



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



Análises genéticas, ações educativas e criação de banco de dados forense: estratégia multidisciplinar para proteção jurídica à conservação biológica de aves traficadas

BIANCA PICADO GONÇALVES

BOTUCATU - SP

2018



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



Análises genéticas, ações educativas e criação de banco de dados forense: estratégia multidisciplinar para proteção jurídica à conservação biológica de aves traficadas

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Genética), do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor.

Doutoranda: Bianca Picado Gonçalves

Orientadora: Profa. Dra. Adriane Pinto Wasko

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Teixeira

BOTUCATU - SP

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM. DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Gonçalves, Bianca Picado.

Análises genéticas, ações educativas e criação de banco de dados forense: estratégia multidisciplinar para proteção jurídica à conservação biológica de aves traficadas / Bianca Picado Gonçalves. - Botucatu, 2018

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Adriane Pinto Wasko

Coorientador: Carlos Roberto Teixeira

Capes: 20204000

1. Ecologia. 2. DNA mitocondrial. 3. Ave – Proteção. 4. Ave - Banco de dados. 5. Genética forense.

Palavras-chave: DNA mitocondrial; DNAr 5S; banco de dados forenses; genética da conservação; tráfico de aves silvestres.

“A grandeza de uma nação pode ser julgada pelo modo que seus animais são tratados”.

Mahatma Gandhi

Esta tese é dedicada aos meus pais que não mediram esforços para que eu conseguisse chegar até aqui.

Agradecimentos

Aos meus pais (Rafael e Sandra) que sempre me apoiaram em todas decisões, me incentivando carinho e amor. Eles são meu grande amor e exemplo de vida.

Aos meus irmãos (Renato e Álvaro), que mesmo com a distância física sempre se preocuparam e me apoiaram em tudo.

Ao meu noivo (Maurício), por todo incentivo, apoio, carinho, paciência e amor.

À minha orientadora Profa. Dra Adriane Pinto Wasko, por toda dedicação, paciência, aprendizado, amizade, carinho, oportunidade, incentivo. Escreveria páginas sobre ela, um exemplo de profissional, professora, educadora, pesquisadora, amiga, mãe e esposa. Minha gratidão é eterna por todas as oportunidades que tive com você ao longos dos 7 anos de convivência (bacharel, mestrado e doutorado).

Ao meu coorientador Prof. Dr. Carlos Roberto Teixeira, que durante todo esse tempo me deixou à vontade dentro do CEMPAS, para à coleta de amostras dos animais, assim como, para reuniões e acesso à documentos internos. Obrigada pela confiança e incentivo.

Aos residentes do CEMPAS, que me auxiliaram na coleta das amostras.

À Valquíria, técnica do laboratório de Genética Animal que além de me auxiliar no laboratório, sempre foi uma grande amiga e parceira.

À Talita e Bruna, amigas que fiz no laboratório de Genética Animal e espero levá-las para toda vida. Obrigada por todas as risadas, desabafos, alegrias, conquistas, apoio e ajuda do dia-a-dia.

À todos os funcionários do Departamento de Genética aos quais convivi durante esse tempo.

Aos docentes do Departamento de Genética que sempre estiveram à disposição para me auxiliar quando necessário, em especial à Profa. Dra Lígia Motta, por todo carinho, confiança e amizade.

À Profa. Dra. Miriam Tsunemi, docente do Departamento de Bioestatística que sempre me auxiliou nas análises estatísticas de todos meus projetos científicos. Obrigada por toda disponibilidade para as várias reuniões que tivemos para analisar e discutir meus dados. Além da preciosa amizade e admiração.

Aos funcionários da Diretoria Técnica de Informática, que me auxiliaram no desenvolvimento da plataforma do banco de dados, especialmente ao Prof. Dr Ney Lemke, que permitiu a criação do banco e ao Ciro Marcos Silva e Luiz Alberto Jerônimo.

E à todos que de alguma forma contribuíram durante todos esses anos. Profissionais, docentes, alunos, amigos, em especial, àquelas que sempre permaneceram firmes do meu lado no momentos de alegrias e tristezas, Naiara Cinegaglia e Tália Missen.

Muito obrigada!

