 3166-3170.
- Destro G.F.G., Pimentel T.L., Sabaini R.M., Borges R.C., Barreto R. 2012. Esforços para o combate ao tráfico de animais silvestres no Brasil (Publicação traduzida do original “Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. Biodiversity, Book 1, chapter 16, 2012” - ISBN 980-953-307-201-7)
- Ernest H.B., Boyce W.M., Bleich V.C., May B., Stiver S.J., Torres S.G. 2003. Genetic structure of mountain lion (*Puma concolor*) populations in California. *Conservation Genetics* 4: 353-366.
- Evanno G., Regnau, S., Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology* 14: 2611-2620.
- Excoffier L., Laval, G., Schneider S. 2005. Arlequin ver.3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1: 47-50.
- Falush D., Stephens M., Pritchard J.K. 2003. Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics* 164: 1567-1587.
- Ferreira J.M. 2012. *Contribuição da Genética de Populações à investigação do tráfico de Fauna no Brasil: desenvolvimento de microssatélites e análise da estrutura genética em *Paroaria dominicana* e *Saltator similis* (Aves: Passeriformes: Thraupidae)*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo. Orientador: João Stenghel Morgante. 155p.

Francisco M.R., Gibbs H.L., Galetti M., Lunardi V.O., Galetti Junior P.M. 2007. Genetic structure in a tropical lek-breeding bird, the blue manakin (*Chiroxiphia caudata*) in the Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Ecology* 16: 4908-4918.

Frankham R., Ballou J.D., Briscoe D.A. 2008. *Fundamentos de Genética da Conservação*. Editora SBG, Ribeirão Preto. 280p. Título em Inglês: *A Primer of Conservation Genetics*. Traduzido para o Português por Mercival Roberto

Frankham R., Ballou J.D., Eldridge M.D.B., Lacy R.C., Ralls, K., Dudash, M.R., Fenster C.B. 2011. Predicting the probability of outbreeding depression. *Conservation Biology* 25: 465-475.

Gardner M.G., Fitch A.J., Bertozzi T., Lowe A.J. 2011. Rise of the machines – recommendations for ecologists when using next generation sequencing for microsatellite development. *Molecular Ecology Resources* 11(6): 1093-1101.

Governo Do Estado De São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, Polícia Militar do Estado de São Paulo, Polícia Militar Ambiental. 2007. *II Relatório do tráfico de animais da fauna silvestre, referente a 2006*.

Griffiths R., Double M.C., Orr K., Dawson R.J.G. 1998. A DNA test to sex most birds. *Molecular Ecology* 7: 1071-1075.

Hartl D.L., Clark A.G. 2010. *Princípios de Genética de Populações*. 4ª ed.. Artmed, 660p.

Honnen A.C., Hailer F., Kenntner N., Literak I., Dubska L., Zachos F.E. 2010. Mitochondrial DNA and nuclear microsatellite loci reveal high diversity and genetic structure in an avian top predator, the white tailed sea eagle, in central Europe. *Biological Journal of the Linnean Society* 99: 727-737.

Hubisz M.J., Falush D., Stephens M., Pritchard J.K. 2009. Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molecular Ecology Resources* 9: 1322-1332.

Jombart T., Devillard S., Balloux F. 2010. Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. *BMC. Genetics* 11: 94. Doi: 10.1186/1471-2156-11-94.

Kimura M., Crow J.F. 1964. The number of alleles that can be maintained in a finite population. *Genetics* 49: 725-738.

Kimura M., Ohta T. 1978. Stepwise mutation model and distribution of allelic frequencies in a finite population. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 75: 2868-2872.

Lee C., Abdool A., Huang C-H. 2009. PCA-based population structure inference with generic clustering algorithms. *BMC Bioinformatics* 10 (Suppl 1): S73 doi: 10.1186/1471-2105-10-S1-S73.

Linacre A., Gusmao L., Hecht W., Helmann A.P., Mayr W.R., Parson W., Prinz M., Schneider P.M., Morling N. 2011. ISFG: Recommendations regarding the use of non-human (animal) DNA in forensic genetic investigations. *Forensic Science International: Genetics* 5: 501-505.

Liu N., Zhao H. 2006. A non-parametric approach to population structure inference using multilocus genotypes. *Human Genomis* 2: 353-364.

Manel S., Berthier P., Luikart G. 2002. Detecting wildlife poaching: identifying the origin of Individuals with Bayesian assignment tests and multilocus genotypes. *Conservation biology* 16(3): 650-659.

Meffe G.K., Carroll R. 1994. What is Conservation Biology? In: Meffe G.K., Carroll R. *Principles of Conservation Biology*. Sunderland: Sinauer Associates, p. 1-27.

Milot E., Weimerskirch H., Bernatchez L. 2008. The sea bird paradox: dispersal, genetic structure and population dynamics in a highly mobile, but philopatric albatross species. *Molecular Ecology* 17: 1658-1673.

- Morin P. A., Manaster C., Mesnick S. L., Holland, R. 2009. Normalization and binning of historical and multi-source microsatellite data: overcoming the problems of allele size shift with allelogram. *Molecular Ecology Resources* 9: 1451–1455. doi: 10.1111/j.1755-0998.2009.02672.x
- Paetkau D., Calvert W., Stirling L., Strobeck C. 1995. Microsatellite analysis of population structure in Canadian polar bears. *Molecular Ecology* 4:347-354.
- Parsons K.M., Durban J.W., Claridge, D.E. 2006. Population genetic structure of coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the northern Bahamas. *Marine Mammal Science* 22: 276-298.
- Peakall R., Smouse P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* 6: 288-295.
- Phillimore A.B., Owens I.P.F., Black R.A., Chittock J., Burke T., Clegg, S.M. 2008. Complex patterns of genetic and phenotypic divergence in an island bird and the consequences for delimitating conservation units. *Molecular Ecology* 17: 2839-2853.
- Pritchard J.K., Steffens M., Donnelly P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945-959.
- Regueira R.F.S., Bernard E. 2012. Wildlife sinks: Quantifying the impact of illegal Bird trade in street markets in Brazil. *Biological Conservation* 149: 16-22.
- Schlötterer C. 1998. Microsatellites. In: Hoelzel A.R. (ed.) *Molecular genetic analysis of populations*. IRL press, Oxford University Press. 337-261.
- Slatkin M. 1995. A measure of population subdivision based on microsatellite allele frequencies. *Genetics* 139: 457-462.
- Sunnucks P. 2000. Efficient genetic markers for population biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(5): 199-203.

Taylor A.C., Horsup A., Johnson C.N., Sunnucks P., Sherwin, W. 1997. Unusual relatedness structure detected by microsatellite analysis, and parentage analysis in an endangered marsupial, the Northern Hairy-nosed wombat, *Lasiorhinus krefftii*. *Molecular Ecology* 6: 9-20.

Templeton A.R. 1986. Coadaptation and outbreeding depression. In: Soulé, M.E. (ed) *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland, Sinauer, p: 105-116.

Templeton A.R. 2006. *Population Genetics and Microevolutionary Theory*. John Wiley & Sons. 512p.

Van Oosterhout C., Hutchinson W. F., Wills D. P. M., Shipley, P. 2004. Micro-checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. *Molecular Ecology Notes*, 4: 535–538.
doi: 10.1111/j.1471-8286.2004.00684.x

Wright S. 1951. The genetical structure of populations. *Annual Eugenics*, 15: 323-354.

Análise de Filiação como Metodologia para o Gerenciamento de Criadores Comerciais e Amadoristas de Aves no Brasil

Renato Caparroz¹
Fernando Pacheco Rodrigues¹

De forma geral, o tráfico de aves silvestres se configura pela retirada de adultos, filhotes e até mesmo ovos da natureza para serem mantidos em cativeiro como animais de estimação ou enviados para zoológicos, colecionadores e criadores comerciais e amadoristas. No caso destes últimos, apesar da Legislação Brasileira permitir a criação em cativeiro e a comercialização (exclusivamente para os criadores comerciais) de aves silvestres, a forma de controle destas atividades ainda é pouco efetiva, o que possibilita que alguns desses criadores incluam em suas atividades aves retiradas ilegalmente da natureza. Na, maioria das vezes, a identificação destas aves ilegais no plantel de um criador é uma tarefa muito difícil, o que torna

¹ Departamento de Genética, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília

necessário a criação de mecanismos mais efetivos para o seu monitoramento. Uma das formas de realizar esse monitoramento é a por meio de testes de filiação utilizando marcadores genéticos do tipo microssatélites, para confirmar a paternidade/maternidade dos filhotes presentes nos criadouros. Neste capítulo, buscamos apresentar de forma resumida os atributos legais que regem os criadouros comerciais e amadoristas no Brasil e como o sistema de controle do plantel deste empreendimento é passível de violação. Em seguida, apresentamos os fundamentos teóricos dos testes de filiação e, de forma bastante simples e clara, como estes podem ser aplicados no controle dos criadouros de aves no Brasil.

Mecanismos legais de proteção e gestão da fauna no Brasil

Os animais de quaisquer espécies, em qualquer fase do seu desenvolvimento e que vivem naturalmente fora do cativeiro, constituindo a fauna silvestre, bem como seus ninhos, abrigos e criadouros naturais são propriedades do Estado, sendo proibida a sua utilização, perseguição, caça ou apanha. Art. 1º da lei nº. 5.197/67

Desde a promulgação da lei nº 5.197/67, conhecida como Código de Fauna e de Caça, é proibida a caça e a manutenção de animais silvestres em cativeiro, ficando os infratores sujeitos às penalidades vigentes. Além da proibição constante do artigo 1º desta lei, tornou-se proibido o comércio de espécimes da fauna silvestre e de produtos e objetos que impliquem em caça, perseguição, destruição ou apanha, abrindo exceção aos criadores legalizados. A normatização do funcionamento dos criadouros de animais da fauna silvestre com fins econômicos, os chamados criadouros

comerciais, é regida atualmente pela Instrução Normativa Ibama n. 07, de 30 de abril de 2015. Estes empreendimentos podem comercializar animais vivos, abatidos, partes e produtos da fauna silvestre desde que respeitadas as determinações e restrições previstas na norma.

Particularmente para as espécies silvestres de Passeriformes (popularmente conhecidos como pássaros canoros), as atividades de criação, reprodução, comercialização, manutenção, treinamento, exposição, transporte, transferência, aquisição, guarda, depósito, utilização e realização de torneios são regidas pela IN Ibama n. 10 de 20 de setembro de 2011. Nessa instrução normativa são reconhecidas duas categorias de empreendimentos: criador amador e criador comercial de Passeriformes da fauna silvestre. Do ponto de vista da Legislação, os criadores comerciais de Passeriformes se igualam aos demais criadores comerciais de fauna descritos anteriormente. Por outro lado, os criadouros amadoristas só podem ser registrados em nome de pessoas físicas e têm por finalidade a contemplação, o estudo e conservação de espécies de pássaros ou o desenvolvimento de tecnologia reprodutiva das espécies, mas sem fins comerciais. Apesar disso esses empreendimentos podem realizar a transferência ou a permuta de animais visando o incremento de seus respectivos planteis o que, apesar de não envolver o pagamento em dinheiro pelas aves, não deixa de ser uma forma de comércio.

Os criadores comerciais de animais silvestres (não somente de passeriformes) podem comercializar animais oriundos de reprodução, recria ou manejo em cativeiro, devidamente identificados individualmente por algum método aprovado pelo órgão ambiental responsável pelo licenciamento do empreendimento. No caso das aves, o principal sistema de marcação adotado é a aplicação de anilha metálica numerada (Figura

1) no tarso dos indivíduos, geralmente logo após o seu nascimento. Como o diâmetro interno das anilhas é legalmente definido para cada espécie, de modo que apenas filhotes com poucos dias de vida possam ser anilhados, entende-se que a presença desta marcação é o atestado de nascimento em cativeiro. Contudo, este sistema vem sendo alvo de diversas formas de fraude que, ao final, permitem que espécimes oriundos do tráfico sejam “esquentados” (adquiram falsa aparência de legalidade) e passem a ser comercializados como animais de estimação ou enviados para outros criadores comerciais do sistema para compor novos plantéis de reprodutores.

No caso das aves reproduzidas em criadores comerciais, a padronização, a modelagem e a fabricação das anilhas são de responsabilidade do próprio criatório. Já na criação amadorista de passeriformes, as anilhas são padronizadas, fabricadas e distribuídas conforme normas estabelecidas pelo poder público. Uma das fraudes mais conhecidas é a adulteração do diâmetro interno da anilha de modo que seja possível a marcação de aves adultas. No caso dos Passeriformes essa fraude é muito frequente, já que a maioria dos espécimes capturados na natureza são jovens ou adultos. Outra forma de fraudar esse sistema é capturar os filhotes na natureza logo após a eclosão dos ovos e, em alguns casos, a anilha é colocada quando os filhotes ainda estão no ninho. Uma versão mais sofisticada dessa fraude consiste na coleta de ovos na natureza e a finalização da incubação feita por galinhas de pequeno porte ou em incubadoras artificiais no próprio empreendimento. Estas últimas estratégias vêm sendo aplicadas principalmente para espécies de psitacíformes (araras, papagaios e afins).



Figura 1 - Exemplo de anilha metálica utilizada para a marcação de aves como forma de controle dos criadores comerciais no Brasil. O diâmetro interno de cada anilha é específico para cada espécie, de modo que só pode ser instalada no tarso das aves com poucos dias de vida. Fotos cedidas por Renato Severi, proprietário do Criatório Amazona Zootech.

A adulteração do diâmetro interno das anilhas é uma fraude passível de identificação, já que os agentes de fiscalização podem empregar um instrumento simples de medição (p. ex. paquímetro) para verificar se as anilhas estão nas dimensões exigidas por lei. Por outro lado, quando anilhas com dimensões corretas são utilizadas para marcar filhotes oriundos da natureza, essa fraude torna-se praticamente impossível de ser identificada. Geralmente os fraudadores declaram que esses filhotes nasceram em cativeiro e ainda indicam quais são os reprodutores presentes no plantel que os produziram. Desta forma, apenas procedimentos que permitam identificar de forma inequívoca a filiação desses filhotes podem auxiliar os agentes de fiscalização na caracterização deste ilícito.

Análise de filiação

A análise de filiação, ou averiguação da relação de parentesco entre possíveis pais e filhos, se baseia em um processo básico da hereditariedade,

no qual cada indivíduo recebe normalmente um genoma de cada parental. Por genoma entendemos o conjunto completo (n) de cromossomos (portanto de genes) herdado como uma unidade de um dos pais (Snustad e Simmons, 2013). Por exemplo, cada um de nós humanos é formado por um conjunto de 46 cromossomos, sendo que 23 deles vieram de nosso pai (genoma paterno) e os outros 23 de nossa mãe (genoma materno). Desta forma, o material genético presente no núcleo da maioria das células de um indivíduo tem 50% de similaridade com cada um dos genomas de seus pais. Apesar de usarmos humanos como exemplo, todos os vertebrados diploides que apresentam reprodução sexuada, dentre eles as aves, possuem a mesma característica em relação a hereditariedade do material genético. Baseado neste princípio, torna-se fácil confirmar o grau de parentesco entre indivíduos a partir da comparação de regiões específicas do genoma dos indivíduos sob análise.

Marcadores genéticos: microssatélites

Para fazer a análise de filiação não é necessário avaliar todo o genoma dos indivíduos, o que tornaria essa análise complexa e onerosa, praticamente inviabilizando essa forma de abordagem em investigações de rotina. Uma forma eficaz de fazer essa análise é por meio da escolha de regiões do genoma que podem ser informativas para esse tipo de investigação. De maneira geral, chamamos de marcadores genéticos qualquer região do genoma que nos permita investigar uma questão biológica (Awise, 1994, Perez-Sweeney *et al.*, 2003). No caso específico da análise de filiação, um dos marcadores genéticos mais utilizados são os chamados microssatélites ou *short tandem repeats* (STRs) (Tautz e Renz, 1984, Tautz, 1989, Weber e May, 1989). Os microssatélites são

regiões do genoma formadas por sequências de 1 a 6 nucleotídeos (componentes do DNA que contém as bases nitrogenadas adenina, citosina, guanina e timina) repetidas diversas vezes uma do lado da outra (em *tandem*) (Selkoe e Toonen, 2006, figura 2). A taxa de mutação observada nessas regiões é relativamente alta, variando entre 10^{-2} e 10^{-6} mutações por loco por geração, o que produz altos níveis de diversidade alélica (Schlötterer, 2000). A grande diversidade alélica (ou alto polimorfismo) observada em um loco microssatélite é resultado, portanto, da variação no número de unidades de repetição encontrada naquele loco (Eisen, 1999). Quando analisamos um determinado loco em uma espécie ou uma população podemos encontrar muitos alelos, que diferem quanto ao número de unidades de repetições que cada um possui. Cada indivíduo da população, sendo um organismo diploide, possuirá um ou dois alelos no loco estudado dependendo se for homocigoto (possuir duas cópias do mesmo alelo, cada um herdado de um dos pais) ou heterocigoto (possuir dois alelos diferentes, também sendo cada um herdado de um dos pais) (Perez-Sweeney *et al.*, 2003). Estes marcadores, por permitirem a identificação dos alelos e a determinação dos genótipos, são chamados de marcadores codominantes e são, desta forma, muito informativos (Perez-Sweeney *et al.*, 2003). Além da sua utilização para a análise de filiação (Asai *et al.*, 1999, Bowers *et al.*, 2015, Sánchez-Tójar *et al.*, 2015; Minias *et al.*, 2016), os microssatélites podem ser aplicados em diversas outras questões biológicas, incluindo a determinação do local de origem de animais apreendidos no tráfico de animais silvestres para sua posterior devolução à natureza (repatriação). Para mais detalhes sobre as características dos microssatélites e sua aplicação para a repatriação ver o Capítulo 4: Possibilidade de inferência da origem e destino de animais silvestres por meio da biologia molecular.

CCCCCCCCCCCC - Mononucleotídeo
ACACACACACACACAC - Dinucleotídeo
AGTAGTAGTAGTAGTAGT - Trinucleotídeo
ACTGACTGACTGACTGACTG - Tetranucleotídeo
AATTGAATTGAATTGAATTGAATTG - Pentanucleotídeo
CTTTGACTTTGACTTTGACTTTGACTTTGA - Hexanucleotídeo

Figura 2 - Exemplos de regiões do genoma chamadas de microssatélites. As bases grifadas representam a unidade de repetição (*motif*) de cada microssatélite. O número de nucleotídeos da unidade de repetição define a sua nomenclatura, conforme apresentado ao lado de cada microssatélite.

Aplicação dos microssatélites para testes de filiação

A utilização dos marcadores moleculares do tipo microssatélite para a análise da paternidade e do parentesco teve início logo após a descrição dessas sequências na segunda metade dos anos 1980 (Tautz e Renz, 1984, Tautz, 1989, Weber e May, 1989) e rapidamente tornou-se a ferramenta mais importante para esse fim em humanos. O alcance desta nova metodologia logo ficou evidente para toda a comunidade científica, incluindo para os pesquisadores interessados em questões conservacionistas. Assim, no início dos anos 1990 surgiram os primeiros artigos científicos chamando a atenção para o potencial desta nova classe de marcador genético e suas possíveis aplicações para o estudo e conservação da biodiversidade (Queller *et al.*, 1993) e para determinar as relações de parentesco em representantes

da fauna (Morin *et al.*, 1992, Amos *et al.*, 1993). Atualmente, dezenas de artigos científicos são publicados anualmente abordando questões relacionadas à análise de filiação e vínculo genético (análise de paternidade/maternidade), comportamento reprodutivo e estrutura social em animais e vegetais (Lafferriere *et al.*, 2016, Rodrigues *et al.*, 2016, Sandberger-Loua *et al.*, 2016, Turner *et al.*, 2016, Whittingham e Dunn, 2016, Zeng *et al.*, 2016). Em aves, esta metodologia vem sendo amplamente utilizada, principalmente em estudos sobre comportamento reprodutivo e acasalamento extra par (p.ex. Li *et al.*, 2009), sendo, entretanto, ainda pouco empregada para o controle de criadouros comerciais de aves.

A aplicação dos microssatélites em testes de filiação pode ser facilmente compreendida considerando-se o princípio da hereditariedade já exposto anteriormente: cada indivíduo possui duas cópias (alelos) de uma mesma região microssatélite, sendo que uma destas cópias foi necessariamente transmitida pelo seu pai, enquanto que a outra, necessariamente, pela sua mãe. Caso seja identificado no indivíduo um alelo que não esteja presente em um ou ambos os seus pais, isto pode ser interpretado como uma mutação recente ou que um ou ambos os indivíduos, sob análise, não são seus pais verdadeiros. Nestes casos, torna-se fácil fazer a exclusão de paternidade de um ou ambos os indivíduos atribuídos como pais verdadeiros (veja mais detalhes na Figura 3). A probabilidade de exclusão de ambos os pais (caso onde um indivíduo retirado da natureza é declarado como filhote de um casal presente em um criadouro) pode ser calculada utilizando-se a equação 3a descrita por Jamieson e Taylor (1997). Para aumentarmos a confiança nos resultados obtidos analisamos vários locos conjuntamente, o que nos permite calcular a probabilidade de exclusão combinada para todos os locos (ver equação 4 descrita por Jamieson e Taylor (1997)).