RESUMO

O Brasil apresenta umas das maiores diversidades de avifauna do mundo, sendo estimada a ocorrência de 1.919 espécies distribuídas em todo seu território. Entretanto, a destruição de *habitats*, poluição e captura excessiva, muitas vezes associadas ao comércio ilegal, têm levado a um declínio no número de indivíduos desse grupo animal. Uma das formas de combater esse tipo de crime ambiental e de reverter ou minimizar seus efeitos concerne à implementação de um banco de dados forenses com registros de ocorrências e informações biológicas sobre os animais apreendidos e desenvolvimento de ações de conscientização da população sobre esta problemática. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver estratégias multidisciplinares para a proteção jurídica à conservação biológica de aves oriundas do tráfico de animais. Amostras de DNA de aves comercializadas ilegalmente e encaminhadas ao Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres (CEMPAS), mantido pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, foram utilizadas para geração de perfis genéticos sexo-específicos, por meio da amplificação de segmentos dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* (*Chromo Helicase DNA Binding*). Adicionalmente, perfis de duas subespécies de papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva aestiva* e *Amazona aestiva xanthopteryx*) foram gerados por meio da amplificação e sequenciamento nucleotídico de segmentos dos genes mitocondriais citocromo C oxidase subunidade I (COI) e citocromo b (CYB) e de um segmento do gene de DNA ribossomal 5S (DNAr 5S), a partir de amostras de animais mantidos no CEMPAS. A sexagem molecular, em exemplares de aves de diferentes famílias, permitiu a identificação de um ou de dois fragmentos de DNA em machos e fêmeas, respectivamente. Entre os marcadores moleculares utilizados para caracterizar *Amazona aestiva*, apenas o citocromo b evidenciou diferenças nucleotídicas entre as duas subespécies. Os dados dos perfis genéticos foram utilizados para implementação de uma plataforma *online* denominada de *Forensic Bird Base*, com acesso para fins de pesquisa e criminalística. Como produtos adicionais desse trabalho, foram gerados uma cartilha educativa visando popularizar a aplicação das Ciências Forenses no combate ao tráfico de aves silvestres e um manual jurídico para profissionais das áreas de biológicas, visando demonstrar as normas e leis vigentes no país acerca dos direitos dos animais, e as condutas que podem ser tipificadas ou não como crime contra a fauna. Os resultados e produtos gerados podem servir de subsídio para o delineamento de programas de manutenção e/ou reprodução de espécies de aves em cativeiro, elaboração de estratégias de reintrodução de exemplares em ambiente natural e para combater ou minimizar o tráfico ilegal de animais e seus efeitos.

Palavras-chave: genética da conservação, tráfico de aves silvestres, DNA mitocondrial, DNAr 5S, banco de dados forenses, interdisciplinaridade.

ABSTRACT

Brazil has one of the largest avifauna diversity in the world, with estimated 1,919 species distributed throughout its territory. However, habitat destruction, pollution and over-harvesting, often associated with illegal trade, have led to a decline in the number of individuals of this animal group. One possible approach to combat this type of environmental crime and to reverse or minimize its effects concerns the implementation of a forensic database with records of occurrences and biological information about the captured animals and the development of actions to raise population awareness about this problem. Therefore, the present work aimed to develop multidisciplinary strategies for the legal protection to the biological conservation of birds originated from the animal traffic. DNA samples of illegally traded birds, that were sent to the Center for Medicine and Research in Wild Animals (CEMPAS) maintained by the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science of the São Paulo State University, were used to generate sex-specific genetic profiles, through the amplification of segments of the *CHD-Z* and *CHD-W* (Chromo Helicase DNA Binding) genes. In addition, profiles of two subspecies of the Blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva aestiva* and *Amazona aestiva xanthopteryx*) were generated, through amplification and nucleotide sequencing of segments of the mitochondrial genes cytochrome C oxidase subunit I (COI) and cytochrome b (CYB) and a segment of the 5S ribosomal DNA gene ((DNAr 5S), from animal samples kept at CEMPAS. Molecular sexing, in different Family birds, allowed the identification of one or two fragments of DNA in males and females, respectively. Among the molecular markers used to characterize *Amazona aestiva*, only cytochrome b evidenced nucleotide differences between the two subspecies. Genetic profile data were used to implement an online platform called Forensic Bird Base, with access for research and criminalistic purposes. As an additional product of this work, an educational booklet was created, to popularize the application of Forensic Sciences against the traffic of wild birds, and a legal manual for professionals of the biological areas, aiming to demonstrate the norms and laws in force in the country regarding animals rights, and conducts that may be criminalized as a crime against wildlife. The generated results and products can be used as a subsidy to the design of programs for the maintenance and/or reproduction of bird species in captivity, the elaboration of strategies to reintroduce specimens in natural environments and to combat or minimize animals' illegal trade and its consequences.