É possível também que os alelos de um filhote estejam presentes ao acaso nos indivíduos atribuídos como seus pais, o que levaria a falsa atribuição de filiação. Para evitar esse erro, é necessário o cálculo da probabilidade de atribuição de paternidade (ou maternidade) para cada loco, a qual é estimada com base na probabilidade de o indivíduo sob análise ser o pai (ou a mãe) verdadeiro (a), contra a probabilidade de qualquer outro indivíduo da população ser o pai (ou a mãe). Considerando a população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, a probabilidade de um indivíduo qualquer ser o doador daquele alelo específico é igual à frequência deste alelo na população. Para aumentar a eficácia dos testes de filiação são analisados, simultaneamente mais de 16 locos de microssatélites independentes. Quando se analisa vários locos, simultaneamente, pode-se calcular o índice cumulativo de paternidade (ICP), o qual é obtido pelo produto das probabilidades de atribuição de paternidade obtidas individualmente para cada um dos locos sob análise. Quanto maior o ICP, maior a probabilidade de o investigado ser o pai (ou mãe) biológico. Por exemplo, os testes de paternidade em humanos costumam apresentar ICP acima de 99,9%.

Realização do teste de filiação: um exemplo prático

No início da manhã de uma segunda-feira, chega à polícia ambiental uma denúncia de venda de filhotes de canário-da-terra em um *petshop* com suspeita de ilegalidade. Ao vistoriarem o estabelecimento os policiais encontraram apenas canários identificados com anilhas de um criador comercial credenciado no Ibama. Contudo, o denunciante insiste no ponto de que acredita que essas aves tenham sido capturadas na natureza e marcadas ilegalmente no empreendimento comercial. Diante

da suspeita, os policias fazem uma visita ao criador comercial e solicitam do proprietário amostras de sangue (duas ou três gotas) dos pais daquelas aves que estão à venda no *petshop*. As amostras dos reprodutores do criador comercial e das aves à venda no *petshop* são então enviados ao laboratório de genética forense.

A primeira etapa consiste na extração de DNA dessas amostras. Em seguida, uma alíquota das amostras de DNA é submetida a uma reação em cadeia da polimerase (PCR) com os iniciadores (*primers*) específicos para um loco de microssatélite trinucleotídeo (ATG_n) desenvolvido especificamente para o canário-da-terra. Após a genotipagem destes produtos de PCR, os peritos se deparam com a situação representada na Figura 3. Diante dos resultados torna-se claro que o Filhote 3 não é filho do casal reprodutor indicado pelo criador. Como o macho reprodutor é homozigoto (ATG_{12} / ATG_{12}), o único alelo que ele poderia transmitir para sua prole é o ATG_{12} . De forma semelhante, como a fêmea reprodutora é homozigota (ATG_{13} / ATG_{13}), o único alelo que ela poderia transmitir para sua prole é o ATG_{13} . Desta forma, para o loco analisado todos os filhotes deste casal reprodutor só poderão exibir o genótipo heterozigoto (ATG_{12} / ATG_{13}), conforme apresentam os Filhotes 1 e 2.

A primeira conclusão dos peritos então é que o Filhote 3 não foi gerado pelo casal reprodutor indicado pelo criador, devendo este explicar aos policias a verdadeira origem desta ave. Neste caso hipotético, este único loco de microssatélite foi suficiente para fazer a exclusão de filiação de ambos os indivíduos atribuídos como pais do Filhote 3. Contudo, os peritos sabem também que os alelos deste loco são muito frequentes na população de canários, e que o casal reprodutor poderia ao acaso ter

os alelos ATG_{12} e ATG_{13} mesmo não sendo os pais dos Filhotes 1 e 2. Para evitar um resultado equivocado, os peritos fazem a análise deste caso empregando vários locos de microssatélites independentes para corroborar o resultado inicial de que os Filhotes 1 e 2 foram mesmo gerados pelo casal reprodutor, ao contrário do Filhote 3.

Casal Reprodutor	
Macho	Fêmea
	
ATG_{12} / ATG_{12}	ATG_{13} / ATG_{13}
Filhote 1 - ATG_{12} / ATG_{13}	
Filhote 2 - ATG_{12} / ATG_{13}	
Filhote 3 - ATG_{11} / ATG_{14}	

Figura 3 - Análise de filiação hipotética empregando um loco de microssatélite (ATG_n) entre um casal de canários-da-terra (*Sicalis flaveola*) registrados como reprodutores em um criadouro comercial credenciado no Ibama e alguns indivíduos identificados como filhotes deste casal que estavam à venda em um *petshop*. O número subscrito em cada alelo representa o número de unidades ATG repetidas naquele alelo. Por exemplo, o filhote 1 é heterozigoto, possuindo o alelo ATG_{12} e o alelo ATG_{13} .

(Fotos: Renato Caparroz)

Limitações no uso dos microssatélites

Para a utilização de marcadores microssatélites, é preciso que iniciadores loco-específicos estejam disponíveis para a espécie de interesse. Isso restringe a sua utilização de forma mais ampla já que, para cada espécie de interesse, precisamos identificar as regiões no genoma contendo as regiões microssatélites, desenvolver os iniciadores específicos e caracterizar a variação existente naquele loco. Alternativamente, podemos tentar realizar a transferência de iniciadores desenvolvidos para uma espécie para outras espécies filogeneticamente próximas, como por exemplo entre espécies pertencentes ao mesmo gênero. Desta forma, antes de se iniciar um estudo é necessário primeiro estabelecer o conjunto de loco microssatélites para a espécie ou espécies alvo. Diversas metodologias vêm sendo empregadas para a identificação e caracterização de marcadores microssatélites (Zane *et al.*, 2012, Senan *et al.*, 2014). Contudo, na última década, a utilização das plataformas de sequenciamento de nova geração (NGS) vêm tornando essa etapa cada vez mais rápida e de baixo custo em relação às demais metodologias baseadas no enriquecimento de bibliotecas genômicas (Davey *et al.*, 2011, Gardner *et al.*, 2011, Castoe *et al.*, 2012, Jan e Fumagalli, 2016). Além disso, os NGS vêm facilitando o sequenciamento de genomas completos de diversas espécies de animais, plantas e micro-organismos. Esses genomas são depositados em bancos genéticos públicos (p. ex. GenBank) e podem ser explorados com ferramentas de bioinformática na identificação de locos microssatélites sem a necessidade de realização de procedimentos laboratoriais adicionais.

Conclusões

A aplicação de locos de microssatélites para a realização de teste de paternidade ou filiação em humanos, já é uma metodologia bem estabelecida mundialmente, porém sua aplicação no combate aos crimes contra a fauna ainda é incipiente, principalmente no Brasil. Parte dessa restrição está relacionada ao processo de isolamento desses marcadores genéticos espécie-específicos e ao baixo investimento no seu desenvolvimento. Contudo, a utilização das diferentes metodologias de Sequenciamento de Nova Geração vem permitindo o isolamento e o desenvolvimento de marcadores microssatélites de forma rápida e a baixo custo, possibilitando a rápida ampliação dos conjuntos de marcadores microssatélites disponíveis para nossa fauna. O maior desafio para a aplicação dessa metodologia no combate aos crimes contra a fauna brasileira, entretanto, é estabelecer a cadeia de custódia e viabilizar legal e economicamente a realização dessas análises genéticas de forma rotineira, sem onerar ainda mais os cofres públicos. Neste sentido, os criadores comerciais e amadoristas podem ser vistos como potenciais parceiros para a implementação dessa forma de gerenciamento de fauna em nível nacional já que, além dos órgãos competentes envolvidos no combate aos crimes contra a fauna brasileira, os próprios criadores podem se beneficiar desta metodologia do ponto de vista comercial. Assim, como já vem sendo feito para animais domésticos de grande valor econômico, como equinos e bovinos, a comprovação de que as aves à venda são oriundas de um casal legalmente registrado e com boas qualidades canoras pode ser utilizada para agregar valor econômico a elas. Além disso, é de interesse desses criadores combater a concorrência

desleal provocada pelos seus pares criminosos, que disponibilizam no mercado animais ilegais a baixo custo.

Referências

- Amos B., Schlötterer C., Tautz D. 1993. Social structure of pilot whales revealed by analytical DNA profiling. *Science* 260(5108): 670-672.
- Asai S., Shimoda C., Nishiumi I., Eguchi K., Yamagishi S. 1999. Isolation of microsatellite for paternity testing in the rufous vanga *Schetba rufa*. *Molecular Ecology* 8: 513-525.
- Awise J. C. 1994. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Ed. Chapman & Hall, London.
- Bowers E. K., Forsman A. M., Masters B. S., Johnson B. G. P., Johnson L. S., Sakaluk S. K., Thompson C. F. 2015. Increased extra-pair paternity in broods of aging males and enhanced recruitment of extra-pair young in a migratory Bird. *Evolution* 69(9): 2533-2541.
- Castoe T.A., Poole A.W., Koning A. P. J. Jones, K. L., Tomback, D. F., Oyler-McCance, S. J., Fike J.A., Lance S.L., Streicher J.W., Smith E.N., Pollock, D.D. 2012. Rapid Microsatellite Identification from Illumina Paired-End Genomic Sequencing in Two Birds and a Snake. *PLoS One* 7: 1-10.
- Davey J. W., Hohenlohe P. A., Etter P. D., Boone J. Q., Catchen J. M., Blaxter M. L. 2011. Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. *Nature Reviews Genetics* 12: 499-510.
- Eisen J.A. 1999. Mechanistic basis for microsatellite instability. In: Goldstein D. B., Schlötterer C. (eds.) *Microsatellites: Evolution and Applications*. Oxford, Oxford University Press, pp. 34-48.

Gardner M. G., Fitch A. J., Bertozzi T., Lowe A. J. 2011. Rise of the machines – recommendations for ecologists when using next generation sequencing for microsatellite development. *Molecular Ecology Resources* 11(6): 1093-1101.

Jamieson A., Taylor St. C. S. 1997. Comparison of three probability formulae for parentage exclusion. *Animal Genetics* 28: 397-400.

Jan C., Fumagalli L. 2016. Polymorphic DNA microsatellite markers for forensic individual identification and parentage analyses of seven threatened species of parrots (family Psittacidae). *PeerJ* 4 pp. e2416.

Lafferriere N. A. R., Antelo R., Alda F., Mårtensson D., Hailer F., Castroviejo-Fisher S., Ayarzagüena J., Ginsberg J. R., Castroviejo J., Doadrio I., Vilá C., Amato G. 2016. Multiple Paternity in a Reintroduced Population of the Orinoco Crocodile (*Crocodylus intermedius*) at the El Frio Biological Station, Venezuela. *PLoS One* 11(3): e0150245.

Li M-H., Välimäki K., Piha M., Pakkala T., Merilä J. 2009. Extrapair Paternity and Maternity in the Three-Toed Woodpecker *Picoides tridactylus*: Insights from Microsatellite-Based Parentage Analysis. *PLoS One* 4(11): e7895.

Minias P., Wojczulanis-Jakubas K., Rutkowski R., Kaczmarek K., Janiszewski T. 2016. Spatial patterns of extra-pair paternity in a waterbird colony: separating the effects of nesting density and nest site location. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70: 369-376.

Morin P., Woodruff D. 1992. Paternity Exclusion using Multiple Hypervariable Microsatellite Loci Amplified from Nuclear DNA of Hair Cells. In: Martin R., Dixson A., Wickings E. (eds.) *Paternity in Primates: Genetic Test and Theories*. Karger Medical and Scientific Publishers, pp. 63-81.

Perez-Sweeney B. M., Rodrigues F. P., Melnick D. J. 2003. Metodologias moleculares utilizadas em genética da conservação. In: Cullen Jr. L.,

- Rudran R., Valladares-Pádua C. (org.) *Métodos de Estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Editora da UFPR e FBPN, pp. 343-380.
- Queller D. C., Strassman J. E., Hughes C. R. 1993. Microsatellites and Kinship. *Trends in Ecology and Evolution* 8(8): 285-288.
- Rodrigues E., Collevatti R., Chaves L., Moreira L., Telles M. 2016. Mating system and pollen dispersal in *Eugenia dysenterica* (Myrtaceae) germplasm collection: tools for conservation and domestication. *Genetica* 144(2): 139-146.
- Sanchez-Tojar A., Parejo D., Martinez J. G., Rodriguez-Ruiz J., Aviles J. M. 2015. Parentage analyses reveal hidden breeding strategies of European Rollers *Coracias garrulous*. *Acta Ornithologica* 50(2): 252-258
- Sandberger-Loua L., Feldhaar H., Jehle R., Rödel M. 2016. Multiple paternity in a viviparous toad with internal fertilisation. *The Science of Nature* 2016 103(7): 1-8
- Schlötterer C. 2000. Evolutionary dynamics of microsatellite DNA. *Chromosoma* 109(6): 365-371.
- Selkoe K. A., Toonen R. J. 2006. Microsatellites for ecologists: A practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters* 9(5): 615-629.
- Senan S., Kizhakayil D., Sasikumar B., Sheeja T. E. 2014. Methods for development of microsatellite markers: an overview. *Notulae Scientia Biologicae* 6: 1-13.
- Snustad D. P., Simmons M. J. 2013. *Fundamentos de Genética*. 6ª ed. Ed. Guanabara Koogan.
- Tautz D., Renz M. 1984. Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. *Nucleic Acids Research* 12(10): 4127-4138.

- Tautz D. 1989. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic markers. *Nucleic Acids Research* 17: 6463-6571.
- Turner M. M., Deperno C. S., Booth W., Vargo E. L., Conner M. C., Lancia R. A. 2016. The mating system of white-tailed deer under quality deer management. *The Journal of Wildlife Management* 80(5): 935-940.
- Weber J. L., May P. E. 1989. Abundant class of human DNA polymorphisms, which can be typed using the polymerase chain reaction. *American Journal of Human Genetics* 44: 388-396.
- Whittingham L. A., Dunn P. O. 2016. Experimental evidence that brighter males sire more extra-pair Young in tree swallows. *Molecular Ecology* 25: 3706-3715.
- Zane L., Bargelloni L., Patarnello T. 2002. Strategies for microsatellite isolation: a review. *Molecular Ecology* 11: 1-16.
- Zeng L., Rotenberry J. T., Zuk M., Pratt T. K., Zhang Z. 2016. Social behavior and cooperative breeding in a precocial species: The Kalij Pheasant (*Lophura leucomelanos*) in Hawaii. *The Auk* 133(4): 747-760.

Cuidados Práticos em Animais Selvagens sob Diferentes Fatores de Estresse

Antônio Messias Costa¹

O tráfico de animais constitui uma das mais graves agressões à vida selvagem, mantendo-se entre aqueles que geram altos lucros ilegais, e causam um incalculável prejuízo ao patrimônio natural. Além disso, os animais, sendo muitos ainda filhotes, são submetidos a grande sofrimento, desde a captura, ou coleta, à manutenção temporária em péssimas condições sanitárias, até a via de transporte, quando ocorre a maior taxa de mortalidade. É senso comum que é baixíssima a taxa de sobrevivência, levando em conta o grande número de animais traficados. Todos eles, e principalmente as aves, por serem mais frágeis, vivem uma verdadeira “viacrúcis”, em que a morte precoce chega a ser um grande alívio. Foi pensando nas apreensões que ocorrem, muitas vezes, longe dos centros de recepção animal capazes de oferecer tratamento especializado, que dedicamos o presente Capítulo àqueles que integram as equipes de resgate, fiscalização e apreensão. Todos devem ter, sobretudo, a consciência ética de que os

1 Serviço do Parque Zoológico do Museu Paraense Emílio Goeldi

animais não devem sofrer por decisão humana, sendo nosso compromisso e responsabilidade prestar-lhes auxílio e garantir-lhes bem-estar.

Estresse no ambiente natural

Para a compreensão do estresse, do manejo e dos cuidados para com os animais selvagens é fundamental o entendimento de como funcionam suas relações intra e interespecíficas no ambiente natural. No meio selvagem, a liberdade animal é limitada por regras definidas, em um cenário que propicia oportunidades de o animal construir sua identidade biológica, contribuindo para a conservação de sua espécie. A excelente condição atlética e imunológica, que o meio selvagem impõe, também o coloca sob riscos permanentes. Entretanto, quando essas características se tornam negativas, em indivíduos feridos, doentes e imunologicamente comprometidos, as cargas de patógenos (bactérias, vírus, endo e ecto parasitas, etc.) que albergam, antes em equilíbrio, passam a agir desfavoravelmente. Animais enfraquecidos tornam-se presas fáceis em benefício da cadeia alimentar, mas, por outro lado, a maior higidez dos mais preparados tornam-nos destinados a propagar a espécie. Uma situação adversa ocorre com os animais em razão do tráfico. São em sua maioria provenientes da natureza, submetidos a diversos fatores de estresse, que culminam em doença, sofrimento e morte.

O desmatamento, destruindo e reduzindo habitats, além de fator de estresse, age como elemento facilitador na captura e coleta ilegais de muitas espécies de animais selvagens. Acompanham-no a construção de estradas, assentamentos e projetos agropecuários, aumentando também a presença de espécies domésticas e invasoras, e, conseqüentemente, o

risco de introdução de doenças à fauna nativa (tuberculose, herpesvíroses, cinomose, parvovirose, toxoplasmose, criptococose e raiva, entre outras).

Cientistas, nas primeiras décadas do século XX, já percebiam esse cenário, relacionando os impactos ambientais ao surgimento das doenças no meio natural, cujas consequências na conservação da vida selvagem eram radicalmente subestimadas. Também é possível verificar o efeito da redução de habitats, na presença de várias espécies de aves em ambientes urbanos, a exemplo do gavião-real (*Harpia harpyja*) (Fig.1), espécie ameaçada, e também de populações remanescentes de pequenos primatas (Calitriquídeos e Saimiris) nas matas periféricas de muitas cidades amazônicas. De maior impacto, são vários os relatos de onça (*Panthera onca*), predador de topo, e importante indicador de qualidade do ecossistema, com alta taxa de mortalidade por competição com interesses humanos (Fig.2). O cenário ambiental existente requer o envolvimento efetivo e contínuo dos órgãos ambientais e parceiros, buscando, pelo menos, retardar este processo, sob pena de ficarmos reduzidos a ações temporárias e pontuais, com graves consequências para um futuro já bem próximo. A drástica redução da Mata Atlântica é um exemplo a ser lembrado.



Fig. 1 - Gavião-real (*Harpia harpyja*) caçando em cidade do interior da Amazônia. (Foto: Biól. Marcos Cruz)



Fig. 2 - Onça (*Panthera onca*) morta em razão de conflitos com humanos, no interior da Amazônia.

Estresse no ambiente restrito

O estresse é um fenômeno constituído por uma “síndrome adaptativa”, caracterizada pela soma de todas as reações sistêmicas, após uma exposição contínua a estímulos nocivos. Tal síndrome consiste de três fases: reação de alarme; estágio de resistência; e fase de exaustão¹. Reações extremas podem suscitar respostas potencialmente fatais em um animal.

Os agentes estressantes podem ser classificados como somáticos, quando agem diretamente sobre o indivíduo (odores, frio, calor, barulho, contenção física) (Fig. 3); psicológicos (medo, ansiedade, ira e frustração), estes integrados aos comportamentais (isolamento social, hiperfagia, movimentos repetitivos, automutilação, etc.) (Fig.4) e multifatorial (desnutrição, efeitos de drogas, infecções, ambientes ruins, cirurgias, imobilização física, gestação). Esses fenômenos ocorrem a partir de estímulos externos, via receptores, analisados pelo sistema nervoso central, que os processa emitindo impulsos, também por via nervosa, para os órgãos efetores, que produzem reações específicas e/ou não específicas. O estresse pode ser agudo ou crônico, havendo espécies com diferentes susceptibilidades. Além disso, devem ser levados em conta os fatores relacionados à idade, tipo de manejo e tempo de cativeiro². A dor aguda é uma manifestação de estresse muito presente nas condições de transporte de animais traficados, principalmente na miopatia de captura, causada por contenções físicas e transportes inadequados. Trata-se de uma patologia grave, por causar sérias lesões musculares e alterar a bioquímica sanguínea do animal, colocando em risco sua função cardiorrespiratória e,

consequentemente, sua vida. Segundo Mosley³, a dor prejudica o equilíbrio interno do animal, provoca alterações que podem resultar em um balanço energético negativo, leva ao comprometimento do sistema imunológico, inibe a cura e interfere com o comportamento normal requerido para a saúde.



Fig.3 – Muçuás (*Kinosternon scorpioides*) sob vários fatores de estresse, coletados para comercialização ilegal na Amazônia. (Foto: Fotógrafo Hely Pamplona)



Fig. 4 – Preguiça-real (*Choloepus didactylus*) impossibilitada de movimentar-se por traumatismo se automutila, no PZ-MPEG, Belém/PA.

Identificação e comparações que ajudam

A identificação taxonômica do animal é de grande ajuda tanto para a pesquisa bibliográfica quanto para a aplicação das medidas de apoio e cuidados, como mostram os exemplos a seguir.

A anta (*Tapirus terrestris*) pertence ao mesmo grupo dos cavalos, zebras e rinocerontes, por compartilharem muitas características fisiológicas e anatômicas comuns ao grupo Perissodactyla. Assim, as dietas e medicamentos utilizados em cavalos são aplicáveis a todo o grupo selvagem. Entretanto, deve-se lembrar de que a anta é um animal semiaquático, enquanto o cavalo é terrestre, ambos muito resistentes, porém com limites específicos de tolerância ao esforço e ao calor.

Os felídeos e canídeos selvagens têm padrões fisiológicos e comportamentais semelhantes ao do gato e do cão domésticos. Já os mamíferos do grupo denominado Xenarthra, que engloba tatus, preguiças e tamanduás, têm em comum o baixo metabolismo e temperatura, devendo ser manejados com cuidado, de modo a não exaurirem as suas baixas reservas energéticas, regra também válida para répteis e anfíbios.

A ariranha (*Pteronura brasilienses*) e a lontra (*Lutra longicaudis*), animais de altíssimo metabolismo, são pertencentes ao grupo Mustelídeo, confundidas até mesmo entre profissionais da área. Porém, a primeira tem a cauda achatada, parecida com um remo, enquanto a segunda tem-na arredonda.

No grupo dos felinos causam confusão identificatória: filhote de onça (*Panthera onca*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*) (Fig. 5) adulto, gato maracajá (*Leopardus wiedii*) (Fig. 6) e gato-do-mato-pequeno (*Leopardus*

tigrinus). Contudo, o filhote de onça é bem diferente, a começar pelas grossas patas e cabeça maior, enquanto a jaguatirica é pequena, chegando a apenas 14 kg, possui um padrão de manchas específico e nariz mais róseo. O gato-maracajá, por sua vez, além do padrão de manchas, tem a pelagem ligeiramente ocre, rabo mais longo e nariz de tonalidade mais escura, se comparado ao da jaguatirica, e pode pesar até 4 kg. O gato-domato-pequeno é o menor do grupo, tem porte de um gato doméstico, com peso médio de 2,5 kg. Destaca-se das sete espécies de felídeos amazônicos, o gato-jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), também conhecido como gato-mourisco, gato vermelho e gato preto, que, independentemente do sexo, pode apresentar uma pelagem uniformemente avermelhada ou marrom escurecida.



Fig. 5 – Gato-jaguarundi (*Leopardus pardalis*) sub-adulto, com a extremidade do nariz rosado.



Fig. 6 – Gato-maracajá (*Leopardus wiedii*) com a extremidade do nariz escurecida.

Outro ponto importante na identificação taxonômica é conhecer as denominações regionais, como mostra o exemplo: o macaco-da-noite (*Aotus trivirgatus*) é um primata de hábito noturno e cauda não preênsil,

entretanto, em alguns locais da Amazônia, esta denominação é dada ao jupará (*Potos flavus*) (Fig. 7), por ter hábito noturno, cauda não preênsil, como muitos primatas, mas que pertence ao grupo Procionídeo, o mesmo do quati (*Nasua nasua*) (Fig. 8) e do guaxinim.



Fig. 7 - Jupará - (*Potos flavus*), adulto, evidenciando a longa cauda preênsil.



Fig. 8 - Quati - (*Nasua nasua*), adulto, com os anéis escuros e nítidos em sua cauda.

No caso das aves, as características do bico e membros inferiores dão informações importantes sobre o grupo ao qual pertencem. Pesquisas realizadas por Donatelli *et al.* (2014) com a família Picidae (pica-paus), reafirmam a associação entre hábito e fontes alimentares com o tipo de bico, associando-os à ecologia alimentar das diferentes espécies de aves. Essas relações são bem nítidas no grupo de psitacídeos que, com raras exceções, tem os bicos rígidos e adaptados para a quebra de castanhas e os membros capazes de segurá-las. Já no grupo das garças, os bicos longos são bem adaptados a fisgar peixes, entre outros organismos aquáticos, e as aves insetívoras possuem uma enorme cavidade oral facilitando a captura de insetos. Existem inúmeras fontes de pesquisa, sendo recomendável um site de fácil acesso, denominado “*wikiaves*”.

Em relação aos répteis, a identificação, além das informações biológicas, é um fator de segurança. Quase todas as serpentes peçonhentas brasileiras têm a fosseta loreal, um orifício entre a narina e o olho, com a função de captar calor, localizando suas presas ou eventuais ameaças. A exceção são as serpentes corais verdadeiras ou falsas (Elapidae), que não a têm. As peçonhentas são identificadas pelo anel colorido que toma também a parte ventral do corpo. Tanto em relação aos répteis quanto aos anfíbios, pela diversidade e particularidades biológicas, é muito importante obter informações e pesquisar sobre os melhores cuidados a serem neles aplicados, sobretudo, quanto aos aspectos de ambientação e manejo alimentar. Atualmente, é farta a gama de informações sobre as mais diferentes espécies, o que não descarta a ajuda de bons guias e manuais de campo, de fácil aquisição, entretanto, em caso de dúvidas, faz-se necessário contar com o apoio de especialistas na área.

Princípios e meios de contenção física

A contenção física de um animal consiste na sua imobilização total ou parcial, de maneira a permitir a execução das medidas requeridas para diferentes fins. É necessário considerar a viabilidade de alternativas seguras, que provoquem menos estresse no animal. O planejamento das ações na contenção física é de fundamental importância, devendo envolver a avaliação física e fisiológica do animal (filhote, idoso, gestante, desnutrido, doente), horário da ação, local da operação, o método a ser empregado e as regras de segurança para os envolvidos: operador, auxiliares e animal. O responsável por determinada operação, na ausência de um técnico da área afim, deve ser alguém que tenha afinidade e destreza com

animais, bom senso e espírito de liderança. Vários equipamentos são utilizados na contenção física, adequados a diferentes tipos de situação e espécies envolvidas. O conhecimento prévio do uso do equipamento e do mecanismo de defesa do animal é fundamental para a segurança humana e animal, a fim de atingir o objetivo proposto. Estão descritos abaixo os meios de contenção física aplicáveis na lida com animais selvagens, nas circunstâncias de apreensão, resgate e manipulação para outros fins.

Mãos nuas ou com luvas - Quando inevitável, a utilização direta das mãos favorece o aspecto tátil, assegurando o grau de pressão a favor da segurança humana e animal. Em animais de maior risco, como primatas, grandes psitacídeos, preguiça-real e canídeos de pequeno porte, uma forte autoconfiança é exigida, entretanto, riscos de contaminação e acidentes podem ocorrer. Com o uso de luvas, geralmente de couro, longas ou curtas, há proteção contra mordidas, bicadas e elimina-se o risco de contaminação, embora se perca a percepção tátil, o que pode afetar o grau de força na contenção do animal. É importante considerar os aspectos de contaminação e diferentes odores animais na utilização de uma mesma luva, nas contenções de diferentes espécies, sendo importante a desinfecção prévia ou troca das mesmas.

Puçá ou passaguá - é o equipamento de escolha para inúmeras espécies de aves, pequenos e médios mamíferos e lagartos. No caso de serpentes devem ser do tipo saco fundo. Devem ser considerados o diâmetro do aro e comprimento do cabo, material e diâmetro da malha, bem como os tipos de animais a serem contidos (Fig. 9 a e b). Os cuidados de desinfecção e segurança devem ser sempre considerados para esse tipo de equipamento.



Figs.9 a. b. – Puçás utilizados em diferentes situações, mostrando a facilidade de acesso em uma paca (*Cuniculos paca*) e imobilização de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*), durante transporte rápido.

Cambão ou enforcador – é um excelente e seguro meio de contenção física, por ser capaz de manter o operador com distância segura do animal. Pode ser utilizado em animais de médio e grande porte, tais como: canídeos, felídeos, lagartos, jacarés, serpentes de grande porte (nessas, apenas como apoio, evitando a região cervical para não causar enforcamento), mas jamais em aves. O grau de resistência do material, o laço não cortante, a proteção à mordida e a facilidade de soltura são pontos importantes a considerar no equipamento.

Ganchos – são equipamentos utilizados para a manipulação de serpentes. Para a sua utilização é fundamental identificar previamente a serpente envolvida, sobretudo o raio de alcance de seu bote, e, na inexperiência, utilizá-lo apenas como apoio ao manejo de serpentes (transferência para caixa de transporte, etc.).

Tubos de acrílico ou de papelão resistente – podem ser improvisados para imobilizar animais de pequeno porte, traumatizados ou sob grande agitação. No caso de tubos longos e resistentes, com uma extremidade obstruída, usando o apoio de bastões ou ganchos, serpentes

peçonhentas podem ser induzidas a entrar, sem que haja exposição a maiores riscos.

Cuidados práticos - triagem

Na circunstância de animais traficados, a observação do cenário já permite avaliar o estado em que eles se encontram, que tende a ser pior quanto mais frágeis forem as espécies envolvidas. A primeira medida a ser tomada, nessa situação, é a pronta retirada desses dos espaços de confinamento, livrando-os das amarras e colocando-os em ambiente tranquilo e protegido. O critério a ser seguido é priorizar o atendimento àqueles que se encontram em estado de maior gravidade, caracterizado pelo grau de enfraquecimento ou perda de consciência, filhotes e aqueles que estejam responsivos a estímulos, mas com evidência de complicações tais como traumatismo, tosse, respiração rápida, vômito, diarreias e ectoparasitoses.

As aves constituem o maior grupo de animais traficados. A grande diversidade e particularidades anátomo-fisiológicas sinalizam diferentes graus de resistência ao estresse. Entretanto, todas têm em comum uma alta taxa metabólica, frágil estrutura óssea e um sistema respiratório diferenciado. Quando enfraquecidas ou doentes, têm os bicos sujos, as asas caídas e penas arrepiadas. O estado letárgico e a incapacidade de empoleirar-se são os principais sinais observados, situação mais grave quando se trata de filhotes, mais propensos à hipotermia e aos problemas respiratórios. A avaliação da musculatura peitoral indica o estado nutricional; quando ruim, a quilha (osso peitoral) fica bastante evidente, em razão da hipotrofia muscular. O local em que foram transportadas pode evidenciar fezes diarreicas,

sangue e material de vômito, dados importantes na avaliação do animal. Comparado a outros grupos, as aves requerem medidas mais imediatas e monitoramento constante, sob pena de morrerem rapidamente.

Os mamíferos, de um modo geral, são bem mais resistentes do que as aves. Evidentemente, nesse diverso grupo existem particularidades biológicas e anatômicas, que afetam o seu grau de resistência aos diferentes fatores de estresse, a exemplo do alto metabolismo dos Mustelídeos e baixo dos Xenarthros. Assim sendo, para esses animais, as condições térmicas ambientais, ou meio para controlá-las, são vitais para seu bem-estar e sobrevivência, como se pode verificar nas Figs.10 e 11, filhotes de ariranha (*Pteronura brasiliensis*) e uma preguiça-de-três-dedos (*Bradypus variegatus*) termorregulando-se.



Fig.10 – Filhotes de ariranha (*Pteronura Brasiliensis*) refrigerando-se em tanque do PZ-MPEG, condição vital ao bem-estar e sobrevivência.



Fig. 11 - Preguiça-de-três dedos (*Bradypus variegatus*) termorregulando-se na água, no PZ-MPEG, em Belém/Pará.

Os répteis, cuja temperatura corporal varia de acordo com o ambiente (ectotérmicos), constituem um grupo, até certo ponto, resistente às adversas condições de estresse, como o confinamento em caixas, menor ventilação e um período maior de jejum. Ainda que nasça com reservas alimentares (vitelo), que garantem a sua sobrevivência nas primeiras semanas de vida, o filhote de réptil é

muito frágil e requer cuidados especiais. Entretanto, há gradações de resistências dentro de um mesmo grupo e aspectos biológicos que devem ser considerados. Por exemplo: a serpente periquitambóia e a jiboia pertencem ao mesmo grupo taxonômico (Boídeos), porém, a primeira é extremamente frágil, enquanto a segunda tem grande resistência; já o jacaré-coroa (*Paleosuchus sp*) é mais resistente do que o jacaretinga (*Caiman crocodilus*); um muçuã (*Kinosternon scorpioides*) e um pitiú (*Podocnemis sextuberculata*) são extremamente frágeis, enquanto uma aperema (*Rhinoclemmys punctularia*) e um tracajá (*Podocnemis unifilis*) possuem alta resistência. Porém, animais em ecdise (mudança de pele) têm o metabolismo reduzido, devendo ser manipulados cuidadosamente.

O aspecto do limiar da dor nos répteis sempre suscita dúvidas quanto à possibilidade de serem mais resistentes, entretanto, Mosley³ afirma que experiências sugerem que os répteis respondem a estímulos dolorosos de uma maneira muito semelhante aos mamíferos, e a suposição de que a sensibilidade de um animal para a dor esteja diretamente relacionada à sua posição na árvore filogenética pode ser imprecisa, pois ela reflete apenas na forma como o animal expressa sua dor.

Os anfíbios representam um grupo de alta fragilidade. Até mesmo em áreas ambientais protegidas são atingidos pelo aquecimento global. A vulnerabilidade deve-se, além da frágil estrutura, à respiração pulmonar e cutânea, de modo que é imprescindível garantir as condições de umidade e temperaturas ambientais necessárias à sua sobrevivência. No caso de peixes, a manutenção das condições adequadas de pH, salinidade, temperatura e oxigenação são os princípios básicos que devem estar associados à compatibilidade e densidade de espécies, além dos cuidados sanitários gerais requeridos nos ambientes em que são mantidos.

Animais em estado crítico

As péssimas condições de transporte de animais traficados predis põem-os à hipotermia, hipoglicemia, hipoventilação, traumatismos, hemorragias, timpanismo, desidratação e infecções. Essas condições mórbidas estão intimamente interligadas, e podem resultar no óbito pelo choque, uma situação caracterizada pela queda da pressão sanguínea e consequente incapacidade do organismo em prover ao cérebro níveis adequados de oxigênio e glicose. Nessa situação, eles perdem a consciência, tem o olhar amortecido e ficam imóveis, o que exige providências imediatas. Uma condição patológica também a ser considerada é o estado septicêmico, geralmente de causa bacteriana, favorecida pela baixa imunidade e condições sanitárias ruins, o que pode afetar todos os animais de um mesmo grupo. Na triagem, os animais não responsivos a estímulos externos, incapacitados de movimentação (fraqueza, traumatismos), com ruídos respiratórios (obstrução, infecções respiratórias), diarreia profusa, com ectoparasitas, apresentam situação grave, e requerem cuidados prioritários, para que não se intensifique o quadro existente. As principais situações emergenciais serão descritas, e propostas medidas para minimizar o sofrimento animal, dando-lhes uma chance de sobrevivência, até que possam receber atendimento especializado.

Hipotermia

É caracterizada pela perda excessiva de calor, sem que haja meio de compensação pelo organismo. Os animais homeotérmicos (temperatura constante) são as principais vítimas, principalmente quando filhotes, por terem o sistema termorregulador incipiente. A situação pode ser agravada

pela restrição de movimento, substratos frios e fome. Se não forem tomadas medidas emergenciais, o quadro de hipotermia evolui rapidamente para o choque. O monitoramento térmico do animal, de acordo com Fowler², deve considerar as manifestações que podem evoluir de brandas a tremores e calafrios, havendo nesses casos pronta recuperação após aquecimento. Em situações de maior gravidade, mesmo com o atendimento rápido, a recuperação tende a ser de forma mais lenta. No caso de ausência de resposta favorável às medidas tomadas, a situação do animal pode evoluir para um estado comatoso, com risco de morte iminente.

Medidas

A principal medida é livrar o animal do agente causador do frio, e logo em seguida providenciar uma fonte de calor externa, desde uma exposição direta ao sol ou sua manutenção junto ao corpo da pessoa, dependendo da espécie e seu porte. Outras medidas são: bolsas ou garrafas de plástico com água morna (45 °C), envoltas em toalhas secas, estrategicamente colocadas no corpo do animal; imersão (com a cabeça protegida) em sacos plásticos, dentro de recipientes com água morna. É importante verificar a espécie envolvida, tipo de pelagem, plumagem e panículo adiposo, uma vez que esses dificultam a recepção e condução de calor. Situações de maior gravidade requerem provimento de calor interno através de sondas estomacais e enemas (via retal), utilizando soluções aquecidas e energéticas, com soluções de glicose 5% ou soro caseiro aquecido.

Os répteis, embora sejam mais resistentes, sob estresse e com a imunidade baixa também merecem atenção e cuidados. Colocá-los em ambiente tranquilo e ao sol é uma medida importante e facilmente

viável, na impossibilidade de aplicar outros cuidados de aquecimento já mencionados para outras espécies.

O monitoramento da temperatura é importante, e na ausência de um termômetro, é de ajuda utilizar o dorso da mão nas extremidades dos membros e, no caso de mamíferos, também nas orelhas, condição que deve estar associada à verificação das mucosas visíveis (gengiva e língua) que podem estar pálidas ou azuladas.

Hipertermia

Ocorre quando a temperatura corporal se eleva além do normal e o organismo não consegue controlá-la. É uma condição que requer providências imediatas. A situação é mais grave quando envolve animais muito jovens, idosos ou obesos. Pode ocorrer em situação de alta densidade animal, em caixas com pouca ventilação, principalmente sob incidência solar direta, por longo tempo.

Animais com hipertermia apresentam inquietude, hálito quente, respiração acelerada, diminuição da produção de saliva, que fica mais densa, e as mucosas visíveis ficam mais avermelhadas. Com hipertermia grave, os animais ficam desorientados e cambaleantes, podendo haver sangramento pelo nariz e boca, quadro que pode evoluir para a convulsão. É de fundamental importância verificar a espécie envolvida, principalmente quanto ao revestimento corporal (pelagem ou plumagem) e panículo adiposo, uma vez que são isolantes térmicos e dificultam a dispersão de calor. Em mamíferos, de um modo geral, segundo Fowler², a temperatura fica entre 37-39 °C, considerando-se hipertermia moderada as temperaturas entre 40-41 °C, e acima de 41 °C é

caracterizada uma situação de risco, por comprometer todo o sistema vital com possibilidade de falência múltipla dos órgãos. É preciso lembrar que, nas aves, a temperatura alta é normal, portanto, devem ser analisadas a situação física do animal e as circunstâncias em que ele se encontra.

Medidas

Manter imediatamente o animal em local tranquilo e ventilado, oferecer água fresca, associando-a com eletrólitos (soros orais comerciais, soro caseiro, água de coco) e/ou gelo para lambeduras. Situação de moderada gravidade requer o resfriamento do animal através de imersão em água fria ou através de toalhas umedecidas em água gelada e/ou envolvendo gelo, colocadas nas regiões inguinais, axilares e base do pescoço. O álcool em gel é uma boa alternativa. Em quadro de maior gravidade recomenda-se enemas de água fria, principalmente em mamíferos. Na falta de opções, o ar-condicionado e a ventilação do carro são de grande valia na refrigeração do animal. O monitoramento da temperatura, até que o animal se recupere, é importante, sendo necessário verificar o ritmo e o grau de conforto respiratório. Deve-se atentar que um animal em choque por superaquecimento, em certo estágio, pela hipotensão, passa a reduzir a temperatura, uma condição de péssimo prognóstico.

Hemorragia e traumatismos

São condições clínicas graves e de significativa ocorrência em circunstâncias de animais traficados. As aves, pelas suas características

anatômicas, são muito suscetíveis a traumatismos, principalmente craniano (hemorragia subdural), uma ocorrência grave e de prognóstico ruim, mesmo sob tratamento intensivo. Deve-se ter o cuidado de averiguar traumas, incluindo hematomas, que às vezes estão escondidos sob a plumagem. O sangramento interno é mais difícil de ser detectado, entretanto, em perdas sanguíneas significativas há risco de choque hipovolêmico iminente para todas as espécies, sendo importante observar a palidez da língua, gengiva, frequência respiratória aumentada e o grau de reatividade do animal. Em sangramento externo, a gravidade é maior quando se trata de fraturas expostas, pelo risco de rompimento de vasos calibrosos, contaminação da ferida, além do processo doloroso. Os parâmetros estabelecidos por Fowler² são importantes para avaliar os riscos de perda sanguínea dos animais, levando em conta a espécie, idade, sexo e condição funcional das diferentes espécies de vertebrados. Ele recomenda a atenção nos percentuais de perdas sanguíneas nas diferentes espécies, a exemplo do menor significado clínico numa perda de 15-20% em um ser humano, mas que ameaçaria a vida de um periquito de 50 g com 4 ml de sangue.

Medidas

Todo sangramento deve ser levado a sério, mesmo que seja interrompido, pois pode retornar com a movimentação do animal, principalmente quando localizado em extremidades. A utilização de compressas sobrepostas ou panos secos e limpos, fixos com esparadrapo ou fitas adesivas, são meios eficazes no controle de sangramentos. No caso de fraturas deve-se realizar a imobilização do membro afetado, com talas

envolvidas em gaze, toalhas, restringindo ao máximo o movimento do animal. Medidas adicionais igualmente importantes envolvem a hidratação associada a energéticos (açúcar, mel) a fim de repor energia e volume sanguíneo, assim como analgésicos (não esteroides) à base de paracetamol ou meloxicam, que são indicados para uma infinidade de espécies animais, incluindo répteis e aves. Já os ferimentos superficiais (escoriações, lacerações, cortes), são uma porta de entrada para infecções. Devem ser limpos e cuidados (iodopovidine, clorexidine, água oxigenada, pomadas antibióticas), protegidos com gaze ou panos secos, até que possam ser avaliados por um veterinário.

Hipoglicemia

É caracterizada pela baixa taxa de açúcar no sangue e, nas condições de animais traficados, quase sempre está associada à hipotermia. Nesses casos, as principais causas estão associadas a jejum prolongado, exaustão nos esforços submetidos na captura e transporte, além das particularidades fisiológicas quanto ao baixo ou alto metabolismo da espécie envolvida, como preguiças e aves, respectivamente. A consequência é a fraqueza, que pode evoluir para um quadro convulsivo e choque hipoglicêmico, caracterizado pela perda de consciência do animal. Em répteis, a hipoglicemia pode estar ligada a esforços excessivos e a sua manutenção por longo tempo em substratos frios.

Medidas

Prover aquecimento e energia através de soluções de açúcar ou mel, a começar pela via oral e, se o animal se encontrar inconsciente, utilizar

um algodão embebido em solução concentrada de açúcar e passar em toda mucosa da cavidade oral. Em mamíferos, os enemas de soluções saturadas de açúcar são de grande eficácia, mas em aves e répteis em estado grave, a sonda estomacal com fluidos de solução glico-fisiológicas é a melhor opção, tratando-se de uma manobra fácil, embora requeira treinamento prévio. Deve-se monitorar a temperatura e o grau de reatividade, quando necessário, repetindo as medidas já tomadas, até que o animal se estabilize. Frutas adocicadas e suplementos alimentares, ricos em energia, são recomendáveis para espécies frugívoras.