Key-words: conservation genetics, wild bird trade, mitochondrial DNA, 5S rDNA, forensic data bank, interdisciplinarity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espécimes de cacatua-sulfúrea contrabandeados dentro de garrafas <i>pet</i>	24
Figura 2: Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS)	31
Figura 3: Foto de caderno de registo interno do CEMPAS.....	31
Figura 4: Página inicial do <i>Forensic Bird Base</i> , disponível no site www.ibb.unesp.br	34
Figura 5: Capa dos materiais didáticos para <i>download</i> no <i>Forensic Bird Base</i>	35
Figura 6: Mapa do Estado de São Paulo, destacando os Municípios que apresentaram as maiores ocorrências de apreensões de aves silvestres associadas ao tráfico.	47
Figura 7: Exemplares de <i>Amazona amazona xanthopteryx</i> (A) e <i>Amazona aestiva aestiva</i> (B) do CEMPAS	54
Figura 8: Distribuição geográfica das duas subespécies atualmente reconhecidas <i>Amazona aestiva</i> . (A) Exemplar de <i>A. a. xanthopteryx</i> ; (B)	54
Figura 9: Contenção de ave para coleta de amostras de penas realizada manualmente em exemplar de tucanuçu (<i>Ramphastos toco</i>).	57
Figura 10: Produtos de PCR, relativos à amplificação de genes <i>CHD-Z</i> e <i>CHD-W</i> de exemplares de <i>Amazona aestiva</i> , visualizados em gel de agarose 2%	62
Figura 11: Géis de agarose evidenciando resultado de testes de amplificação realizados com diferentes conjuntos de <i>primers</i> para amplificação de um segmento do gene mitocondrial COI.....	65
Figura 12: Sequências nucleotídicas consenso relativas a um segmento de DNA próximo da região 5' do gene mitocondrial citocromo C oxidase subunidade I (COI). (A) <i>Amazona aestiva aestiva</i> (B) <i>Amazona aestiva xanthopteryx</i>	66
Figura 13: Sequências nucleotídicas consenso relativas a um segmento da região citocromo b. Estão destacadas, em amarelo, as bases nitrogenadas que diferem entre as sequências das duas subespécies.....	67
Figura 14: Sequências nucleotídicas consenso relativas a um segmento do gene DNAr 5S.....	69
Figura 15: Capa do “Manual Jurídico para Profissionais das Áreas de Ciências Biológicas”, escrito com conteúdo da área jurídico-ambiental.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados genéticos de informações acerca de regiões do DNA mitocondrial do NLM/NCBI.....	35
Tabela 2: Espécies encaminhadas ao CEMPAS oriundas de apreensões feita pelo Poder Público nos anos de 2013 a 2016, totalizando 61 espécies diferentes.....	39
Tabela 3: Frequência das 11 espécies por ano associadas ao comércio ilegal	44
Tabela 4: Lista de Municípios do interior do Estado de São Paulo em que foi feito levantamento de ocorrência de tráfico de aves silvestres	45
Tabela 5: Número de indivíduos de diferentes espécies sexados junto ao Laboratório de Genética Animal	56
Tabela 6: Conjuntos de <i>primers</i> testados para amplificação de segmentos dos genes.....	60
Tabela 7: Testes feitos para os três conjuntos de <i>primers</i> utilizados no presente trabalho para amplificação de um segmento do gene mitocondrial COI	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico que evidencia a frequência relativa de apreensões de aves ocorridas nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016	44
Gráfico 2: As 11 espécies mais frequentemente encaminhadas ao CEMPAS entre os anos de 2013 a 2016 e associadas ao comércio ilegal	46
Gráfico 3: Municípios do interior do Estado de São Paulo em que houve ocorrência de tráfico de aves silvestres	48
Gráfico 4: Opções de destino de aves mantidas no CEMPAS e suas respectivas frequências.....	46
Gráfico 5: Proporção de respostas obtida do sexo masculino e feminino.....	74
Gráfico 6: Frequência relativa das respostas para a questão 1 (“Sobre o papagaio, pode-se dizer que este é um animal _____.”).	75
Gráfico 7: Frequência de respostas “sim” ou “não” à questão número 2 (“Você tem papagaio em sua residência?”)	76
Gráfico 8: Frequência das respostas “sim” e “não” à questão número 3 (“Existem espécies de papagaios ameaçados de extinção no Brasil?”)	77
Gráfico 9: Frequência de respostas das alternativas da questão 4 (“Em que posição de <i>ranking</i> o Tráfico de Animais Silvestres figura com uma das atividades ilícitas mais lucrativas do Brasil?”).....	78
Gráfico 10: Frequência de preenchimento das alternativas “sim” e “não” à questão número 5 (“Manter animais silvestres em sua residência sem autorização do IBAMA configura crime ambiental?”).	78
Gráfico 11: Frequências relativas das respostas às alternativas “Educação Ambiental”, “Genética Forense” e “Biologia da Conservação”, referentes à questão número 6 (“Qual(ais) ciência(s)/atividade(s) pode(m) auxiliar a minimizar os problemas causados pelo Tráfico de Animais Silvestres?”).....	79
Gráfico 12: Frequência relativa de preenchimento das alternativas referentes à questão número 7 (“A Constituição Federal de 1988 prevê, em seu artigo 225, que a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado é dever de todos. Diante disso, o sujeito passivo da relação jurídica no caso de crimes contra a fauna é _____”).....	80
Gráfico 13: Frequência relativa das respostas referentes à questão número 8.....	81