Desidratação

A desidratação é uma condição clínica caracterizada pela perda de líquido orgânico que pode estar associada à hemorragia, hipertermia, diarreia, vômito, sede prolongada, condições essas, predisponentes nas circunstâncias de transporte e condições sanitárias ruins, muito presentes no tráfico. As evidências de desidratação vão desde a perda da elasticidade da pele, caracterizada pelo seu retorno lento quando tracionada, à secreção salivar diminuída, letargia e olhos amortecidos. Em répteis, além da apatia do animal há perda de brilho, de elasticidade e sobra de pele, em casos mais graves. Em aves, além da letargia há enrugamento da pele periocular e fezes com pouco volume líquido, observações importantes e fáceis de fazer. Segundo Fowler², a perda de líquido corporal nos animais varia de 3-15% do PVC (peso vivo corporal), com consequências que variam desde uma desidratação moderada, afetando a elasticidade da pele e a pressão sanguínea, a uma situação grave, que pode culminar em

sinais de choque hipovolêmico e coma com severo agravamento renal, quadro de difícil reversão. As Figs.12 a,b,c, ilustram a eficácia de medidas práticas emergenciais em uma ararajuba (*Guaruba guarouba*) em estado comatoso.



Figs.12 a,b,c- Eficácia das medidas práticas emergenciais numa ararajuba (*Guaruba guarouba*) em estado comatoso, no PZ-MPEG, em Belém/PA.

Medidas

Deve ser imediata a reposição dos líquidos e eletrólitos corporais, através de infusões de soluções glico-fisiológicas a 5%. Entretanto, nas circunstâncias de animais traficados, o oferecimento inicial deve ser de água fresca para garantir a aceitação, e depois tentar ministrar por via oral: soro caseiro, e/ou água de coco com polivitamínicos (Fig.13). Nos casos de maior gravidade, a hidratação via retal é de grande valia. Segundo Fowler², o requerimento de fluidos de um animal em condição de descanso (metabolismo basal) é de 40 ml/kg de peso vivo, diário, assim, um animal com desidratação severa requereria volumes adicionais de hidratação. No caso de serpentes desidratadas, além da ingestão de água fresca, os banhos em água morna ajudam, principalmente se estiverem em muda irregular de pele.

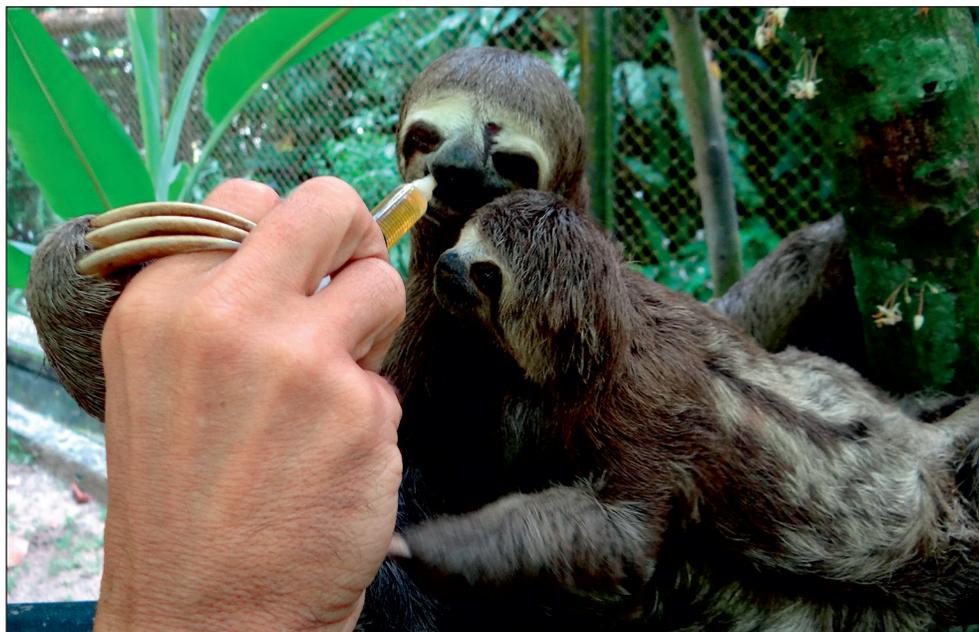


Fig13- Preguiças-de-três-dedos (*Bradypus variegatus*) recém-chegadas ao PZ-MPEG, em Belém/PA, recebendo soro com complexo vitamínico.

Animais órfãos

Os filhotes são as vítimas mais vulneráveis nas condições de emergência dos animais traficados. Sofrem com a ruptura familiar e consequente perda de referencial biológico, gerando um grande estresse psicológico e comportamental. Com o organismo ainda em formação, eles possuem maior susceptibilidade aos fatores de risco que as condições do tráfico impõem, tais como hipotermia, hipoglicemia, desidratação e infecções respiratórias. Eles requerem cuidados imediatos e quase sempre têm um prognóstico muito ruim, quando doentes, principalmente no caso de aves, mamíferos aquáticos e filhotes de Xenarthras (preguiças, tatus e tamanduás).

Medidas

São as mesmas já referidas para animais adultos, entretanto, é importante dar atenção especial ao aquecimento e alimentação qualitativa e quantitativamente adequada. No caso de mamíferos, existem o leite integral e substitutivos artificiais que devem ser oferecidos mornos, na proporção de 10-20% do peso vivo, diariamente, por 4-6 vezes ao dia. Para filhotes de aves, além das papas comerciais enriquecidas, o ovo cozido associado a frutas digestivas é uma ótima opção. Para os répteis, mistura de ovos com vitaminas podem ser dados por sonda estomacal, na proporção de até 4% do peso vivo, 1 vez ao dia. Deve-se considerar o tempo em que os animais estão sem se alimentar, iniciando as primeiras dietas, mais diluídas e em menores quantidades, aumentando gradualmente a quantidade

a ser ofertada. Os equipamentos usados podem ser mamadeiras, seringas não agulhadas, conta-gotas, que devem ser bem higienizados. É importante conhecer o padrão comportamental da espécie a ser cuidada, de modo a utilizar uma posição natural para o filhote, durante a alimentação artificial. Filhotes de lontra, de macaco-aranha e de preguiça não mamam em igual posição, e requerem quantidades específicas de alimento. O risco de uma pneumonia aspirativa (falsa via), deve sempre ser considerado.

Cuidados com os animais aparentemente estáveis

Animais em estado de aparente estabilidade são responsivos aos estímulos externos e movimentam-se com normalidade. Entretanto, animais selvagens tendem a ocultar sinais clínicos, como uma defesa às ameaças do meio natural. Muitos dos animais provenientes do tráfico, já com o estado imunológico comprometido, são propensos a infecções, mesmo porque são carreadores naturais de patógenos, que até então eram mantidos em equilíbrio com o hospedeiro. Eles requerem, além do ambiente tranquilo, outras medidas que possam minimizar o estresse, tais como: caixas e substratos confortáveis, ambiente de pouca luminosidade, poleiros adequados e o bloqueio visual nas gaiolas, principalmente quando espécies predadoras e presas se encontram próximas. Répteis requerem um ambiente limpo, com algo abrasivo, caso seja serpente em fase de muda, além da permanente oferta de água fresca. A presença de ectoparasitas deve ser verificada em todos os animais, e no caso de carrapatos, esses poderão ser retirados com pinças. Os animais devem receber, com brevidade, soluções hidratantes e energéticas (ou substitutivos como soro caseiro ou água de coco), associadas ou não a complexo B, oferecidas como água de

bebida. Animais frugívoros, podem receber frutas com alto teor de água e açúcar, como melancia, abacaxi, melão e laranja-doce. Já bananas, maçãs e goiabas são boas indicações para aqueles propensos à diarreia ou que já estejam com ela. No caso de reutilização de gaiolas e caixas, a higienização deve ser realizada, sendo conveniente o uso de soluções de hipoclorito de sódio e iodoformas. Na impossibilidade desses, processar a limpeza, deixando-as secar ao sol. Um bom método de desinfecção é utilizar álcool e fogo em superfícies de materiais não inflamáveis, com os cuidados preventivos de acidentes que a situação requer.

Transporte

No transporte de animais selvagens é ponto primordial uma programação, que se inicia desde a confecção da caixa e estende-se por toda a logística de transporte, de modo a atender a segurança e o bem-estar animal. Na construção de uma caixa de transporte deve-se considerar: a segurança animal e a humana, o espaço para o bem-estar, ventilação, recepção, retirada de dejetos e restos de “cama”, facilidades de fornecimento de água e de alimentos. Nas condições de apreensão deve-se, pelo menos, reavaliar as gaiolas, eliminando risco de traumatismo animal e fuga. É preciso também prover limpeza, isolamento visual sem prejudicar a ventilação, de modo a minimizar o estresse por estímulos externos, e adequar o número de animais ao espaço disponível. A logística da viagem é de grande importância e deve considerar: condições climáticas, duração, paradas para cuidados e monitoramento dos animais. Mamíferos aquáticos requerem monitoramento constante da taxa cardiorrespiratória, enquanto os semiaquáticos (lontra, ariranha) requerem constante acesso à água. De modo geral, muitas espécies

de aves não podem ficar muito tempo sem se alimentar, devendo, pelo menos, receber energéticos e hidrantes na água. No caso de mamíferos, deve-se oferecer uma alimentação sólida, em quantidade reduzida, pelo menos 3 horas antes da viagem. O temperamento individual e a taxa metabólica da espécie envolvida podem influenciar o intervalo e a quantidade do que pode ser oferecido. Os répteis, de modo geral, exigem menos requerimentos, muito embora as regras de isolamento visual, limpeza, higiene e boa condição térmica do substrato devam ser consideradas.

Destinação de animais provenientes do tráfico

A destinação dos animais apreendidos não deve ser considerada como o fim de uma missão. É de responsabilidade dos órgãos ambientais, diretamente envolvidos, acompanhar e apoiar a sua manutenção temporária até a destinação final. Animais sob estresse provocado pelo tráfico devem ser submetidos à quarentena, atendendo os protocolos sanitários. E no caso de retorno ao ambiente natural, é imperativo que se faça sérias análises de risco. É de grande responsabilidade lançar mão da soltura aleatória e circunstancial de animais, pois tal comportamento acaba deixando um vazio de informações, além de imputar altos riscos às populações residentes. É um grande desafio reconhecer as limitações na tomada de tal decisão, sobretudo quanto às estratégias de gestão, em um cenário de poucos recursos e muitas incertezas. Este tema já era objeto de atenção de Seal e Armstrong⁵, ao afirmar que, apesar do cenário de risco, é senso comum entre os cientistas ambientais que há insuficiência de dados e de conhecimento sobre as especificidades de cada situação relativa à incidência

e distribuição de doenças nas populações cativas e, principalmente, nas de vida livre.

Hoje, a destinação de animais selvagens é uma equação complexa, pois nem todos os órgãos responsáveis pela fiscalização possuem Centros de Triagem de Animais Silvestres – Cetas, e acabam contando com os zoológicos e criadouros como receptores. A maioria dos animais entregues não é de interesse das instituições receptoras, uma vez que geram custos e tomam o espaço que seria destinado a animais de maior interesse para a coleção dessas, além dos riscos sanitários para o plantel estável. Outro problema é a falta de local adequado, levando a instituição a mantê-los em áreas restritas, por longo tempo, comprometendo-lhes o bem-estar e inviabilizando-os para outros projetos. Diante dessa situação é imprescindível que haja pontos de recepção, conectados a centros de reabilitação em áreas estratégicas, previamente inventariadas, e também o fortalecimento de parcerias e o bom-senso na busca de soluções em benefício dos animais, sobretudo onde a lei ambiental é falha, ao tratar com igual peso, por exemplo, quem mantém um papagaio humanizado e aquele que o trafica, ou permitir a sobreposição do princípio legal em detrimento do bem-estar do animal. Maiores informações sobre esse tema encontram-se no Capítulo 4: Maus-tratos a animais, do presente livro.

Eutanásia

A visão das cenas predatórias no ambiente natural é chocante, entretanto, é um componente natural para a viabilidade de várias espécies. Durante a ação predatória, mecanismos fisiológicos são acionados,

elevando os níveis hormonais, sobretudo a adrenalina, aumentando assim o limiar à dor, até que haja a entrega total da presa. Segundo Fowler², animais sob pressão predatória, na impossibilidade de fuga ou luta, “se entregam”. Na realidade, eles sofrem uma queda abrupta da pressão sanguínea com conseqüente perda da consciência (bradicardia colinérgica), uma forma de minimizar seu sofrimento, que também conta com a eficiente técnica de abate do predador. Assim, os processos naturais devem seguir o seu curso sem interferência humana. Neste contexto, um indivíduo é um simples elo da cadeia, pois o que importa é a viabilidade da população. Entretanto, quando fora do ambiente natural, seja qual for a situação, é dever humano cuidar dos animais selvagens, dando-lhes condições de sobrevivência e bem-estar. Quando em decorrência do tráfico, um animal em sofrimento, sem perspectivas de sobrevivência, deve ser avaliado por veterinário, que define, através de rigoroso critério, a possibilidade de uma eutanásia.

Referências

Donatelli R.J., Hofling E., Catalano, A.L. 2014. Relationship between Jaw Apparatus, Feeding Habit, and Food Source in Oriental Woodpeckers. *Zoological Science* 31:223-227.

Murray E. F. 1995. *Restraint and Handling of Wild and Domestic Animals*. 3 ed. Ames, Yowa State University Press, 332 p.

Mosley C.A. E. Pain, Nociception And Analgesia In: Reptiles: When Your Snake Goes “Ouch!” *Proceedings of the North American Veterinary Conference* - volume 20 January 7-11, 2006 Orlando, Florida - The North American Veterinary Conference – 2006, p.1652-1653.

Seal U.S., Armstrong D. 2000. Comments on the Executive Summary and recommendations. *Report of the Disease Risk Workshop – Omaha*, International Union for Conservation of Nature/Conservation Breeding Specialist Group. Pp. 9-11.

Seyle H. Forty years of stress research: Principal remaining problems and misconceptions. *CMA Journal* 115: 53–55, 1950.

Destinação de Animais Silvestres no Brasil

Daniel A. R. Vilela¹
Diêgo Maximiano Pereira de Oliveira²
Nelson Rodrigo da Silva Martins³

Introdução

O Brasil abriga a maior biodiversidade do planeta. Essa rica variedade de vida, mais de 20% do número total de espécies da terra, coloca nosso país no posto de principal nação entre os 17 países megadiversos. Assim, o valor da biodiversidade brasileira é incalculável e sua redução compromete não só a sustentabilidade e disponibilidade de recursos naturais, mas a própria vida na Terra. Sua conservação e uso sustentável, ao contrário, resultam em benefícios inestimáveis à sociedade. Neste sentido, cabe à União, juntamente com os Estados e Municípios brasileiros, proteger e conservar este valioso patrimônio. Muitas são as ameaças à

1 Centro de Triagem de Animais Silvestres – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Minas Gerais.

2 Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais.

3 Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

biodiversidade, entre elas destacam-se a conversão de habitats, a superexploração dos recursos naturais, a caça e o tráfico de animais silvestres.

As ações de fiscalização e combate ao tráfico de animais nativos e os conflitos envolvendo a fauna silvestre urbana e a sociedade geram um contingente de animais que precisa ser tratado adequadamente. Para este fim, foram instituídos os Centros de Triagem de Animais Silvestres (Cetas), que são empreendimentos de pessoa jurídica de direito público ou privado, com finalidade de receber, identificar, marcar, triar, avaliar, recuperar, reabilitar e destinar fauna silvestre proveniente da ação da fiscalização, resgates ou entrega voluntária de particulares. Os Cetas, além de possuírem a estrutura adequada para as diferentes etapas de avaliação e recuperação dos espécimes, possuem recursos humanos competentes e devidamente qualificados para realizar os diversos procedimentos necessários para preparar o espécime para a destinação definitiva. Neste sentido, entende-se que a destinação imediata mais adequada para os espécimes silvestres, após a apreensão ou recolhimento, é o encaminhamento para o Cetas mais próximo. Solturas imediatas, sem cuidados prévios, ou o encaminhamento direto para criadouros autorizados, somente devem ser realizados com forte embasamento técnico. No entanto, os Cetas são locais de guarda provisórios e após o período de triagem e recuperação, os espécimes precisam ser destinados de forma definitiva. A tomada de decisão em relação ao destino final dos exemplares vivos, após a passagem pelos Cetas, geralmente ultrapassa os critérios técnicos e científicos, uma vez que determinações legais, aspectos socioeconômicos e culturais devem ser considerados e influenciam na escolha. Várias são as abordagens possíveis neste tema complexo e delicado, mas independente das justificativas ou motivações, existem apenas duas alternativas para os animais silvestres apreendidos ou

recolhidos que saem dos Cetas: criadouros autorizados, em suas diversas modalidades, ou programas de translocação (reintrodução, realocação ou revigoração populacional). No Brasil, a eutanásia (ou sacrifício) de espécimes silvestres nativos não é considerado um método de destinação legalmente aceito, e somente deve ser realizado quando recomendado clinicamente ou quando expressamente autorizado por algum ente jurídico.

Assim, propõe-se apresentar e discutir, neste capítulo, parte das fundamentações teóricas relativas ao tema e as implicações de cada escolha de destinação (e também da não escolha), com base na legislação vigente e conhecimento técnico científico disponível.

Bases legais para a destinação

Os crimes contra a fauna estão previstos nos art. 29 a 35 da Lei 9.605/98 (Brasil, 1998), também conhecida como Lei de Crimes Ambientais. Em seu Art. 29, esta tipifica como crime “matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente, ou em desacordo com a obtida” e prevê como penas a detenção, de 6 (seis) meses a 1 (um) ano, e multa. No primeiro parágrafo deste mesmo artigo, verifica-se que incorre nas mesmas penas: “I- Quem impede a procriação da fauna, sem licença, autorização ou em desacordo com a obtida; II- Quem modifica, danifica ou destrói ninho, abrigo ou criadouro natural; III- Quem vende, expõe à venda, exporta ou adquire, guarda, tem em cativeiro ou depósito, utiliza ou transporta ovos, larvas ou espécimes da fauna silvestre, nativa ou em rota migratória, bem como produtos e objetos dela oriundos, provenientes de criadouros não autorizados

Ciência contra o Tráfico: Avanços no Combate ao Comércio Ilegal de Animais Silvestres

ou sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente”. No Artigo 25 da Lei de Crimes Ambientais está previsto que: “verificada a infração, serão apreendidos seus produtos e instrumentos, lavrando-se os respectivos autos”. Em relação aos animais apreendidos, o primeiro parágrafo informa que “os animais serão prioritariamente libertados em seu habitat ou, sendo tal medida inviável ou não recomendável por questões sanitárias, entregues a jardins zoológicos, fundações ou entidades assemelhadas, para guarda e cuidados sob a responsabilidade de técnicos habilitados”. No segundo parágrafo está previsto que “até que os animais sejam entregues às instituições mencionadas no § 1º deste artigo, o órgão autuante zelará para que eles sejam mantidos em condições adequadas de acondicionamento e transporte que garantam o seu bem-estar físico”. O Decreto 6514/2008, que regulamenta a Lei 9605/98, em seu Artigo 107 apresenta texto semelhante ao da Lei de Crimes Ambientais, em se tratando da destinação dos animais apreendidos:

“I - Os animais da fauna silvestre serão libertados em seu hábitat ou entregues a jardins zoológicos, fundações, entidades de caráter científico, centros de triagem, criadouros regulares ou entidades assemelhadas, desde que fiquem sob a responsabilidade de técnicos habilitados, podendo ainda, respeitados os regulamentos vigentes, serem entregues em guarda doméstica provisória.

II - Os animais domésticos ou exóticos mencionados no art.103 poderão ser vendidos; § 1º Os animais de que trata o inciso II, após avaliados, poderão ser doados, mediante decisão motivada da autoridade ambiental, sempre que sua guarda ou venda forem inviáveis econômica ou operacionalmente.

Além das leis, atualmente pelo menos duas instruções normativas, IN19/2014 e IN 23/2014, tratam do tema da destinação de fauna silvestre apreendida. Ambas estabelecem procedimentos e diretrizes similares quanto

à destinação dos animais. A IN 19/14 apresenta conteúdo direcionado principalmente aos agentes de fiscalização enquanto a IN 23/14, além de listar as regras para as ações de recebimento, triagem e manutenção a serem adotados pelos Cetas, orienta também quanto aos procedimentos alternativos de destinação.

As diretrizes destas instruções normativas citadas recomendam que os animais silvestres somente sejam objetos de destinação (soltura) imediata quando o espécime for recém-capturado na natureza; ocorrer naturalmente no local de captura e não apresentar problemas que impeçam sua sobrevivência ou adaptação em vida livre. Outras modalidades de devolução dos animais à natureza também estão previstas na IN 23/14, que incluem a reintrodução e o revigoramento populacional. A destinação para cativeiro somente deve ser realizada para empreendimentos devidamente autorizados pelas instituições ambientais e após manifestação do órgão responsável pelo processo de autorização ou licenciamento do criadouro.

Destinação para criadouros

Segundo a IUCN (2002), a destinação dos animais silvestres para os criadouros é, quase sempre, a melhor opção, pois os exemplares podem ser utilizados em programas de educação ambiental e de conservação em cativeiro, serem manejados com fins comerciais, substituindo animais do tráfico, e serem utilizados em futuros programas de translocação. No entanto, a própria IUCN (2002) aponta que o encaminhamento para cativeiro pode apresentar algumas preocupações, tais como: a) encontrar locais apropriados para os diversos animais apreendidos é demorado e difícil, e cuidar destes por tempo indeterminado apresenta altos custos e requer instalações especializadas; b) manter animais silvestres por longos períodos

em cativeiro pode aumentar o risco de doenças intra e interespecíficas e de fugas com consequentes invasões ecológicas; c) a transferência dos animais apreendidos para instituições ou pessoas físicas pode suscitar discussões éticas e legais difíceis de serem resolvidas. Além disto, a presença de animais em cativeiro domiciliar ou criadouros podem estimular o interesse na sociedade em manter espécies silvestres como animais de estimação.

Atualmente, segundo a IN 07/2015 (Ibama, 2015), existem no Brasil cinco modalidades de criadouros de fauna silvestre que podem receber animais procedentes de apreensões, resgates ou entregas. Todos são empreendimentos que precisam ser autorizados pelas instituições ambientais competentes e podem pertencer a pessoa física ou jurídica, exceto o criadouro científico para fins de pesquisa, que somente pode ser mantido por pessoa jurídica.

O criadouro comercial tem como finalidade criar e reproduzir espécimes da fauna silvestre em cativeiro para fins de alienação de espécimes, partes, produtos e subprodutos, enquanto que o Jardim Zoológico é constituído de coleção de animais silvestres mantidos vivos em cativeiro ou em semiliberdade e expostos à visitação pública, para atender a finalidades científicas, conservacionistas, educativas e socioculturais (Ibama, 2015). O criadouro comercial, de maneira geral, concentra suas atividades em grupos animais com interesse para os mercados pet ou de abate, e podem, de fato, contribuir para a destinação de táxons comumente apreendidos, como os psitacídeos, capivaras, pacas, jabutis e jacarés.

O mantenedor de fauna silvestre possui a finalidade de criar e manter espécimes da fauna silvestre em cativeiro, sendo proibida a reprodução (Ibama, 2015). É importante salientar que os mantenedores de fauna podem contribuir significativamente para o recebimento da maioria das espécies recebidas pelos Cetas, inclusive dos animais silvestres com

traumas diversos, como mutilações e perdas parciais de movimentos, que impossibilitem seu retorno para a natureza.

O criador científico para fins de conservação é o empreendimento sem fins lucrativos vinculado a plano de ação ou de manejo reconhecido, com finalidade de criar, recriar, reproduzir e manter espécimes da fauna silvestre nativa em cativeiro para fins de realizar e subsidiar programas de conservação e educação ambiental, sendo vedada a comercialização e exposição. Estes criadouros geralmente se dedicam a espécies raras ou ameaçadas de extinção e, de maneira geral, pouco contribuem quantitativamente para a destinação da maior parte dos animais recebidos ou mantidos pelos Cetas brasileiros, que pertencem a espécies comuns e não ameaçadas.

O criadouro científico para fins de pesquisa é o empreendimento de pessoa jurídica, vinculada ou pertencente a instituição de ensino ou pesquisa, com finalidade de criar, recriar, reproduzir e manter espécimes da fauna silvestre em cativeiro para fins de realizar ou subsidiar pesquisas científicas, ensino e extensão, sendo vedada a exposição e comercialização a qualquer título. Nesta modalidade se enquadram os biotérios que utilizam espécies silvestres como cobaias ou modelos experimentais.

Além dos criadouros, a resolução Conama 457/13 (MMA, 2013) criou o termo de Depósito de Animais Silvestres - TDAS e o termo de Guarda de Animais Silvestres - TGAS, que possibilita às instituições fiscalizadoras, integrantes do Sisnama (Sistema Nacional do Meio Ambiente), encaminhar ou manter animais silvestres apreendidos, que não puderem ser destinados conforme determinação legal, para cativeiro domiciliar. Ambos os termos constituem instrumentos de caráter provisório, sendo necessária, assim que possível, a destinação final dos espécimes, conforme legislação vigente.

Tabela 1 – principais atos normativos relativos à criação em cativeiro de fauna silvestre no Brasil.

Lei nº 7.173/1983	Estabelecimento e funcionamento de Jardins Zoológicos.
Port. Ibama 16/1994	Estabelece procedimentos para a criação de fauna silvestre brasileira para subsidiar pesquisas científicas.
Port. Ibama 117/1997	Comercialização de fauna silvestre brasileira proveniente de zoológicos e criadouros com finalidade econômica ou industrial.
Port. Ibama 118/1997	Estabelece procedimentos para a implantação de criadouros de fauna com fins econômicos e industriais.
Port. Ibama 93/1998	Importação e exportação de fauna silvestre brasileira e exótica e listagem da fauna considerada doméstica para fins de operacionalização do Ibama.
Port. Ibama 102/1998	Estabelece procedimentos para a implantação de criadouros de fauna silvestre exótica com fins econômicos e industriais.
Res. Conama 394/ 2007	Estabelece critérios para determinação de espécies silvestres para uso como animais de estimação.
IN Ibama 10/2011	Disciplina o manejo de passeriformes da fauna silvestre brasileira em cativeiro.
IN Ibama 18/2011	Estabelece o cadastramento de criadores de aves da fauna exótica, que exerçam atividade de criação amadorista ou comercial, com fins associativistas, ornitófilos e de estimação.
Lei complementar 140/2011	Fixa normas para a gestão compartilhada da proteção ao meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.
Res. Conama 457/2013	Dispõe sobre o depósito e a guarda provisórios de animais silvestres apreendidos ou resgatados pelos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente.
IN Ibama 07/2015	Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro.

Soltura

A devolução dos animais à natureza consiste numa ação complexa que, apesar de apresentar ampla aceitação pela sociedade, pode proporcionar prejuízos. Dentre os riscos, destacam-se: I) morte dos animais soltos em decorrência do despreparo para a sobrevivência no ambiente natural após período em cativeiro; II) a soltura de animais fora de sua área de distribuição natural ou com padrão genético desconhecidos pode proporcionar alterações deletérias na constituição gênica da população residente; III) a introdução de patógenos, em companhia do indivíduo, que podem desencadear doenças nos animais liberados e potencialmente nos animais de vida livre, inclusive o homem, causando um problema irreversível. Uma boa revisão sobre o risco de transmissão de doenças de animais silvestres recebidos nos Cetas para animais em vida livre foi feita por Godoy (2006) e; IV) ocorrência de disputas e conflitos com outros animais silvestres de vida livre pelos, quase sempre, escassos recursos naturais disponíveis (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2008; Mueller e Hellmann, 2008).

Para a IUCN (2002), um programa de reintrodução deve ser motivado por justificativas conservacionistas, ou seja, é necessário que seja comprovado que as populações livres necessitam do incremento populacional. Os animais a serem soltos precisam ser avaliados em relação ao repertório comportamental e condição sanitária e devem ser de origem conhecida ou com constituição gênica adequada ao local da soltura. Por meio de programas de monitoramento de médio e longo prazo, verificou-se que as chances de sucesso de uma reintrodução são maiores quando a população usada como fonte é selvagem, quando um grande número de

animais é solto ($n > 100$), quando o habitat está preservado e quando a causa do declínio populacional original é suprimida (Griffith et al., 1989; Armstrong e Seddon, 2008; Jule et al., 2008).

Neste sentido, o que se verifica é que um programa de reintrodução bem conduzido, incluindo testes genéticos, sanitários e programa de monitoramento pós-soltura, apresenta custos elevados e só se justifica para espécies raras ou ameaçadas de extinção.

Eutanásia

A eutanásia é considerada, do ponto de vista exclusivamente técnico-científico, alternativa de destinação de animais, pois elimina o risco genético, ecológico e outros da liberação dos animais no ambiente, afasta o risco de dispersão de doenças e apresenta custo reduzido quando comparada às outras formas de encaminhamento dos espécimes. Entretanto a realização de eutanásia de espécies nativas e saudáveis não é socialmente aceita (IUCN, 2002). Além disso, a eutanásia de animais silvestres, sem a recomendação clínico-veterinária, não está prevista na Legislação Brasileira.

Destinação de animais no Brasil

Uma informação importante a se considerar quando se discute sobre tráfico de animais silvestres e a destinação dos mesmos, é que, apesar de existirem algumas espécies emblemáticas na fauna brasileira, e que são comumente usadas em campanhas educativas, como os micos-leões e onças,

do ponto de vista quantitativo, todos os estudos indicam as aves como principais vítimas do tráfico em nosso país. Quando se detalha o estudo no grupo das aves, verifica-se que os Passeriformes são os mais afetados, representando aproximadamente 80%, enquanto os Psittaciformes representam cerca de 10% e o restante se distribui em vários outros grupos taxonômicos, como os Columbiformes e Piciformes. De maneira geral, os mamíferos e répteis representam apenas 10 a 20% do total de animais apreendidos.

Estudo da Renctas (2002) verificou que a principal forma de destinação dos animais apreendidos, no biênio 1999-2000, foi a soltura, com 78% dos animais confiscados sendo devolvidos à natureza. Apenas 9% dos animais foram encaminhados para os Cetas, 4% foram destinados para pessoas físicas (termo de depósito), 2% para criadouros científicos, 1% para zoológicos e 1% veio a óbito. O percentual de animais encaminhados para soltura foi diferente entre os grupos taxonômicos, sendo 83% quando se considera apenas répteis, 74% para aves e 49% para mamíferos.

Considerando-se apenas os animais confiscados nos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais no ano de 2005, verificou-se que dos mais de 50.000 espécimes apreendidos, aproximadamente 40% dos animais foram encaminhados para os centros de triagem e 32% foram encaminhados para solturas (Renctas, 2007).

Estudo realizado por Vilela (2012), no qual foram contabilizados 180 mil animais recebidos pelos Cetas do Brasil nos anos de 2008 a 2010, verificou que a soltura foi o destino predominante dos animais, independente da região geográfica do país, correspondendo a 56% do total de animais encaminhados. As diferentes modalidades de criadouros

e os termos de depósito absorveram aproximadamente 20% dos animais e foi registrada uma taxa de óbito de 24%. Quando foi considerado apenas o quantitativo de animais que efetivamente e intencionalmente foram destinados, ou seja, excluindo-se os que permaneceram no Cetas, os que foram encaminhados para os Cras, os óbitos e as fugas, verifica-se que o percentual médio de solturas correspondeu a 80% dos indivíduos, com maior índice para aves, e que o total encaminhado para criação em cativeiro nas diferentes modalidades constituiu cerca de 20% dos animais. O panorama geral da destinação de animais silvestres no Brasil pode ser visualizado na tabela 2.

Tabela 2. Recebimento e destinação de fauna no Brasil*.

Grupo	Recebimento	Destinação			
		Soltura	Cativeiro	Óbito	Outros
Aves	260874	112854	45579	45626	1593
Répteis	35952	17667	9614	2330	261
Mamíferos	20169	7894	4680	5640	342
Indefinido	182283	101539	14145	44065	15141
Total	499278	239954	74018	97661	17337
%		48,1	14,8	19,6	3,5

*Dados compilados de Destro et al. (2012); Vilela (2012), Romano (2012); Junior (2013).

A soltura é a principal forma de destinação dos espécimes apreendidos no Brasil, independente do grupo taxonômico, com quase metade dos animais sendo destinados por esta via. Estes dados corroboram

as informações publicadas no Portal do Brasil, que indicam que em 13 anos (2002 a 2014) foram devolvidos para a natureza 275.716 (48%) animais de 568 mil animais recebidos pelos Cetas do Brasil. Outros 81.633 (14,4%) espécimes, segundo o site, foram destinados para criadores regularizados (Portal do Brasil, 2016). Segundo o Ibama, embora grande parte dos animais que chegam aos Cetas seja devolvida para a natureza, a maioria das solturas ainda são realizadas sem a observação dos critérios técnicos e pouquíssima informação é produzida sobre a taxa de sobrevivência e o eventual impacto desses espécimes sobre os demais indivíduos e o meio ambiente (Ibama, 2005).

Atenção especial deve ser dada a este fato, pois segundo Marini e Garcia (2005), a liberação de um grande número de aves apreendidas pelas autoridades é um grande problema, pois existem poucos programas de translocação bem planejados no Brasil. Para estes autores, a maioria dos espécimes capturados ilegalmente é libertada em locais impróprios e sem uma avaliação sanitária adequada, sendo os efeitos dessas solturas ainda desconhecidos. No entanto, observa-se que, apesar dos riscos envolvidos, tem sido uma tendência frequente resolver o problema da destinação dos animais recebidos pelos Cetas por meio da soltura dos indivíduos na natureza, sem observação das diretrizes básicas propostas pela comunidade científica. Muitas vezes a liberação de animais na natureza constitui-se na única alternativa de destinação viável para grupos mais comumente apreendidos, pois os criadouros apresentam pequena capacidade de recebimento destas espécies mais frequentes nos Cetas, que é atendida rapidamente após a implantação, ficando disponíveis para receber apenas os animais mais raros.

A Legislação avançou nos últimos anos, com a publicação de normas que orientam a realização de procedimentos para o cadastramento de áreas de soltura de animais silvestres e que contém inclusive protocolos para a realização de testes sanitários, comportamentais e até genéticos nos animais a serem soltos.

A realização de exames sanitários, criteriosamente executados, previamente às solturas, como etapa final do processo de reabilitação ainda é raridade no cenário nacional, onde dezenas de milhares de animais são apreendidos anualmente e os recursos financeiros são escassos. Muito pouco, ou quase nada, é conhecido sobre os métodos de diagnóstico e epidemiologia das principais doenças que acometem os animais silvestres no Brasil. O que se verifica com relativa frequência na literatura são apenas relatos de ocorrência de surtos causados por determinados patógenos em cativeiro doméstico ou comercial. No entanto, a distribuição, ocorrência e importância dos patógenos, os fatores predisponentes dos hospedeiros e os demais mecanismos envolvidos no processo saúde/doença dos animais silvestres, em cativeiro ou vida livre, permanecem por ser elucidados.

Torna-se essencial o investimento na geração de conhecimento acerca dos aspectos realmente importantes e que devem ser considerados durante a elaboração de protocolos de avaliação sanitária para os animais destinados aos programas de soltura. Ainda não existe clareza em relação aos protocolos de realização dos exames e à própria interpretação dos resultados. O resultado negativo de um exame de detecção do agente da clamidiose aviária ou da doença de Pacheco, para citar apenas duas das doenças mais comuns em psitacídeos, é de pouca validade e precisa ser interpretado com cautela, uma vez que estas doenças são causadas por

patógenos que podem ser eliminados de forma intermitente, e dependendo das condições dos hospedeiros, persistir por anos nas aves sem manifestação clínica. Por outro lado, a exigência de protocolos extremamente rigorosos, sem a correspondente estruturação física e operacional dos Cetas, aparentemente não resolverá o problema dos riscos sanitários e afastará os técnicos da área de fauna de um processo mais equilibrado de tomada de decisão em relação ao destino dos animais. Vale a pena ressaltar que, em relação à dispersão de patógenos, alguns autores (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2008; Mueller e Hellmann, 2008) alegam que os riscos são reduzidos quando a translocação é realizada dentro do mesmo continente e para regiões biogeograficamente similares. Neste contexto, os patógenos seriam potencialmente mais nocivos para a fauna em vida livre principalmente quando são transferidos de um continente ao outro. Este fato ressalta a importância da criteriosa pesquisa de patógenos em animais que entram em nosso país procedentes de outros continentes, mesmo que oriundos de criadouros legalizados.

As avaliações físicas e comportamentais são muito importantes quando se propõe a devolver à natureza animais que passaram período de suas vidas em ambiente de cativeiro. Os recintos, principalmente os oferecidos pelo cativeiro clandestino, não permitem minimamente a expressão dos comportamentos naturais das espécies mantidas e muitas vezes não propiciam condições para a prática de exercícios físicos pelos animais. Estes animais podem se mostrar incapazes de sobreviver na natureza por limitação física ou comportamental. Assim, após o devido diagnóstico, estes espécimes devem ser mantidos em recintos de reabilitação por períodos variáveis (30 dias a anos), onde poderão passar por treinamentos

importantes para sua sobrevivência no ambiente natural, como o físico, o alimentar, o anti-predação, entre outros. Por outro lado, animais apreendidos recém-capturados ou com pouco tempo decorrido entre o cativeiro e a apreensão geralmente apresentam condições comportamentais de serem recolocados no ambiente, desde que saudáveis.

Destinação da fauna silvestre: propondo novos caminhos

A inexistência de locais para a adequada destinação dos animais apreendidos é um dos principais entraves para a intensificação das ações fiscalizatórias (Vidolin *et al.*, 2004). A literatura disponível informa que apenas cerca de 40% dos animais silvestres de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro são devidamente encaminhados para os Cetas (Renctas, 2007). Mesmo nas cidades onde são presentes os Cetas, o excesso populacional observado em algumas unidades decorre, na maioria dos casos, do recebimento de grande contingente de animais e das dificuldades de destinação. Verifica-se assim, a urgência do estabelecimento de novas estruturas de triagem, que contemplem de maneira mais homogênea as regiões com maior número de apreensões.

Existem poucos trabalhos que abordam a recepção, triagem e destinação de fauna silvestre em outros países. Ao nosso conhecimento, em nenhum outro país a fauna silvestre apreendida ou recolhida é tratada como no Brasil, onde os centros de triagem são implantados e geridos quase que exclusivamente por instituições públicas ambientais. Entendemos que as Universidades, ONGs e a iniciativa privada precisam e podem contribuir de maneira mais efetiva nesta difícil missão de cuidar de forma mais

eficiente de nossa importante biodiversidade. Uma rede mais ampla de Cetas proporcionará diversos benefícios. Quanto menor o deslocamento de um espécime apreendido, menor será o risco de problemas sanitários, genéticos e populacionais caso ele venha a ser solto. Menor será também o tempo entre a apreensão e o destino e, conseqüentemente, mais rápida será a recuperação do espécime e menores serão os gastos das instituições com alimentação, combustível, manutenção, diárias, entre outros.

Estratégia interessante seria envolver a sociedade civil, organizada ou não, e clínicas veterinárias no trabalho de cuidar da fauna silvestre, principalmente aquela vítima de conflitos urbanos, como ocorre na maioria dos países. A implantação do Sistema de Reabilitador Voluntário, no Brasil, permitiria capilarização e significativos avanços na qualidade do atendimento emergencial de animais feridos, acidentados ou filhotes recolhidos. A criação de fundos específicos, com aportes financeiros provenientes dos próprios infratores, poderia representar um estímulo extra às ações relacionadas à recepção, triagem, tratamento, reabilitação, soltura e monitoramento dos animais silvestres brasileiros que seriam desenvolvidos por particulares ou ONGs.

Alternativa interessante para estimular a instalação de novas estruturas, seria a implantação de Cetas com finalidade exclusiva de receber apenas determinadas espécies ou grupos taxonômicos, como, por exemplo, psitacídeos, primatas, quelônios ou rapinantes. Os gestores e técnicos destas unidades poderiam se especializar melhor no grupo, desenvolver e implantar recintos mais apropriados e conhecer mais sobre os aspectos biológicos, sanitários, nutricionais e comportamentais dos animais. Além disto, os custos seriam significativamente menores que os de

manter um Cetas do modelo atual e, com uma pequena rede de estruturas complementares, a maioria das espécies animais seria contemplada por estas unidades especializadas.

Considerar que a precária situação socioeconômica das pessoas é justificativa para captura e venda de animais não é aceitável, da mesma forma que não se tolera o tráfico de drogas em regiões carentes. A educação ambiental e a repressão aos crimes contra a fauna precisam caminhar sempre juntas, bem como a implantação de projetos de incentivo a atividades geradoras de renda para as comunidades que não impliquem em usos indevidos dos recursos naturais. Ecoturismo e safáris fotográficos podem representar alternativas para se obter retorno econômico da presença dos animais com mínima interferência.

A perda da biodiversidade não ocorre apenas quando uma espécie é extinta. Cada indivíduo é uma entidade biológica, produto de um processo evolutivo de milhares de anos, e quando este deixa de participar dos ciclos ecológicos, toda a sua história genética desaparece. Uma série de relações intra e interespecíficas e com o meio físico-químico também ficam comprometidas e influenciam negativamente o delicado equilíbrio dos ecossistemas. O tráfico de animais é responsável pelo desaparecimento de dezenas de populações de animais e faz-se necessário a adoção de medidas efetivas a fim de combater esta prática em nosso país.

Referências

Armstrong D. P., Seddon P. J. Directions in reintroduction biology. *Trends Ecol. Evol.*, v. 23, n. 1, p. 20-25, 2008.

Destro G.F.G., Pimentel T.L., Sabaini R.M., Borges R.C., Barreto R.

2012. *Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. Biodiversity, Book 1, chapter XVI*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/periodico/effortstocombatwildanimalstraffick.pdf>, acesso em 21 agosto 2016

Godoy S.N. *Patologia comparada de passeriformes oriundos do tráfico – implicações na soltura*. 2006. 110f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agro ecossistemas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Griffith B., Scott J. M., Carpenter J.W., Reed C. 1989. Translocation as a species conservation tool: status and strategy. *Science* 245 (4917): 477-480.

Hoegh-Guldberg O., Hughes L. O., Mcintyre S., McIntyre S., Lindenmayer D. B., Parmesan C., Possingham H. P., Thomas C. D. 2008. Assisted colonization and rapid climate change. *Science* 321 (5887): 345–346, 2008.

Ibama. 2015. *Instrução Normativa Ibama Nº 07, de 30 de abril de 2015*. Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro em território brasileiro.

Ibama. 2008. *Instrução Normativa Ibama Nº 179, de 25 de junho de 2008*. Define as diretrizes e procedimentos para destinação dos animais da fauna silvestre nativa e exótica apreendidos, resgatados ou entregues espontaneamente às autoridades competentes.

Ibama. 2005. *Projeto Cetas-Brasil*. Disponível em: <www.ibama.gov.br> acesso em 12 agosto 2011.

ICMBio. 2014. *Instrução Normativa ICMBio Nº 23, de 31 de dezembro de 2014*. Define as diretrizes e procedimentos para destinação dos animais silvestres apreendidos, resgatados por autoridade competente ou entregues voluntariamente pela população, bem como para o funcionamento dos Centros de Triagem de Animais Silvestres do Ibama – Cetas.

IUCN. 2002. *IUCN Guidelines for the placement of confiscated animals*. Prepared by the IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN. Disponível em: http://www.iucnsscrg.org/policy_guidelines.html Acesso em 12 dezembro 2011.