SUMÁRIO

1	Introdução.....	14
2	Revisão da literatura.....	16
2.1	Biologia da conservação.....	16
2.2	Genética da conservação associada a área forense.....	17
2.3	Avifauna brasileira.....	19
2.4	Papagaio-verdadeiro (<i>Amazona aestiva</i>).....	21
2.5	Tráfico de animais silvestres no Brasil.....	22
3	Objetivos.....	27
3.1	Objetivo geral.....	27
3.2	Objetivos específicos.....	27
CAPÍTULO 1 - Banco de dados forense: uma ferramenta digital em prol da conservação biológica e da justiça.....		
		28
1	Introdução.....	29
2	Materiais e métodos.....	30
2.1	Caderno de registro do CEMPAS.....	30
2.2	Banco de dados informatizado: <i>Forensic Bird Base (FBB)</i>	30
2.3	Análises estatísticas do <i>Forensic Bird Base (FBB)</i>	32
3	Resultados e Discussão.....	33
3.1	<i>Forensic Bird Base (FBB)</i>	33
3.2	Levantamento estatístico do <i>FBB</i>	38
CAPÍTULO 2 – Genética forense animal: uma ferramenta molecular como auxiliar ambiental e jurídica.....		
		50
1	Introdução.....	51
2	Materiais e métodos.....	55
2.1	Perfis genéticos sexo-específicos.....	55
2.1.1	Amostras biológicas.....	55
2.1.2	Extração de DNA de penas.....	57
2.1.3	Quantificação do DNA amostral.....	58
2.1.4	Sexagem molecular.....	58
2.2	Perfis genéticos de <i>Amazona aestiva</i>	59
3	Resultados e Discussão.....	61
3.1	Sexagem molecular.....	61
3.2	Perfis genéticos de <i>Amazona aestiva</i>	64
CAPÍTULO 3 – Material de divulgação científica multidisciplinar: Ciência Forense no combate ao tráfico de aves silvestres.....		
		70
1	Introdução.....	71
2	Materiais e métodos.....	73
3	Resultados e Discussão.....	74
CAPÍTULO 4 – Ciência e Justiça: Manual jurídico para profissionais das áreas de Ciências Biológicas: “crimes contra a fauna”.....		
		83
1	Introdução.....	84
2	Materiais e métodos.....	85
3	Resultados e Discussão.....	85

4 CONCLUSÕES.....	102
5 REFERÊNCIAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, com 8.515.759,090 km² de área, se encontra entre os países de maior riqueza faunística do mundo, apresentando mais de 20% do número total de espécies (IBGE, 2017). Esse número é atribuído à variedade de biomas existente no país: Floresta Amazônica, maior floresta tropical úmida do mundo; Pantanal, maior planície inundável; Cerrado de savanas e bosques; Caatinga de florestas semiáridas; campos dos Pampas; e a floresta tropical pluvial da Mata Atlântica. Além disso, o Brasil possui uma costa marinha de 3,5 milhões km², que inclui ecossistemas como recifes de corais, dunas, manguezais, lagoas, estuários e pântanos (MMA, 2015).

Em um levantamento realizado em 2005, foi estimado um número total de 170 a 210 mil espécies no país, sendo 103-134 mil animais e 43-49 mil plantas. Dentre os vertebrados, foram identificadas aproximadamente 7 mil espécies, sendo 541 mamíferos, 1.696 aves, 633 répteis, 687 anfíbios e 3.420 peixes (Lewinsohn & Prado, 2005). Posteriormente, em 2011, os Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio/MMA) fizeram uma nova estimativa faunística do Brasil, catalogando cerca de 8.200 espécies já descritas de vertebrados, sendo 713 mamíferos, 1.826 aves, 721 répteis, 875 anfíbios e aproximadamente 4.100 peixes.

Novos estudos e levantamentos possivelmente irão ampliar ainda mais o número de espécies encontradas no Brasil e, portanto, este pode ser considerado um dos países mais importantes em relação a investimentos em conservação da biodiversidade. Essas estatísticas são significativas para afirmar que conservar espécies no Brasil é um tema complexo pois a área geográfica é muito extensa, com muitas espécies e poucos recursos. Apesar dessa grande diversidade de espécies, ocorre um crescente declínio no número de exemplares de diversos grupos animais no país, especialmente devido a intervenções humanas, como destruição e/ou fragmentação de *habitats*, poluição e captura excessiva (Collar *et al.*, 1997; Marini & Garcia, 2005).

O tráfico de animais silvestres é diretamente relacionados à captura excessiva de várias espécies animais e constitui um dos crimes ambientais mais largamente realizados no Brasil (Lopes & Cunha, 2006). O comércio ilegal representa a segunda maior ameaça à fauna silvestre brasileira (Redford, 1992). Embora o controle da criação, soltura e conservação de animais silvestres no Brasil seja feito pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), através de legislação específica, o país é responsável por cerca de 10 a 15% do valor total mundial do tráfico ilegal envolvendo diferentes espécies (Lopes &

Cunha, 2006).