Jule K. R., Leaver L. A., Lea S. E. G. 2008. The effects of captive experience on reintroduction survival in carnivores: a review and analysis. *Biological Conservation* 141(2): 355-63.

Júnior M.B.F.D., Cunha H.F.A., Dias T.C.A.C. 2013. Análise da destinação da fauna silvestre apreendida no Estado do Amapá, Brasil. *Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas – Macapá* 5: 23-36.

Marini, M. A.; Garcia, F. I. 2005. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1: 95-102.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2013. *Resolução CONAMA nº 457 de 25 de junho de 2013*: Dispõe sobre o depósito e a guarda provisórios de animais silvestres apreendidos ou resgatados pelos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente, como também oriundos de entrega espontânea, quando houver justificada impossibilidade das destinações previstas no §1º do art. 25, da Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, observado o disposto nos arts. 102, 105 e inciso I do art. 107 do Decreto Federal no 6.514, de 22 de junho de 2008.

Mueller J.M., Hellmann J. J. 2008. An assessment of invasion risk from assisted migration. *Conservation Biology* 22 (3) 562–567.

Portal Brasil. 2016. *Em 13 anos, Ibama devolve 275 mil animais à natureza*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2016/07/em-13-anos-ibama-devolve-275-mil-animais-a-natureza>> acesso em 21 agosto 2016.

Renctas. 2002. *1º relatório nacional sobre o tráfico de fauna silvestre*. Brasília: Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (Renctas), 108p.

Renctas. 2007. *Vida silvestre, o estreito limiar entre a preservação e a destruição. Diagnóstico do tráfico de animais silvestres na mata atlântica - Corredores central e Serra do mar*. Brasília: Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (Renctas), 200p.

Romano R.G., Neves D.V.D.A., Silva E.A., et al. 2012. Levantamento da destinação de animais silvestres realizada pela Divisão Técnica de Medicina Veterinária e Manejo da Fauna Silvestre da Prefeitura do Município de São Paulo, no período de 01/07/2008 a 31/03/2012. In: *Relatório de Atividades dos Centros de Triagem e Áreas de Soltura e Monitoramento de Animais Silvestres*. Organizado pelo Núcleo de Fauna e Recursos Pesqueiros do Ibama/SP – São Paulo.

Vidolin, G. P.; Mangini, P. R.; Moura - Britto, M.; Muchailh, M. C. 2004. Programa Estadual de Manejo de Fauna Silvestre Apreendida, estado do Paraná Brasil. *Cadernos da Biodiversidade* 4(2).

Vilela, D.A. R. 2012. *Diagnóstico de situação dos animais silvestres recebidos no Cetas brasileiros e Chlamydophila psittaci em papagaios (Amazona aestiva) no Cetas de Belo Horizonte, MG*. 107p. (Tese – Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária: UFMG. Belo Horizonte.

Exame Pericial de Local de Crime no Contexto do Tráfico de Animais Silvestres

Rodrigo Ribeiro Mayrink¹
Ana Luiza Lemos Queiroz²

Introdução

A repressão ao tráfico de animais silvestres por parte do poder público se dá, resumidamente, em duas esferas: a fiscalização administrativa e a persecução penal. A primeira, executada pelos órgãos ambientais, relaciona-se ao controle e vigilância da caça, captura, criação em cativeiro e comércio ilegais da fauna silvestre, e utiliza-se de sanções administrativas – como multas, apreensões e embargos, dentre outras – para coibir tais práticas ilícitas. A segunda – a persecução penal – pode ser concebida como o conjunto de procedimentos estabelecidos para que o Estado exerça

1 Polícia Federal - Setor Técnico-Científico de Minas Gerais.

2 Universidade Federal de Minas Gerais - Laboratório de Biotecnologia e Marcadores Moleculares

seu poder-dever de punir (*jus puniendi*), quando em face de uma conduta definida como infração penal, como é o caso do tráfico de animais silvestres. Em outras palavras, persecução penal é o ato de o Estado perseguir o autor de um crime para aplicar-lhe uma punição ou castigo, conforme regras estabelecidas pela legislação. A persecução penal contempla duas fases: a investigação criminal, em geral realizada por órgãos policiais, e o processo penal, no âmbito do poder judiciário.

No contexto da persecução penal, a perícia criminal é a instância responsável pela coleta, interpretação e análise dos vestígios de um crime, com a finalidade de fornecer à justiça provas técnicas objetivas e imparciais. O objetivo deste capítulo é demonstrar como a perícia criminal, especialmente por meio do exame pericial de local de crime, pode trazer contribuições relevantes para o combate ao tráfico de animais silvestres.

O conceito de criminalística ou perícia criminal

Segundo Peixoto (2011), o termo “criminalística” foi cunhado em 1899 pelo jurista austríaco Hans Gross (1847-1915), em seu livro *Handbuch für Untersuchungsrichter als System der Kriminalistik*, (em tradução livre, “Manual de um Sistema de Criminalística para Magistrados Investigadores”), obra que é considerada um dos marcos da criação da criminalística moderna.

Em uma acepção geral, a criminalística pode ser compreendida como “a disciplina que reúne os conhecimentos e técnicas necessários à elucidação dos crimes e à descoberta de seus autores, mediante a coleta e interpretação dos vestígios, fatos e consequências supervenientes”

(Houaiss, 2009). Acerca do conceito de criminalística, Netto (2010, p. 27-28) observa que:

Dúvidas subsistem em admitir a Criminalística como uma ciência em si, já que possui métodos e regras técnico-científicas próprias, ou entendê-la como uma abordagem multidisciplinar, que se utiliza dos vários ramos da ciência para a elucidação de um fato penalmente relevante e da espécie *delicta facti permanentis*, ou seja, delito que deixa vestígios. Independentemente do conceito que se opte por adotar, dessume-se, portanto, que se trata de uma “pan-ciência”, ou seja, a reunião de várias ciências na investigação “objetiva” de uma infração penal.

Considerada sinônimo de perícia criminal, a criminalística tem seu conceito usualmente associado ao da ciência forense. Este último, entretanto, é considerado mais abrangente, por envolver a aplicação de conhecimentos científicos especializados para fins da justiça, mas objetivando alcançar a verdade dos fatos não só em questões criminais, como também nas civis (Peixoto, 2011).

Com fundamento em normas de justiça, sobretudo as referentes à imparcialidade e isenção, importante sublinhar o conteúdo axiológico da perícia criminal. Com efeito, se faz perícia porque a lei determina que assim se proceda; e a lei assim o faz porque o que está em jogo é o *status libertatis* do suspeito/ acusado/réu frente ao *jus puniendi* estatal. Trata-se, portanto, da liberdade do indivíduo de um lado e, de outro, do poder-dever de punir do Estado.

No Brasil, a perícia criminal é legalmente definida no texto do Decreto-Lei n. 3.689/1941 (Código de Processo Penal), especialmente em seus artigos n. 158 a 184. Para melhor esclarecimento, são parcialmente transcritos abaixo os três primeiros desses artigos:

Art. 158. Quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado.

Art. 159. O exame de corpo de delito e outras perícias serão realizados por perito oficial, portador de diploma de curso superior. [...]

Art. 160. Os peritos elaborarão o laudo pericial, onde descreverão minuciosamente o que examinarem, e responderão aos quesitos formulados. [...] (Brasil, 1941)

Como demonstrado, o diploma preceitua a obrigatoriedade do exame pericial em todos os crimes que deixam vestígios. Importante ressaltar que, como explica Lima (2016, p. 538), “a palavra ‘corpo’ não significa necessariamente o corpo de uma pessoa. Significa sim o conjunto de vestígios sensíveis que o delito deixa para trás, estando seu conceito ligado à própria materialidade do crime”.

O texto legal faz referência a dois termos – *perito* e *laudo pericial* – que merecem esclarecimento, por assumirem acepções específicas no contexto da legislação processual penal. Acerca do conceito de perito, Lima (2016, p. 543) esclarece que:

Perito é um auxiliar do juízo, dotado de conhecimentos técnicos ou científicos sobre determinada área do conhecimento humano, que tem a função estatal de proceder à realização de exames periciais, fornecendo dados instrutórios de ordem técnica indispensáveis para a decisão do caso concreto. Tem natureza jurídica de sujeito de prova, pois é alguém que irá trazer elementos de prova para a formação do convencimento do magistrado.

Nucci (2016, p. 423) define perito oficial como aquele que é “investido na função por lei e não pela nomeação feita pelo juiz. Normalmente, é pessoa que exerce a atividade por profissão e pertence a

órgão especial do Estado, destinado exclusivamente a produzir perícias”. A Lei Federal n. 12.030/2009, cujo texto segue parcialmente transcrito mais adiante, estabelece, como peritos de natureza criminal, os peritos criminais, peritos médico-legistas e peritos odontologistas, exigido concurso público, com formação acadêmica específica (Brasil, 2009).

A aceção de laudo pericial pode ser assim entendida:

O laudo pericial é o documento no qual os peritos expõem todo o roteiro dos exames periciais realizados, descrevem as técnicas e métodos científicos empregados e emitem a conclusão. É, portanto, um documento técnico-formal que exprime o resultado do trabalho dos peritos. (Velho *et al.*, 2013, p. 12)

Como salienta Trauczynski (2013), diante de um suposto fato criminoso, há a necessidade de uma análise objetiva e imparcial dos vestígios, tendo em vista que relatos testemunhais são geralmente marcados por lapsos de memória, omissões, incongruências e/ou parcialidades. Assim, por ser tido como um meio de prova de grande relevância para a justiça, em função de seu caráter técnico e isento, o exame pericial é cercado de algumas garantias conferidas pelo ordenamento jurídico brasileiro.

Dentre elas, o Código de Processo Penal (CPP), em seu artigo 6º, determina que “logo que tiver conhecimento da prática da infração penal a autoridade policial deverá”, dentre outras ações, “dirigir-se ao local, providenciando para que não se alterem o estado e conservação das coisas, até a chegada dos peritos criminais” e “apreender os objetos que tiverem relação com o fato, após liberados pelos peritos criminais” (Brasil, 1941). Dessa forma, o texto da lei busca assegurar que os vestígios sejam adequadamente preservados, evitando que sejam perdidos, destruídos

ou contaminados antes que sejam propriamente submetidos ao exame pericial.

O CPP também estabelece que, uma vez produzido o laudo pericial, ele só poderá ser modificado, complementado ou refeito por ordem de autoridades judiciárias, ou seja, juízes de direito, desembargadores ou ministros de tribunais superiores:

Art. 181. No caso de inobservância de formalidades, ou no caso de omissões, obscuridades ou contradições, a autoridade judiciária mandará suprir a formalidade, complementar ou esclarecer o laudo.

Parágrafo único. A autoridade poderá também ordenar que se proceda a novo exame, por outros peritos, se julgar conveniente.

(Brasil, 1941)

O CPP, em seu artigo 280, ainda preceitua que “é extensivo aos peritos, no que lhes for aplicável, o disposto sobre suspeição dos juízes” (Brasil, 1941). Neste sentido, Nucci (2016, p. 685) aclara:

Suspeição dos peritos: estão os técnicos habilitados a auxiliar o juiz na compreensão e conhecimento de determinadas matérias específicas, sujeitos às mesmas regras de suspeição dos juízes (art. 245, CPP), o que é razoável. Eles detêm enorme influência no poder decisório do magistrado, na esfera criminal, influenciando consideravelmente na solução da causa, razão pela qual devem agir com total imparcialidade, o que poderia não ocorrer, estando presente alguma das causas de suspeição previstas em lei.

Além do CPP, outro diploma que regulamenta a atividade de perícia criminal, conferindo-lhe autonomia, é a Lei Federal n. 12.030/2009, que assim dispõe:

Art. 2º No exercício da atividade de perícia oficial de natureza criminal, é assegurado autonomia técnica, científica e funcional, exigido concurso público, com formação acadêmica específica, para o provimento do cargo de perito oficial.

Art. 5º Observado o disposto na legislação específica de cada ente a que o perito se encontra vinculado, são peritos de natureza criminal os peritos criminais, peritos médico-legistas e peritos odontologistas com formação superior específica detalhada em regulamento, de acordo com a necessidade de cada órgão e por área de atuação profissional. (Brasil, 2009)

A perícia criminal e a apuração dos crimes contra a fauna

Além de ser indispensável nas infrações que deixam vestígios, a perícia criminal é especialmente importante nos crimes contra o meio ambiente, de modo geral, e contra a fauna, em particular. A apuração das condutas criminosas envolvidas em tais delitos demanda conhecimentos técnicos especializados, tais como identificação de espécies, delimitação de áreas de distribuição, determinação de *causa mortis*, exames clínicos e de maus tratos, estudos de relações genealógicas, dentre outras (Santos Filho e Mayrink, 2013). Adicionalmente, nos crimes contra a fauna a vítima “não fala”, e, portanto, não tem como prestar depoimento às autoridades, relatando a injúria sofrida. Ademais, usualmente as ações delituosas contra a vida selvagem ocorrem em ambientes naturais, despovoados e não urbanizados, onde geralmente são raras as testemunhas ou sistemas de vigilância eletrônica, tão comuns atualmente no ambiente urbano. Por todos esses motivos, a perícia criminal adquire relevância ímpar na investigação dos crimes contra a fauna, a ponto de ser considerada pelo

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma, ou, em inglês, Unep) como uma das tecnologias emergentes para o combate aos crimes contra a vida selvagem (Unep, 2014).

Nos últimos anos, é crescente a preocupação dos países e sociedades com a proteção da biodiversidade. Como consequência, buscase o incremento da capacidade tecnológica dos serviços de proteção à fauna e dos órgãos de ciências forenses, o que faz com que a perícia em crimes contra a fauna seja uma ferramenta cada vez mais utilizada pelos órgãos de aplicação da lei. Para a mesma direção caminha o meio acadêmico, que cada vez mais se debruça sobre o tema, como demonstram Wallace e Ross (2012). Analisando o número de publicações tratando de “*wildlife forensics*” (perícia de vida selvagem, em tradução livre) em três bases de dados estrangeiras (Biological Abstracts, Greenfile e JSTOR), os autores encontraram um número inferior a 20 trabalhos publicados na década de 1970, evoluindo continuamente até alcançar mais de 250 artigos na década de 2000, incluindo protocolos, avanços metodológicos e estudos de casos. Ainda no meio acadêmico, mas em âmbito nacional, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (Capes) lançou, em 2014, o Programa Ciências Forenses (edital “Pró-Forenses”, n. 25/2014), com o objetivo de estimular a produção de pesquisas científicas em ciências forenses. Dentre os 20 projetos contemplados, três versaram sobre perícias de fauna silvestre, o que demonstra grande representatividade do tema – 15% do total de propostas – dentre todas as inúmeras áreas das ciências forenses (Capes, 2014).

No mesmo sentido, organismos internacionais dedicados ao monitoramento e repressão dos crimes contra a vida selvagem são unânimes

em reconhecer a relevância da perícia criminal no combate ao tráfico de animais silvestres. No ano de 2012, um relatório do Grupo de Trabalho sobre Vida Selvagem do *Environmental Compliance and Enforcement Committee* (em tradução livre, “Comitê de Conformidade e Aplicação da Lei Ambiental”), da Interpol (Organização Internacional de Polícia Criminal), listou a perícia criminal como um dos oito “grandes temas atuais” relacionados ao tráfico de animais, explicando que a criminalística pode ser utilizada tanto para a identificação de espécies traficadas, quanto para o mapeamento dos pontos-chave de comércio ilegal, e que esses dados são relevantes inclusive para ações preventivas (Interpol, 2012). O tema criminalística foi estabelecido como uma das “áreas-chave” para atuação do grupo, e, dois anos depois, passou a constar entre os quatro projetos em curso no colegiado, sob o título de *Wildlife Forensic Project* (em tradução livre, “Projeto de Perícias de Vida Selvagem”) (Interpol, 2014). Como fruto de tal iniciativa, foi elaborado um guia para perícia de local de crime contra fauna, intitulado *Wildlife Crime Scene Investigation - Guide to Evidence Collection and Management* (em tradução livre, “Investigação de Cena de Crime contra a Vida Selvagem – Guia para Coleta e Processamento de Evidências”), para divulgação restrita aos órgãos de aplicação da lei ambiental dos países membros da organização (Interpol, 2013).

Também em 2012, o Escritório das Nações Unidas para Drogas e Crime (sigla UNODC, em inglês) publicou seu *Wildlife and Forest Crime Analytic Toolkit* (em tradução livre, “Manual de Análise para Crimes contra a Vida Selvagem e Florestas”), em que afirma que o uso da ciência e tecnologia é parte vital da investigação de crimes contra a vida selvagem. O manual ressalta que tais delitos são essencialmente

idênticos a qualquer outra forma de criminalidade e que, por isso, toda a gama de ferramentas das ciências forenses pode ser aplicada na investigação do comércio ilegal da biodiversidade, de uma ponta à outra da cadeia do tráfico. O texto detalha que a ciência forense pode ajudar na identificação das espécies traficadas e no rastreamento de sua origem, assim como na vinculação de suspeitos aos eventos criminosos investigados. Por fim o documento alerta para o fato de que, em países em desenvolvimento, os agentes responsáveis pela aplicação da lei em geral têm pouco apoio de serviços forenses, ou sequer têm consciência de sua existência ou importância (UNODC, 2012). Em 2014, a UNODC publicou suas “Diretrizes sobre Métodos e Procedimentos de Amostragem de Marfim e Análises Laboratoriais”, em que reforça a importância do reconhecimento, da preservação adequada e do devido exame pericial da cena de crime contra a fauna para confiabilidade das evidências a sua aceitação em tribunais (UNODC, 2014). Mais recentemente, um outro relatório do UNODC sobre criminalidade internacional contra a vida selvagem e tráfico de espécies protegidas, voltou a reafirmar que “o aumento do uso da ciência forense aplicada à vida selvagem pode contribuir para o direcionamento das respostas da aplicação da lei” e que “o incremento da capacidade forense não é apenas uma parte essencial da aplicação da lei, mas está no coração da proteção à vida selvagem” (UNODC, 2016).

Como demonstrado, a comunidade científica e as organizações intergovernamentais globais reconhecem como crucial o papel da perícia criminal para o combate aos crimes ambientais, dentre eles o tráfico de animais silvestres.

O exame pericial de local de crime

“Local de crime” pode ser entendido, segundo Velho *et al.* (2013, p. 19), como “toda área física ou virtual na qual tenha ocorrido um fato que possa assumir a configuração de infração penal, se estendendo ainda a qualquer local que possua vestígios relacionados à ação criminosa”. Os autores ressaltam ainda que são tratados como locais de crime todos os fatos que, mesmo não constituindo crime, cheguem ao conhecimento da polícia a fim de serem convenientemente esclarecidos, tais como acidentes de trânsito, suicídios, quedas acidentais, incêndios, etc.

No início do século XX, o cientista forense francês Edmond Locard formulou um princípio que viria a se tornar um dos preceitos elementares das ciências forenses: “todo contato deixa uma marca”. Conhecido como “Princípio da Transferência de Locard”, ou simplesmente “Princípio de Locard”, o axioma pode ser transcrito ou detalhado de várias maneiras, como por exemplo a citada por Velho *et al.* (2013, p.19): “Em locais de crime, existe sempre a troca de vestígios entre o criminoso, a vítima e o ambiente. Geralmente, o criminoso e a vítima deixam algo de si no local, ou levam algo do local consigo.” Dessa forma, uma série de evidências do contato entre vítima/autor/local são comumente objetos de análise forense para a elucidação de crimes, tais como vestígios de sangue, pelos e outros materiais biológicos, impressões digitais, pegadas e marcas de pneus no solo, partículas de solo em calçados e pneus, grãos de pólen, resíduos de substâncias diversas, dentre muitos outros.

O exame pericial de local ou cena de crime compõe a base das apurações de delitos das mais diversas naturezas. Dentre eles, podemos citar desde as

modalidades delitivas clássicas, tais como os crimes contra a vida e contra o patrimônio, até as mais modernas, como o tráfico de drogas (laboratórios de refino, processamento ou síntese de substâncias proscritas), os crimes virtuais (em que há o conceito de local de crime no ciberespaço) e os crimes ambientais. Nesses últimos, pela própria natureza das infrações, a perícia de local de crime pode apresentar inúmeras especificidades, assumindo relevância fundamental para a materialização de vestígios relacionados a crimes contra a flora (supressão de vegetação, incêndios florestais), intervenções em áreas protegidas, poluição (hídrica, atmosférica e de solos, deposição irregular de resíduos), mineração ilegal e, finalmente, os crimes contra a fauna (tráfico de animais e partes/subprodutos, biopirataria, caça ilegal, maus-tratos, mortes por envenenamento intencional, contaminações por poluição ambiental, dentre outros).

Especificidades da perícia de local de crime no tráfico de animais silvestres

Os crimes contra a fauna, de modo geral, e o tráfico de animais silvestres, em particular, envolvem condutas delitivas variadas, que se desenrolam nos mais diversos ambientes que compõem a cadeia do tráfico. Inicialmente, tem-se a caça ou captura em áreas selvagens ou rurais, passando por locais de cativeiro intermediário, rotas de transporte, entrepostos e mantenedouros, chegando, por fim, aos pontos de venda de animais vivos ou de suas partes e subprodutos.

Em um estudo que abordou as técnicas, ferramentas e tecnologias para investigação de cenas de crimes contra a vida silvestre, (Cooper *et al.*, 2009) enfatizam que o exame pericial, nesses casos, apresenta desafios específicos,

pouco usuais e inesperados, que podem ser muito diferentes daqueles presentes em locais de crime tradicionais. Via de regra a perícia é realizada em áreas remotas e de pouca infraestrutura de instalações, comunicação, transporte, apoio laboratorial e equipamentos, situações que são agravadas em países em desenvolvimento, condição comum à maioria das regiões de maior biodiversidade do planeta. Os autores ressaltam que o local de crime, nesses casos, pode englobar desde ambientes naturais, como florestas, savanas, desertos, costões, ilhas, oceanos, etc., até estabelecimentos como criadouros e mantenedouros de animais, mercados, coleções zoológicas, residências privadas, e até mesmo sites de venda de animais vivos ou subprodutos. O estudo ainda salienta que, em paralelo a essas condições adversas, os exames periciais em crimes contra a fauna podem demandar necessidades específicas, em termos de conhecimento técnico e recursos laboratoriais, tais como:

- Reconhecimento e identificação de pegadas, pelos, penas, dentes, ossos e excrementos;
- Taxonomia, biologia e comportamento animal;
- Microbiologia, toxicologia e DNA;
- Clínica e patologia veterinárias;
- Análises de isótopos estáveis, elementos-traço, resíduos químicos, solo e sedimentos;
- Ferramentas da criminalística tradicional: balística, resíduos de explosivos, datiloscopia, gotas de sangue, armas brancas, armadilhas, etc.

As técnicas forenses aplicadas aos crimes contra a vida selvagem são umbilicalmente atreladas às especificidades da biodiversidade do local onde os

crimes ocorrem ou da área de distribuição das espécies vitimadas. No cenário mundial, os esforços internacionais de prevenção e repressão aos crimes contra a fauna concentram-se principalmente no combate à depleção das populações selvagens de animais africanos e asiáticos, especialmente grandes mamíferos tais como elefantes, rinocerontes e tigres, além de algumas outras espécies também oriundas daqueles continentes, como pangolins, lêmures e répteis (UNODC, 2016). Por esse motivo, naturalmente, os protocolos estrangeiros de perícia de vida selvagem tendem às especificidades de tais espécies ou grupos. Já no Brasil, devido às peculiaridades de seus biomas e da cultura popular local, os animais mais impactados pelo comércio ilegal são as aves (Destro *et al.*, 2012). Em geral há o predomínio do tráfico de animais vivos, em relação a partes ou subprodutos, com grande diversidade de táxons entre biomas e regiões do país. Há também grupos taxonômicos sul-americanos (famílias, gêneros, espécies e/ou subespécies), que não compõem a fauna silvestre nativa brasileira, mas que ocorrem nos mesmos biomas ou em regiões vizinhas, e que são traficados para o país (Mayrink *et al.*, 2014). Todos esses fatores tornam necessária a criação de protocolos periciais específicos para a abordagem do tráfico de animais silvestres brasileiros, ou a adaptação, para a realidade nacional, de técnicas e ferramentas forenses desenvolvidas em outros países.

No que tange aos procedimentos periciais em local de crime de tráfico de animais silvestres, a observação de alguns princípios e regras é obrigatória para o correto registro dos vestígios nele encontrados. Uma das ações prioritárias na abordagem inicial do local é o atendimento médico veterinário aos animais que eventualmente estejam com saúde debilitada e/ou em más condições de alojamento. Muitas vezes os animais traficados são encontrados em situação de privação de água e alimentos, além de elevado

nível de estresse (por temperatura ambiente inadequada, superlotação, ruídos excessivos, dentre outros fatores). Sendo assim, um exame clínico é necessário para diagnosticar desidratação, desequilíbrios nutricionais e/ou metabólicos e outras condições desfavoráveis de saúde e bem-estar, que precisam ser revertidas para evitar ou diminuir os índices de mortalidade pós-apreensão.

Não menos importante que o atendimento clínico aos animais é a imediata preservação da cena do crime. Os primeiros agentes que chegam ao local têm papel fundamental no isolamento da área e na sua proteção, de forma a impedir que as evidências lá presentes sejam alteradas, destruídas ou contaminadas. Quanto melhor preservada a cena do crime, mais provável é que um vestígio seja localizado e corretamente interpretado. Em seu guia “Diretrizes sobre Métodos e Procedimentos de Amostragem de Marfim e Análises Laboratoriais”, o UNODC frisa que a primeira pessoa na cena do crime muitas vezes é um policial ou fiscal que procede a uma inspeção, e que naturalmente não possui conhecimentos profundos de perícia criminal. Todavia, isso não se configura um problema desde que o agente seja treinado para saber como e a quem recorrer, preservando o local até a chegada dos peritos criminais (UNODC, 2014).

Exames de local de crime envolvem técnicas periciais próprias, tais como (1) sistematização da busca, registro, coleta, identificação e armazenamento de vestígios, (2) fotografiação e videogração e (3) emprego de equipamentos, reagentes e luzes forenses, dentre outras. No caso de crimes contra a fauna, em particular, há ainda as necessidades específicas, dentre as quais as já citadas nos parágrafos anteriores. Adicionalmente, é importante a verificação das condições de alojamento, higiene e manejo, bem como a presença de evidências de reprodução do plantel e a quantidade, qualidade

e condições de armazenamento dos alimentos oferecidos aos animais. Essa avaliação pode propiciar tanto a constatação de maus-tratos, em casos de precariedade das condições, como, em situação oposta, comprovar a criação profissionalizada e/ou em larga escala. No local também podem ser encontrados vestígios da prática reiterada de crimes, tais como armadilhas (alçapões, arapucas ou gaiolas de captura) ou anotações de compra e venda de animais. Além disto, evidências de outros crimes associados ao comércio ou cativeiro ilegal também podem ser constatadas, como por exemplo a presença de equipamentos para falsificação de anilhas ou gaiolas de rinha.

No decorrer do exame pericial pode ser necessária a contenção dos animais para a verificação e medição de anilhas, leitura de microchips, coleta de material biológico ou transferência para recintos de transporte. Tais procedimentos demandam capacitação técnica, de modo a reduzir as chances de acidentes e lesões, tanto para os profissionais quanto para os animais. Há ainda a necessidade de recintos de transporte e veículos apropriados para a apreensão, bem como de organização logística para o envio dos animais apreendidos para centros de triagem. Quando não há condições de apreender os animais, eles devem ser fotografados, descritos e marcados (por microchips, anilhas, marcadores permanentes não-tóxicos ou outros), visando garantir segurança em uma identificação posterior, impedindo substituições (Lawton e Cooper, 2009).

A perícia de local de crime e a genética forense

A genética forense tem se mostrado um dos grandes avanços tecnológicos dos últimos tempos no combate aos crimes contra a vida

silvestre, especialmente por meio da identificação de espécies, investigação de ancestralidade e determinação de áreas de origem de animais ou partes de animais traficados (Linacre 2011; Johson *et al.*, 2014; Ogden, 2015). Sua aplicação nesse contexto pode ser potencializada, com resultados muito mais significativos, se empregada não somente nos animais apreendidos, mas sim de forma integrada a toda a gama de vestígios presentes na cena de crime. Conforme enunciado por Shaler e Pizzola (2004, apud Byrd e Sutton, 2012), “a ciência não começa na porta do laboratório”. Uma adequada perícia de local de crime é, portanto, a base para correta contextualização e interpretação dos resultados das análises de genética forense.

Nos casos de captura, caça e pesca ilegais, assim como nos de cativeiro clandestino, exames de DNA forense podem ser usados para a identificação de espécies, quando a avaliação morfológica for inconclusiva. Tal necessidade comumente ocorre em ocasiões em que estejam disponíveis para exame pericial apenas cortes ou fragmentos de carne, ossos, peles, pelos e penas que visualmente não permitam a identificação das espécies (Sanchez *et al.*, 2012). Em tais situações, vestígios biológicos encontrados no local de crime podem ser úteis tanto para a identificação das espécies quanto para a elucidação da dinâmica do fato criminoso, como ilustrado nos estudos de caso 5 e 6, expostos a seguir. Além das partes de animais, os fluidos corporais, secreções e resíduos de descamação da pele presentes nos recintos, gaiolas, poleiros, ninhos ou vasilhame também podem ser coletados para fins de DNA forense.

White *et al.* (2012), em uma investigação sobre captura ilegal de psitacídeos, utilizaram a genética forense para vincular animais apreendidos

em cativeiro irregular a vestígios biológicos encontrados em local de crime em ambiente natural (casca de ovo recolhida de ninho). Da mesma forma, os petrechos de captura, caça ou pesca eventualmente presentes no local de crime também podem conter vestígios biológicos de interesse pericial. Como exemplo, Chagas (2015) identificou espécie de pescado a partir de exames genéticos em amostras de DNA extraídas de petrechos de pesca (rede e tarrafa). De modo ainda mais abrangente, Hadas *et al.* (2016), em uma perícia sobre caça ilegal de cervídeos, empregaram técnicas de DNA aplicadas a carcaças, vestígios biológicos e petrechos encontrados em cenas de crime para determinar o número de espécimes abatidos e para vincular suspeitos ao ato criminoso.

Conforme já mencionado, exames de DNA são úteis também para a investigação de ancestralidade de animais silvestres de cativeiro, quando há dúvida se o animal realmente nasceu em cativeiro autorizado ou se foi capturado ilegalmente na natureza e registrado fraudulentamente como sendo descendente de matrizes de um plantel legalizado. Nesses casos, a investigação forense das fraudes envolve o exame minucioso de local de crime nos criatórios sob investigação, para a inventariação completa de todo o plantel, a identificação das evidências da fraude e a coleta e preservação das amostras biológicas. O estudo de caso n. 1, a seguir, ilustra uma situação real dessa natureza. Em outro exemplo, Pena (2013), usando marcadores moleculares para *Amazona aestiva* (papagaio-verdadeiro), conseguiu demonstrar que os filhotes vendidos por um criatório autorizado pelos órgãos ambientais não eram crias de aves legalizadas. A constatação das fraudes nos registros de filiação subsidiou a interdição do criatório e apreensão de centenas de aves.

Para que as análises possam ser devidamente processadas em laboratório, é necessário que elas sejam coletadas e armazenadas da forma correta. Um dos principais cuidados quanto a isso relaciona-se à não contaminação da amostra, evitando que perfis genéticos estranhos ao material de interesse sejam coletados inadvertidamente, em mistura. As amostras devem ser refrigeradas ou preservadas em solução conservante específica, para ampliar a chance de sucesso no diagnóstico laboratorial. Elas devem também ser devidamente identificadas e submetidas a uma rígida cadeia de custódia, de modo a garantir a plena validação da prova pericial em juízo.

Conclusão

Para a correta caracterização dos ilícitos contra a fauna silvestre, não se mostra suficiente a mera apreensão dos animais e sua identificação, sendo necessário o exame pericial detalhado de local de crime, com a coleta e análise de toda a sorte de vestígios deixados pela infração penal.

Atualmente, esse incremento de qualidade na materialização do crime é especialmente importante no Brasil, notadamente em face da ausência de um tipo penal específico para o tráfico de animais, muito menos que preveja circunstâncias agravantes, a exemplo do tráfico internacional, da reprodução ilegal em cativeiro e do comércio clandestino em larga escala (Calhau, 2004). Nesse contexto, nota-se, nos últimos anos, o surgimento de teses jurídicas que se apoiam na tipificação da conduta de traficantes de animais em crimes de natureza diversa da ambiental, a exemplo da receptação, do contrabando, da falsificação de selo ou sinal

público, da falsidade ideológica e da formação de quadrilha, dentre outros (Machado, 2012). Para que tais teses sejam mais amplamente aceitas em tribunais, impõe-se a completa caracterização da conduta delitiva; para tanto, mostra-se imprescindível o registro e a interpretação pericial de todas as evidências do crime, de modo a bem caracterizá-lo em todas as suas circunstâncias. A perícia criminal configura-se, portanto, como um importante aliado na conservação da vida silvestre, por sua contribuição no combate ao tráfico de animais.

Estudos de caso

A seguir são expostos alguns casos reais de perícias em locais de crime de tráfico de animais silvestres. Os casos serão discutidos de forma breve e esquemática, com o objetivo de apontar alguns aspectos relevantes desses exames periciais.

Caso 1 – Ocultação de vestígios

Em operações de combate ao tráfico de animais silvestres, é importante que o exame pericial de local se estenda por todo o imóvel investigado, não se restringindo apenas às áreas de alojamento ou manutenção dos animais (recintos, área de colocação de gaiolas, etc.). No presente caso, animais foram encontrados longe da área dos viveiros de um criatório legalizado, ocultados entre colchões dentro de uma residência existente na propriedade. Ao serem descobertos durante a perícia de local de crime, os dois exemplares de *Amazona aestiva* (papagaio-

verdadeiro) tiveram suas amostras de sangue coletadas para a realização de análise genética de ancestralidade. O resultado da comparação com as amostras de todas as matrizes daquela espécie mantidas no criatório demonstrou que aqueles indivíduos não haviam nascido legalmente em cativeiro. Os exames periciais, portanto, comprovaram a ocorrência de tráfico de animais silvestres naquele criatório e compuseram a base do conjunto probatório que subsidiou as sanções administrativas e penais a ele impostas.



Figuras 1 e 2 – Animais de origem ilegal encontrados durante o exame pericial de local de crime em um criatório legalizado.

(Fotos: Rodrigo R. Mayrink)

Caso 2 – Condições precárias de alojamento e maus-tratos

O exame pericial de local de crime foi determinante para a constatação de maus-tratos a todo um plantel de aves silvestres e exóticas mantidas em um criadouro legalizado. A perícia registrou condições precárias de alojamento e irregularidades higiênico-sanitárias, que ocorriam de forma generalizada no criatório. O laudo pericial subsidiou o fechamento do empreendimento.

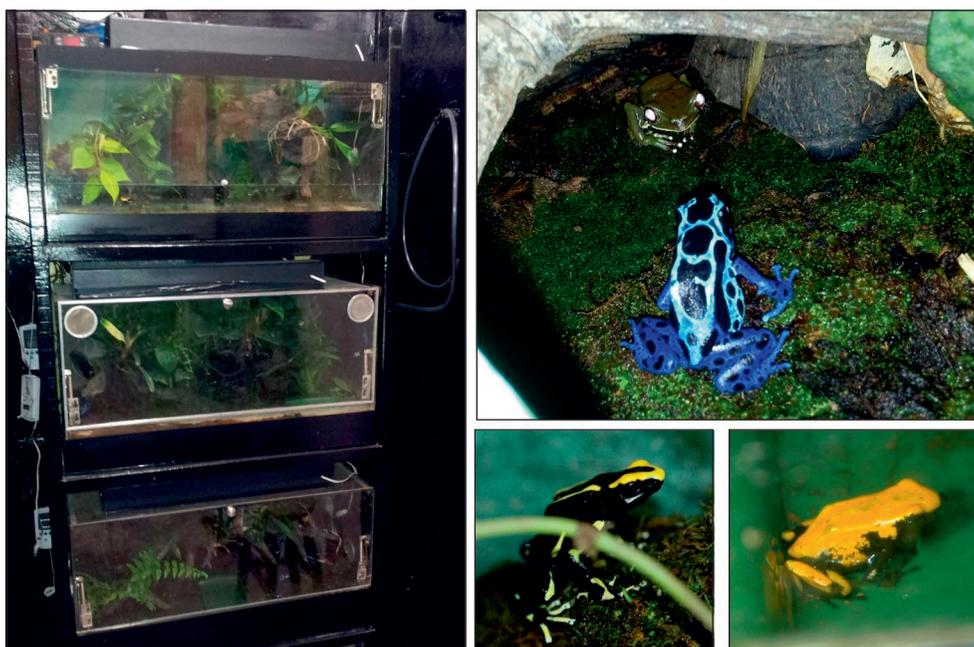


Figuras 3 a 8 – Más condições de alojamento constatadas na perícia de local: instalações precárias, animais com sintomas de estresse (arrancamento de penas), presença de roedores mortos nos recintos e acúmulo de excrementos e restos de alimento (setas).

(Fotos: Rodrigo R. Mayrink)

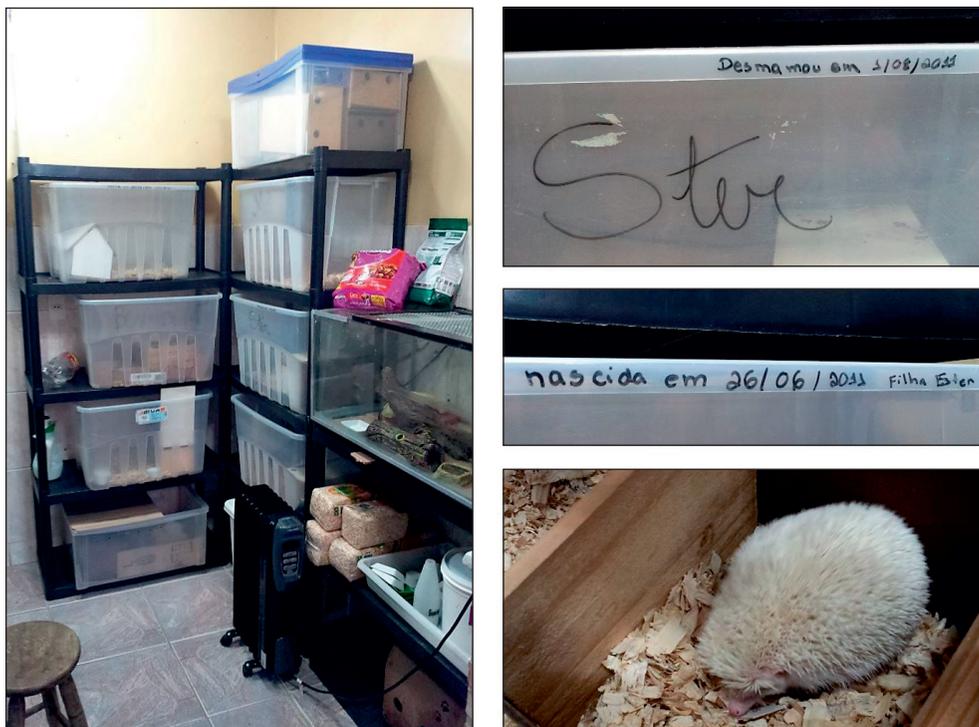
Caso 3 – Condições elaboradas de alojamento e criação profissionalizada

Uma investigação de tráfico de fauna pela internet chegou a um suposto fornecedor de animais para um *site* de comércio ilegal. No local, um imóvel residencial com um viveiro e alguns cômodos no quintal, a perícia foi capaz de constatar a criação tecnificada de várias espécies silvestres e exóticas, inclusive com evidências de reprodução de algumas delas. O laudo de exame de local comprovou a participação do suspeito na rede de tráfico investigada.



Figuras 9 a 12 – Terrários de criação de anfíbios, com sistema especializado de climatização.

(Fotos: Rodrigo R. Mayrink)



Figuras 13 a 16 – Recintos de criação especializada de *Ateleryx albiventris* (ouriço-pigmeu-africano), com evidências de reprodução do plantel.

(Fotos: Rodrigo R. Mayrink)

Caso 5 – Vestígios de alojamento pretérito de animais

Um imóvel urbano foi alvo de uma operação policial que teve como objetivo prender em flagrante uma quadrilha de traficantes de aves silvestres. O grupo, que vinha sendo monitorado por interceptação telefônica autorizada pela Justiça, utilizaria aquele imóvel apenas para um pernoite, em meio a um longo deslocamento rodoviário entre três estados. Em princípio, as buscas no local encontraram as caixas de transporte contendo as várias dezenas de animais traficados (figuras 17 a 19, a seguir).



Figura 17 a 19 – Caixas de transporte em uso pelos traficantes de animais, encontradas na entrada do galpão.

(Fotos: José Felipe M. Cancela)

Adicionalmente, no decorrer do exame pericial foram detectadas evidências de que aquele imóvel já havia sido usado para o alojamento de animais no passado. Em uma parte posterior do galpão, a perícia constatou a presença de um grande número de gaiolas e caixas de transporte abandonadas, e, principalmente, marcas deixadas na parede pela instalação prolongada das gaiolas: manchas de poeira e detritos (figuras 20 e 21, adiante). Interessante notar que os detritos incrustados na parede, ou mesmo no interior das gaiolas, podem ser úteis como fonte de DNA para exame de identificação das espécies dos animais ali mantidos.



Figuras 20 e 21– Marcas de poeira e detritos na parede, indicando que muitas gaiolas foram ali mantidas no passado, por período prolongado de tempo.

(Fotos: Rodrigo R. Mayrink)

Caso 6 – Entrepósito de tráfico de animais silvestres comprovado por exame pericial de local de crime

Uma perícia de local de crime foi realizada para averiguar a utilização de um imóvel residencial como depósito temporário de animais silvestres traficados. Na ocasião, contudo, nenhum animal foi encontrado, o que em princípio inviabilizaria a vinculação do suspeito ao ato criminoso. Entretanto, o exame pericial pormenorizado no local constatou a presença de penas em uma caixa de transporte. No exterior da caixa havia a inscrição “jandaia”, nome popular dado a várias espécies de psitacídeos silvestres. Entretanto o proprietário alegava ter utilizado a gaiola apenas para transporte de espécies domésticas. As penas foram então enviadas para exame de identificação genética, no Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal, e o laudo pericial atestou que se tratava da espécie *Trichloria malachitacea*, um psitacídeo popularmente conhecido como sabiá-cica.

O conjunto de laudos periciais (local de crime e identificação genética) comprovou a utilização daquele imóvel como entreposto de tráfico

de animais silvestres, visto que foram constatados vestígios biológicos de uma espécie para o qual o suspeito não tinha autorização de criação e cuja área de ocorrência era completamente distinta da região do local periciado.



Figuras 22 e 23 – Penas encontradas no interior de caixa de transporte, evidência que comprovou o uso do local periciado como entreposto de tráfico de animais silvestres.

(Fotos: Rodrigo R. Mayrink)

Referências

Brasil. 1941. *Decreto-Lei n. 3.689, de 03 de outubro de 1941 - Código de Processo Penal*. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del3689.htm >. Acesso em: 16 de maio de 2016.

Brasil. 2009. *Lei 12.030, de 17 de setembro de 2009*. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12030.htm >. Acesso em: 14 de maio de 2016.