Com base nas leis e decretos associados a crimes contra animais silvestres, os órgãos de fiscalização, frente a um delito, normalmente autuam o infrator e apreendem os animais. Entretanto, no sentido de combater os efeitos do tráfico de animais, iniciativas integradas em campos diversos - não somente do fórum judicial, como também das áreas econômica, política e científica - são necessárias. Uma das formas de realizar tais atividades, correlacionando dados jurídicos e científicos, concerne à criação de bancos de dados com registros de ocorrências e informações biológicas sobre os animais apreendidos. É nesse contexto que se inserem as Ciências Forenses, área interdisciplinar que auxilia a Justiça através de conhecimentos técnicos científicos necessários mediante investigações em casos de crimes (Velho, *et al* 2017). A interdisciplinaridade pode ser uma ferramenta importante para minimização dos efeitos causados por crimes ambientais.

Animais apreendidos pela Polícia Ambiental, pelo IBAMA ou por qualquer outro órgão do Poder Público, necessitam ser inicialmente alojados, alimentados e receber cuidados médicos-veterinários, especialmente devido aos maus-tratos e ao estresse a que geralmente são submetidos. Posteriormente, há necessidade de serem incluídos em programas de manejo em cativeiros para uma possível soltura ou reintrodução na natureza (Branco, 2008). Centros de Manejo de Animais Silvestres (CEMAS), Centros de Recepção, Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (CETAS), Centros de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres (CEMPAS) e Criadouros Científicos de Fauna Silvestre (CCFS) para fins de conservação são os locais para encaminhamento de animais oriundos do tráfico e comércio ilegais. Nestes centros, cada animal precisa ser registrado, com a identificação da espécie e do sexo (quando possível) e com o máximo de informações adicionais, como local de captura, tempo de cativeiro, ou seja, características que permitirão não somente melhor a gestão de um plano de manejo como também para subsidiar programas que visam combater crimes contra a fauna.

Desta forma, a presente proposta tem como objetivo principal o desenvolvimento de estratégias multidisciplinares para a proteção jurídica à conservação biológica de aves oriundas do tráfico ilegal, por meio da realização de análises genéticas, criação de um banco de dados forenses e desenvolvimento de ações educativas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Biologia da Conservação

Historicamente, ações para conservar o meio ambiente iniciaram-se na década de 1930 em prol do lazer e bem-estar do homem, com a criação de Parques Ecológicos como o Parque Nacional do Iguaçu e Itatiaia, Parque do Pau-Brasil, Parque Nacional de Emas, Parque Estadual das Lauráceas e Estações Ecológicas (Wey de Brito, 1998). Nos anos 90, projetos com objetivos específicos como os projetos TAMAR, Peixe Boi, Muriqui, Mico Leão Dourado, entre outros, passaram a liderar as iniciativas na área de conservação biológica. Muitos destes projetos têm apoio governamental estadual ou federal, apresentando soluções inovadoras que são de fato efetivas para a conservação de espécies.

Com a finalidade de conservação e proteção à biodiversidade, surgiu, por volta de 1980, uma ciência chamada de Biologia da Conservação. Essa ciência é multidisciplinar e possui como base a biologia populacional, taxonomia, ecologia e genética que, por meio de estudos em diversas áreas, busca minimizar os danos causados pela destruição do meio ambiente, assim como formas de manejo para a recuperação de espécies que se encontram ameaçadas, com subsídio na legislação brasileira e política ambiental (Rodrigues, 2003).

A Biologia da Conservação, em primeiro lugar, busca a preservação a longo prazo de todas as comunidades biológicas, levando em consideração também a ética ambiental, deixando os fatores econômicos em segundo plano, sendo necessário compreender as consequências das atividades humanas nas espécies, comunidades e ecossistemas e, então, desenvolver ações práticas para prevenir a extinção de espécies e, se possível, reintegrar espécies na natureza. Desta forma, pesquisas e estudos científicos na área da Biologia da Conservação são extremamente importantes em um país como o Brasil, que apesar de sua enorme biodiversidade, vem sofrendo um declínio no número de exemplares de diversos grupos animais, especialmente devido a intervenções humanas, como destruição e/ou fragmentação de *habitats*, poluição e captura excessiva (Primack, 2001; Collar *et al.*, 1997; Marini & Garcia, 2005).