Byrd J. H., Sutton L. K. 2012. Defining a Crime Scene and Physical Evidence Collection. In: Huffman J. E. E Wallace J. R. (ed.). *Wildlife Forensics: Methods and Applications*. Chichester: Wiley-Blackwell, p.51-63.

Calhau L.B. 2004. Da necessidade de um tipo penal específico para o tráfico de animais: razoabilidade da Política Criminal em defesa da fauna. In: Benjamin A.H., *8º Congresso Internacional de Direito Ambiental - Fauna, Políticas Públicas e Instrumentos Legais*, São Paulo, Instituto O

Direito Por um Planeta Verde, p. 457-465.

Capes. 2014. Programa Pró-Forenses aprova 20 projetos. Disponível em: < <http://capes.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/7211-programa-pro-forenses-aprova-20-projetos> >. Acesso em: 25 de junho de 2016.

Chagas A. T. D. A. 2015. *Caracterização de marcadores moleculares com aplicabilidade para identificação de duas espécies de peixe com interesse forense: Prochilodus argenteus e Prochilodus costatus*. 104 p. (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Genética - Departamento de Biologia Geral - Instituto de Ciências Biológicas UFMG, Belo Horizonte.

Cooper J. E., Cooper M. E., Budgen P. 2009. Wildlife crime scene investigation: techniques, tools and technology. *Endangered Species Research* 9 (3): 229-238 Disponível em: < <http://www.int-res.com/abstracts/esr/v9/n3/p229-238/> >.

Destro G.F.G, Pimentel T.L, Sabaini R.M, Borges R.C., Barreto, R. 2012. Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. Chapter 16. In: Lameed G.A. (ed). *Biodiversity Enrichment in a Diverse World* Intech, 518 p. ISBN 978-953-51-0718-7.

Hadas L., Hermon D., Bar-Gal G. K. 2016. Before they are gone – improving gazelle protection using wildlife forensic genetics. *Forensic Science International: Genetics* 24: 51-54. ISSN 1872-4973.

Houaiss A. *Dicionário Eletrônico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva 2009.

Interpol. 2013. Wildlife Crime Scene Investigation - *Guide to Evidence Collection and Management*. 48 p. Disponível em: < <https://www.interpol.int/Crime-areas/Environmental-crime/Resources/Publications> >. Acesso em: 23 de julho de 2015.

Interpol. 2016. *Pollution, Wildlife, and Fisheries Working Group Meeting Reports*. Bangkok: Interpol 2012. 11 p. Disponível em: < <http://www.interpol.int/Media/Files/Crime-areas/Environmental-crime/>

Meetings/International-Chiefs-of-Environmental-Compliance-and-Enforcement-201203/Pollution,-Wildlife,-and-Fisheries-Working-Group-Meeting-Reports >. Acesso em: 15 de março de 2016.

Interpol. 2014. *Environmental Compliance and Enforcement Committee: Meeting and Events – Final Report*. Nairobi: Interpol, 2014. Disponível em: < <http://www.interpol.int/Media/Files/Crime-areas/Environmental-crime/Meetings/International-Chiefs-of-Environmental-Compliance-and-Enforcement-201203/Environmental-Compliance-and-Enforcement-Committee,-Meeting-and-Events-%E2%80%93-Final-Report>. >. Acesso em: 13 de abril de 2016.

Johnson R. N., Wilson-Wilde L., Linacre A. 2014. Current and future directions of DNA in wildlife forensic science. *Forensic Science International: Genetics* 10: 1-11. ISSN 1872-4973.

Lawton M. P. C., Cooper J. E. 2009. Wildlife crime scene visits. *Applied Herpetology* 6: 29-45.

Lima R. B. D. 2016. *Código de Processo Penal Comentado*. Salvador: JusPODIVM 1904.

Linacre A. 2011. Forensic Science in Support of Wildlife Conservation Efforts - Genetic Approaches (Global Trends). *Forensic Science Review* 23 (1): 9-18.

Linacre A., Tobe Shanan S. 2011. An overview to the investigative approach to species testing in wildlife forensic science. *Investigative Genetics* 2 (1): 2. ISSN 2041-2223.

Machado R. D. F. S. 2012. Considerações sobre o enquadramento típico do tráfico de animais silvestres. *Custos Legis - Revista Eletrônica do Ministério Público Federal* 4: 25. Disponível em: <http://www.prrj.mpf.mp.br/custoslegis/revista//2012_Penal_Processo_Penal_Machado_Animais_Silvestres.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2016.

Mayrink R. R. et al. 2014. Combating International Wildlife Trafficking

in Latin America: The Role of Forensic Science in the Context of the Amazon Ecosystem. In: *Proceedings of the 20th World Meeting of the International Academy of Forensic Science (Abstract Book of the World Forensic Festival)*. Seoul: National Forensic Service.

Netto C. S. 2010. Perícia Criminal: instrumento probatório de concretização do respeito à dignidade da pessoa humana. 48 p. (Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão de Políticas de Segurança Pública). Academia Nacional de Polícia Brasília.

Nucci G. D. S. 2016. *Código de Processo Penal Comentado*. Rio de Janeiro: Florense. 1526 p.

Ogden R., Linacre A. 2015. Wildlife forensic science: A review of genetic geographic origin assignment. *Forensic Science International: Genetics* 18: 152-159. ISSN 1872-4973.

Peixoto H. P. 2011. Introdução ao Guia de Serviços da Perícia Criminal Federal. In: Perruso C. N., Pascual D. C. P. et al (Ed.). *Guia de Serviços da Perícia Criminal Federal: Uma Visão Panorâmica: A Verdade e a Justiça pela Ciência Forense*. Brasília: Departamento de Polícia Federal Diretoria Técnico-Científica (DITEC), p.9-10.

Sanches A., Tokumoto P.M., Peres W.A., Nunes F.L. Gotardi M.S., Carvalho C.S., Pelizzon C., Godoi T.G., Galetti M. 2012. Illegal hunting cases detected with molecular forensics in Brazil. *Investigative Genetics* 3 (1): 17. ISSN 2041-2223.

Santos Filho A. M. P. D., Mayrink R. R. M. 2013. Medicina Veterinária Forense. In: Velho J. A., Geiser G. C. Espíndula, A. (ed.). *Ciências Forenses: Uma Introdução às Principais Áreas da Criminalística Moderna*. 2ª. Campinas: Millennium, p.257-276.

Shaler R. C., Pizzola P. A. 2004. Forensic scientists at the crime scene: lab directors' perspective. *Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences* 10(63): 91.

Trauczynski R. A. 2013. *Perícias Criminais em Delitos contra a Flora no Estado de Santa Catarina: Diagnóstico Metodologia e Perspectivas*. 88 p. (Dissertação de mestrado). Centro de Ciências Biológicas - Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais UFSC Florianópolis.

Unep. 2014. Emerging Technologies: Smarter ways to fight wildlife crime. *Environmental Development* 12: 62-72.

UNODC. 2014. *Guidelines on Methods and Procedures for Ivory Sampling and Laboratory Analysis*. New York, United Nations, 140 p.

UNODC. 2012. *Wildlife and Forest Crime Analytic Toolkit*. Vienna: United Nations. 212 p. Disponível em: < <https://www.unodc.org/unodc/en/wildlife-and-forest-crime/wildlife-and-forest-crime-analytic-toolkit.html> >. Acesso em: 12 de abril de 2016.

UNODC. 2016. *World Wildlife Crime Report: Trafficking in protected species*. New York, United Nations, 98 p.

Velho J. A., Geiser G. C., Espíndula A. 2013. Introdução às Ciências Forenses. In: Velho J. A., Geiser G. C., Espíndula A. (ed.). *Ciências Forenses: Uma Introdução às Principais Áreas da Criminalística Moderna*. 2ª ed. Campinas, Millennium, p.1-18.

Velho J. A., Silva, L.A.R., Carmo, C.F.A., Damasceno, C.T.M. 2013. A Perícia em Locais de Crime. In: Velho J. A., Geiser G. C., Espíndula A. (ed.). *Ciências Forenses: Uma Introdução às Principais Áreas da Criminalística Moderna*. 2ª ed. Campinas, Millennium. p.19-32.

Wallace J. R., Ross J. C. 2012. The Application of Forensic Science to Wildlife Evidence. In: Huffman J. E. E Wallace J. R. (ed.). *Wildlife Forensics: Methods and Applications*. Chichester, John Wiley & Sons, p.35-50.

White N. E, Dawson R., Coghlan M. L., Tridico S. R., Mawson P. R., Haile J., Bunce M. Application of STR markers in wildlife forensic casework involving Australian black-cockatoos (*Calyptrorhynchus spp.*). *Forensic Science International: Genetics* 6(5), 664-670.

Sobre os Organizadores

Fábio José Viana Costa

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais (2000) e mestrado em Biologia Animal pela Universidade de Brasília (2002). Desde 2003 é Perito Criminal Federal - Polícia Federal, atuando no Instituto Nacional de Criminalística em perícias criminais na área ambiental, e perícias em animais ou partes de animais apreendidos, oriundos do tráfico internacional de animais silvestres. Coordena projetos relacionados ao combate ao tráfico de animais, um deles um Guia de Identificação de Aves Traficadas destinado a profissionais da segurança pública e fiscais ambientais de todo o país. Seu projeto de doutorado (Pós-Graduação em Ciências Ambientais-UnB) relaciona-se à identificação da origem de animais apreendidos por meio de marcadores intrínsecos (isótopos estáveis e marcadores moleculares).
e-mail: fabio.fjvc@dpf.gov.br

Juliana Machado Ferreira

Possui graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas (2002), mestrado (2006) e doutorado (2012) em Biologia (Genética), pela Universidade de São Paulo. Seu doutorado, realizado sob a orientação do Prof Dr João Stenghel Morgante e com colaboração da Dra Mary Curtis, do *US Fish and Wildlife National Forensics Laboratory*, culminou com a tese “Contribuição da Genética de Populações à investigação sobre o tráfico de fauna no Brasil: Desenvolvimento de microssatélites e análise da estrutura genética em *Paroaria dominicana* e *Saltator similis* (Aves: Passeriformes: Thraupidae)”. Foi membro fundadora e é Diretora Executiva da organização Freeland Brasil, cuja missão é a conservação da biodiversidade através do combate ao tráfico de espécies silvestres, e que atua em três frentes: (1) Educação e conscientização para a redução da demanda por espécies silvestres e seus subprodutos; (2) Pesquisa científica e capacitação para apoio ao trabalho das Polícias; e (3) Políticas públicas e articulação internacional para a institucionalização e perenização do combate ao tráfico de espécies silvestres.
e-mail: juliana@freelandbrasil.org.br

Kellen Rejane Gomes Monteiro

Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade de Brasília (2003). Atualmente exerce a função de Médica Veterinária na Polícia Federal, junto à Área de Perícias em Meio Ambiente, auxiliando na execução de Projetos relacionados a crimes contra a fauna, em especial, ao combate ao tráfico de animais.

e-mail: kellen.krgm@dpf.gov.br

Rodrigo Ribeiro Mayrink

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999), formação como perito criminal federal pela Academia Nacional de Polícia (2003) e mestrado em perícias criminais ambientais pela Universidade Federal de Santa Catarina (2016). Atua como perito criminal federal da Polícia Federal do Brasil desde 2003, na área de perícias em crimes ambientais. É responsável pela realização de perícias no âmbito criminal relativas aos crimes de tráfico de animais silvestres, maus-tratos a animais e fraudes em produtos de origem animal, além de avaliação de danos ambientais ao meio biótico em perícias envolvendo empreendimentos minerários, agropecuários e industriais.

e-mail: mayrink.rrm@dpf.gov.br

Sobre os Autores

Ana Luiza Lemos Queiroz

Bióloga formada pela UFMG (2014) e atualmente bolsista de mestrado da pós-graduação em Genética da UFMG, no Laboratório de Biotecnologia e Marcadores Moleculares, desenvolvendo pesquisas com genomas de animais silvestres com fins forenses. Durante a graduação, estudou na State University of New York e realizou pesquisa na Harvard University. Durante dois anos, fez estágio na Superintendência Regional da Polícia Federal em Belo Horizonte, auxiliando na elaboração de laudos periciais de crimes ambientais, além de estágio no Centro de Triagem de Animais Silvestres (Ibama/IEF).
e-mail: allqueiroz91@gmail.com

André de Camargo Guaraldo

Biólogo, formado na UNESP - Rio Claro. Possui experiência em comportamento, reprodução, migração e ecologia de aves, além de frugivoria e dispersão de sementes. Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB). Desde 2014 é pós-doutorando no PPG Ecologia e Conservação da UFPR, onde atualmente é Professor Colaborador, orientador de nível Mestrado. Em Ornitologia, possui experiência com técnicas tradicionais (p.ex.: observações, capturas, censos acústicos e visuais, marcação com anilhas, acompanhamento de ninhos, coleta de amostras biológicas, taxidermia) e no uso de métodos e tecnologias mais recentes (p.ex.: análises de isótopos estáveis e uso de geolocalizadores). Possui fluência em delineamento amostral e experimental e análises de dados uni, multivariados e circulares.
e-mail: ac@guaraldo.bio.br

Antônio Messias Costa

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais (1978) e mestrado em Ciência Animal pelas Universidade Federal do Pará e University of Veterinary Medicine Budapest, Hungary (2000). Tem especialidades na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Saúde, Manejo e Ambientação de Animais Selvagens Nativos e Exóticos. Foi professor na disciplina Saúde e Manejo de Animais Selvagens na Escola de Veterinária da Universidade Rural da Amazônia (1990-1996). É médico veterinário no Museu Paraense Emílio Goeldi desde 1987.
e-mail: messias@museu-goeldi.br

Carlos Benigno Vieira de Carvalho

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília (1996), mestrado em Ecologia pela Universidade de Brasília (1999) e doutorado em Biologia Animal pela Universidade de Brasília (2002). Tem experiência na área de Zoologia, com ênfase em Comportamento Animal e Genética. Trabalhou por cinco anos no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) principalmente nas áreas Zoologia e Taxonomia. Atualmente é Perito Criminal Federal lotado no Área de Perícias em Genética Forense do Instituto Nacional de Criminalística, da Polícia Federal, com interesse principal na identificação genética de espécies animais.
e-mail: benigno.cbvc@dpf.gov.br

Carlos Henrique Saquetti

Possui graduação em medicina veterinária pela Universidade Federal de Viçosa (2000), mestrado em cirurgia veterinária (2003) e doutorado em cirurgia veterinária (2010) ambos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Medicina Veterinária, com ênfase em Clínica Cirúrgica Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: gastroenterologia bovina e equina, afecções do sistema locomotor de grandes animais. Atualmente é 1º Tenente da Polícia Militar do Distrito Federal e atua como Docente do Instituto de Ciências Policiais, desde 2010.
e-mail: carlossaquetti@yahoo.com.br

Daniel Ambrózio da Rocha Vilela

Formado em Medicina Veterinária pela UFMG em 2001, mesma Instituição na qual obteve o Mestrado em Reprodução Animal em 2003 e o Doutorado em Ciência Animal em 2012. Ingressou no Ibama como Analista Ambiental em 2002 onde desempenha atividades relacionadas ao manejo em cativeiro e vida livre, proteção, conservação, triagem, reabilitação, reintrodução e medicina de animais silvestres. É também professor Universitário na FEAD.
e-mail: davilela@yahoo.com

Diêgo Maximiano Pereira de Oliveira

Graduação em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário UNA (2009) e especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro Universitário Internacional UNINTER (2013). Atualmente trabalha como Analista Ambiental na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD. Na área ambiental já realizou inventários e monitoramentos de comunidades avifaunísticas, atendimento a criatórios regularizados (mantenedores de fauna, criador científico e criador comercial) da fauna silvestre, projetos científicos, fiscalizações ambientais, entre outros.
e-mail: diego.oliveira@meioambiente.mg.gov.br

Fernando Pacheco Rodrigues

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP Jaboticabal (1995), mestrado em Ciências Biológicas (Genética) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP Botucatu (1998) e doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo - USP São Paulo (2004). Realizou pós-doutorado na Universidade Federal de São Carlos. Atualmente é professor do Departamento de Genética e Morfologia da Universidade de Brasília (UnB), onde atua desde março de 2010. Tem experiência na área de Genética, com ênfase em Genética da Conservação e Ecologia Molecular de mamíferos, atuando principalmente nos seguintes temas: diversidade e estrutura genética em populações naturais, filogeografia, avaliação da estrutura genético-social, identificação molecular de espécies e análises não-invasivas.
e-mail: fprodrigues@unb.br

Gabriela Bielefeld Nardoto

Graduação em Ciências Biológicas (UnB 1997), mestrado em Ecologia (UnB 2000), doutorado em Ecologia Aplicada (USP 2005) e pós-doutorado pelo CENA/USP (2008). Bolsista PNPd/CAPES (PPG-Ecologia/UnB 2010). Atualmente é Professora Adjunta III - Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília. Membro permanente do PPG-Ecologia/UnB e PPG-Ciências Ambientais/UnB. Experiência na área de Ecologia de Ecossistemas, atuando nos seguintes temas: funcionamento de florestas e savanas tropicais; uso de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em estudos ambientais; e na área de Ecologia Aplicada, área de Ciências Forenses utilizando a metodologia isotópica.
e-mail: gbnardoto@unb.br

João Paulo Sena-Souza

Bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade de Brasília (2012) com mestrado em Geografia pela mesma universidade (2015). Durante esse período, trabalhou com Sistema de Informação Geográfica e sensoriamento remoto para mapeamento da geomorfológico e da cobertura da terra, dinâmica de paisagem e relação solo-relevo. Atualmente é estudante de Doutorado do Programa de Pós-Graduação de Ciências Ambientais na Universidade de Brasília trabalhando com desenvolvimento de modelos de Isoscapes de Nitrogênio no Brasil. Trabalha com geoestatística, SIG, ecologia de ecossistemas, ciclo do nitrogênio e isótopos estáveis.
e-mail: jpsenasouza@gmail.com

João Stenghel Morgante

Possui graduação (bacharelado e licenciatura) em Ciências Biológicas pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras USP (1966), mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo (1968) e doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Genética) pela Universidade de São Paulo (1972), Professor Associado (1982). Desde 1990 é Professor Titular da Universidade de São Paulo. Aposentado compulsoriamente em dezembro de 2010. Em junho aprovado pela USP termo de colaboração e permissão de uso e a partir março de 2012 até dezembro de 2014 Professor Sênior da USP. Tem experiência na área de Genética, com ênfase em Genética Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: variabilidade genética, genética animal, filogeografia, DNA mitocondrial, especiação. Foi Diretor do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo nos períodos 25/08/1995 a 24/08/1998 e 01/09/2003 a 31/08/2007.

e-mail: jsmorgan@ib.usp.br

Juliana Fernandes Ribeiro

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (2008), mestrado em Ecologia pela Universidade de Brasília (2011) e doutorado em Ecologia pela Universidade de Brasília (2015). Atualmente, pós-doutoranda na Universidade de Brasília. Experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: Pampa, Mata Atlântica, Cerrado, Interação animal-planta, Ecologia de população, Ecologia de comunidades, Pequenos mamíferos terrestres e Isótopos estáveis no âmbito ecológico e forense.

e-mail: jufernandesribeiro@gmail.com

Nelson Rodrigo da Silva Martins

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1979), mestrado (1987) e doutorado (1990) em Microbiologia Veterinária, ambos na University of Surrey, Inglaterra, e pós-doutorado pela Cornell University, Estados Unidos (2004). Atualmente é professor associado III, na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Atua na área de Medicina Veterinária Preventiva, em Doenças das Aves e áreas relacionadas, principalmente em estudos das doenças das aves e suas etiologias por ferramentas de microbiologia (bactéria, fungo e vírus), parasitologia (coccidioses, endo e ectoparasitoses, hematozoários), imunologia (anticorpos mono e policlonais), toxicologia (envenenamentos e toxiinfecções em aves) e doenças metabólicas, das aves industriais, de subsistência, de espécies da fauna nativa selvagem, na conservação em cativeiro e de vida livre, e aves exóticas.

e-mail: rodrigo@vet.ufmg.br

Renato Caparroz

Formado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (1994), mestrado (1998) e doutorado (2003) em Ciências Biológicas (Biologia/Genética) pela Universidade de São Paulo. Atualmente, é professor adjunto do Departamento de Genética e Morfologia da Universidade de Brasília-UnB, cadastrado no programa de pós-graduação em Biologia Animal da UnB, desenvolve projetos nas áreas de Ecologia Molecular e Genética da Conservação, principalmente voltados para o estudo filogeográfico, estrutura genética e biologia reprodutiva da avifauna e da mastofauna neotropical.

e-mail: renatocz@yahoo.com.br

Sérvio Túlio Jacinto Reis

Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa (1997). Possui Especialização em Medicina Veterinária Legal (2010). Mestre em Perícias Criminais Ambientais pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). Doutorando em Medicina Veterinária Legal pela Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP-BOTUCATU). Atualmente é Perito Criminal Federal da Polícia Federal. Tem experiência em criminalística, notadamente na área de perícias de crimes ambientais, contra a fauna. Fundador e Presidente da Associação Brasileira de Medicina Veterinária Legal. Fundador e Diretor da Associação Iberoamericana de Medicina e Ciências Veterinárias Forenses.

e-mail: servio.stjr@dpf.gov.br

Este livro foi impresso pela Gráfica
Imprel, em 2017, no formato 17x25cm
utilizando a fonte Adobe Garamond,
papel couche fosco 90 gr



CIÊNCIA CONTRA O TRÁFICO

AVANÇOS NO COMBATE AO
COMÉRCIO ILEGAL DE ANIMAIS SILVESTRES

Fabio Costa • Juliana Ferreira
Kellen Monteiro • Rodrigo Meyrink

Fortalecendo parceiras
em favor da biodiversidade