As intervenções humanas trazem consequências irreparáveis às espécies da fauna silvestre pois o isolamento e diminuição de populações podem ser ainda mais exacerbados quando associados a alguns eventos conhecidos como: estocasticidade demográfica, estocasticidade ambiental, catástrofes naturais e estocasticidade genética. A estocasticidade genética envolve mudanças nas frequências de genes devido a efeitos fundadores, deriva genética ou endocruzamento. Esses eventos podem ser estudados por meio de ferramentas da

Genética da Conservação, uma subárea da Biologia da Conservação que atualmente é interligada com o campo da ecologia e biologia molecular. Nessa, as análises genéticas são comumente feitas por meio de marcadores moleculares com o intuito de compreender os processos populacionais e evolutivos relevantes à conservação de diferentes espécies, especialmente aquelas ameaçadas (Avise & Hamrick, 1996).

2.2 Genética da Conservação associada à área Forense

O crescente ritmo de destruição, alteração e fragmentação de ambientes naturais, devido ao impacto das atividades antrópicas, associado ao tráfico de animais silvestres, pode ocasionar perda da biodiversidade (Avise, 1996). Diferentemente de outros impactos causados pelo homem, o tráfico e caça ilegais de animais silvestres não têm como "justificativa" o desenvolvimento ou o avanço da fronteira agrícola ou a produção industrial. Pelo contrário, suas motivações costumam ser fúteis, como lazer, esporte e criação de animais silvestres como se fossem animais de estimação (Taylor & Dunstone, 1996).

Parte das estratégias voltadas à conservação da biodiversidade e à redução das taxas de extinção de espécies vem sendo realizada por meio de análises genéticas. A Genética da Conservação visa, entre outras aplicações, a identificação de espécies, subespécies, híbridos e populações, determinação de origem, identificação de níveis de diversidade genética, determinação de estrutura populacional e de gargalos populacionais, identificação do sexo e determinação de paternidade e outros níveis de parentesco, unidades de manejo, reprodução em cativeiro, soltura e reintrodução, fluxo gênico, relações filogenéticas e filogeográficas (Soule & Wilcox, 1980).

Com os avanços da biologia molecular, a manipulação de ácidos nucleicos permitiu a análise de diferentes tipos de marcadores moleculares, que representam qualquer loco gênico que apresente polimorfismos, ou seja, qualquer fenótipo molecular oriundo de um gene expresso (Avise, 2004). Para ser possível esse tipo de análise, é necessária uma fonte de material biológico adequado para o isolamento do DNA, como: sangue (Branicki *et al.*, 2003), pêlos (Pascalli *et al.*, 1994), chifres (Hsich *et al.*, 2003), penas (Russello & Amato, 2001), ossos (Wetton *et al.*, 2004), fezes (Hoss *et al.*, 1992) e carcaças (Pierce *et al.*, 2004), entre outras.

Dentre os marcadores moleculares mais utilizados em análises genéticas, destacam-se os microssatélites e a região controle do DNA mitocondrial (DNAMt), por serem altamente polimórficos e possuírem altas taxas de mutação (Herbert *et al.*, 2003; Frézal & Leblois, 2008).

A identificação e caracterização de marcadores moleculares do genoma nuclear

iniciaram-se com análises de polimorfismos de comprimento de fragmentos de DNA, obtidos por meio do tratamento do DNA com enzimas de restrição, gerando padrões de RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*) (Grodzicker *et al.*, 1974). Adicionalmente, nas décadas de 80 e 90, a possibilidade de amplificar segmentos de DNA *in vitro*, por meio da técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) (Mullis *et al.*, 1986), permitiu a descrição de outros marcadores moleculares, incluindo sequências repetitivas de DNA, denominadas microssatélites, e de sequências polimórficas amplificadas ao acaso (RAPD - *Random Amplified Polymorphic DNA*) (Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Entre os diferentes marcadores moleculares que podem ser amplificados por meio de PCR, os microssatélites ou SSRs (*Simple Sequence Repeats* - Repetições de Sequência Simples) (Litt & Luty, 1989) representam os marcadores nucleares mais amplamente utilizados nas áreas de genética forense e populacional, pois se encontram distribuídos por todo o genoma e geralmente apresentam um alto grau de polimorfismo. Estes possuem a vantagem de serem co-dominantes, o que permite a identificação de heterozigotos, e podem ser amplificados utilizando *primers* específicos complementares às sequências únicas que os flanqueiam (Ferreira & Grattapaglia, 1998).

O genoma mitocondrial em animais é constituído de uma molécula circular covalentemente fechada de pequeno tamanho, possui em média 16 kb de comprimento, sendo herdado maternamente e geralmente não apresentando recombinação gênica (Awise *et al.*, 1994). Está organizado em 37 genes codificantes, dos quais 22 resultam em RNAs transportadores, 2 são para RNAs ribossomais e 13 são transcritos em RNAs mensageiros e traduzidos, principalmente, nos complexos proteicos responsáveis pela dinâmica da cadeia transportadora de elétrons (Awise, 2000). Uma das vantagens do uso de marcadores de DNA mitocondrial (DNAm_t), comparados aos marcadores nucleares, refere-se à sua maior abundância de cópias, já que cada célula possui centenas de mitocôndrias e cada mitocôndria possui dezenas de cópias de seu cromossomo circular. Sendo assim, amostras com reduzida quantidade de DNA ou com DNA degradado podem ser utilizadas com sucesso para amplificação de genes mitocondriais (Budowle *et al.*, 2003). Tal característica é de grande importância em estudos de conservação biológica, em que muitas vezes são utilizadas amostragens não invasivas que levam à obtenção de pequenas quantidades de DNA, e também em estudos forenses, em que é comum o isolamento de DNA de materiais biológicos deteriorados.

Alguns genes mitocondriais apresentam alta taxa de mutação enquanto outros apresentam taxas mais reduzidas, o que os torna aplicáveis tanto para a discriminação de

indivíduos de uma mesma espécie, como a região controladora do DNA mitocondrial (*D-Loop*), como em estudos de discriminação de espécies diferentes e de suas relações filogenéticas, como o gene citocromo C oxidase subunidade I (COI) (Hebert *et al.*, 2003; Rubinoff, 2006). Atualmente, a diversidade de um segmento padronizado de DNAm de aproximadamente 650 pares de bases, referente a uma parte do gene COI, tem sido utilizada para gerar um "código de barras do DNA" ou DNA *barcoding*, específico para várias espécies (Herbert *et al.*, 2003).

Em casos forenses envolvendo animais, marcadores de DNAm têm sido amplamente utilizados, principalmente em casos de identificação de espécies devido à caça ilegal para identificar e traçar evidências. Também tem sido amplamente aplicado à identificação de produtos comercializados que perderam a identificação de caracteres morfológicos, como madeira processada e barbatanas de tubarão (Chapman *et al.*, 2003). Diversas espécies de tubarões ameaçadas de extinção e encontradas em zonas costeiras e oceânicas do Brasil são alvo de intensa pesca ilegal para alimentar o mercado clandestino. Essa pesca visa o comércio de barbatanas e, para isso, o animal é mutilado, sendo removidas todas suas características morfológicas, sendo necessárias análises genéticas forenses baseadas nos marcadores de DNAm e microssatélites, aplicados para inferir identificação taxonômica (Woolfe & Primrose, 2004; Domingues *et al.*, 2013; Fields *et al.*, 2015).

Recentemente, outra classe de marcador molecular, denominado de SNP (*Single Nucleotide Polymorphism* - Polimorfismo de Nucleotídeo Único), ou seja, polimorfismo resultante da substituição de um nucleotídeo por outro levando ao surgimento de diferentes alelos, vem sendo cada vez mais utilizada em análises de genética forense e conservacionista, dado seu alto grau de polimorfismo entre diferentes indivíduos tanto no DNA nuclear como no DNA mitocondrial (Goodwin *et al.*, 2007).

Os resultados e informações gerados por análises genéticas são essenciais para programas de manutenção e reprodução de animais em cativeiro e para subsidiar problemas jurídicos-policiais associados a crimes contra a fauna, visando o delineamento de estratégias de recuperação de espécies e/ou populações. Em aves, a identificação por meio do DNAm, especialmente de exemplares da família Psittacidae - que compreende os papagaios, periquitos e araras - tem sido essencial, visto que é o grupo de aves mais traficadas no mundo (Herbert *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2015).

2.3 Avifauna brasileira

O Brasil é apontado como o país com maior número de espécies conhecidas de

mamíferos, peixes dulcícolas, anfíbios e plantas superiores. Além disso, é considerado o segundo país em riqueza de aves, sendo o número de espécies estimado em 1.919, com 277 espécies de aves endêmicas. Embora todas as regiões brasileiras apresentem grande número de espécies de aves, esta distribuição é desigual, estando a maior diversidade de espécies concentrada na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica (CBRO, 2015).

A despeito desta grande diversidade de aves encontrada em todos os biomas brasileiros, intervenções humanas, especialmente associadas à destruição e fragmentação de *habitats* e mudanças climáticas, têm tido impactos negativos nas populações, uma vez que diminuem a disponibilidade de recursos e modificam as condições de seus ambientes (Primack & Rodrigues, 2001). Tais fatores reduzem o tamanho populacional e, conseqüentemente, as espécies ficam susceptíveis a efeitos acidentais ou estocásticos. Adicionalmente, entre os diversos animais que têm sido envolvidos em crimes ambientais no país e apreendidos por órgãos de fiscalização, as aves compreendem um dos grupos mais atingidos, devido a seu alto valor de mercado associado ao canto e ao exuberante colorido das penas. Estima-se que as aves correspondem a 80% das espécies mais comumente confiscadas pelo IBAMA entre os anos de 2005 a 2009. Assim, juntamente com a perda de *habitat*, o tráfico representa uma de suas maiores ameaças.

Os resultados destes impactos antrópicos podem ser claramente visualizados pelo número de espécies de aves ameaçadas de extinção, sendo o Brasil o país que apresenta o maior número de espécies categorizadas como "criticamente em perigo" (CR), "em perigo" (EN) ou "vulnerável" (VU), totalizando 234 espécies distribuídas entre essas categorias (MMA, 2016). Informações e listas acerca de diferentes espécies animais ameaçadas são divulgadas por instituições governamentais ou grupos, como *International Union for Conservation of Nature - IUCN (Red List Data)*, Ministério do Meio Ambiente - MMA (Livro Vermelho das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção, 2016) e *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora - CITES (Species Database, 2013)*.

O Brasil possui duas espécies de aves consideradas como provavelmente extintas na natureza - a arara-azul-pequena (*Anodorhynchus glaucus*) e o maçarico-esquimó (*Numenius borealis*) - e não há registros de exemplares mantidos em cativeiro. Além destas, outras duas espécies, endêmicas do Nordeste do Brasil, atualmente sobrevivem apenas em cativeiro - a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*) e o mutum-de-alagoas (*Mitu mitu*). As causas de extinção da arara-azul-pequena, que não tem sido avistada na natureza há mais de 80 anos, foram a degradação de seu *habitat* e o comércio ilegal. O último espécime selvagem de ararinha-azul, endêmica do nordeste do Brasil, desapareceu em outubro de 2000. O principal fator que

contribuiu para sua extinção foi a caça direcionada para o comércio de aves exóticas, já que um exemplar chegava a valer U\$ 100.000,00. De forma similar, o maçarico-esquimó, extinto em território brasileiro desde a década de 1930, teve a caça, associada à destruição de seu *habitat*, como principal causa de seu desaparecimento (IUCN, 2013).

Adicionalmente às espécies de aves já ameaçadas de extinção no Brasil, diversas outras espécies, especialmente aquelas associadas ao comércio ilegal, também possuem um declínio em suas populações e, futuramente, poderão ser incluídas em algum grau de ameaça caso estratégias conservacionistas e de combate a crimes contra a fauna não sejam implementadas no país. Entre estas espécies, encontra-se *Amazona aestiva* (papagaio verdadeiro), uma das aves mais comumente traficadas no país.

2.4 Papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*)

As aves da família Psittacidae, comumente conhecidas como araras e papagaios, apresentam vocalização marcante e intensa, e algumas espécies têm capacidade de imitar sons, como a voz humana. Essa particularidade, associada à diversidade de coloração e à notável capacidade cognitiva, tornou essas aves extremamente populares e muito procuradas como animais de companhia. Devido a essa procura, o comércio ilegal representa hoje uma das principais causas de ameaça aos psitacídeos, associada à destruição do *hábitat* e ainda à baixa disponibilidade de sítios de nidificação (Collar, 1997)

O Brasil é o país com maior número de espécies da família Psittacidae. Estas aves são encontradas em todos os biomas brasileiros e 17% das espécies são endêmicas, sendo a Floresta Atlântica a maior região de endemismo. Entretanto, a Amazônia é a região mais rica, tanto em número de indivíduos, como de espécies (Sick, 1997).

O gênero *Amazona*, cujos integrantes são popularmente conhecidos como papagaios, possui o maior número de espécies da família Psittacidae, das quais 11 podem ser encontradas em território brasileiro. Entre estas, o Ministério do Meio Ambiente reconhece quatro espécies como ameaçadas de extinção: papagaio-de-cara-roxa (*Amazona brasiliensis*), papagaio-de-peito-roxo (*A. vinacea*), chauá (*A. rhodocorytha*) e charão (*A. pretrei*) (MMA, 2017).

O papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*), um dos representantes da família Psittacidae, apresenta características como: cabeça grande em relação ao corpo, pescoço reduzido, pés zigodáctilos, tarsometatarso geralmente curto, bico grande, forte, alto e recurvado (Sick, 1997). Embora *A.aestiva* não seja considerada ameaçada, é uma espécie de interesse especial para conservação, por ser o principal alvo do comércio ilegal de animais silvestres no

Brasil. Diversas características, como sua ampla distribuição - ocorrendo do nordeste do país, leste da Bolívia e do Paraguai, até o norte da Argentina - sociabilidade, inteligência, capacidade de imitar palavras humanas e coloração exuberante da plumagem a tornam altamente interessante como animal de estimação. É uma ave de comportamento monogâmico, com período de reprodução uma única vez ao ano, entre os meses de setembro e fevereiro. As fêmeas põem de dois a quatro ovos que são chocados durante 24 a 29 dias, gerando um a três filhotes/ano em média. Os filhotes são dependentes do cuidado parental por um longo período - cerca de quatro a cinco meses - até adquirirem capacidade de vôo e saírem do ninho. São por diversas vezes alvos para abastecer o comércio ilegal representando uma grande ameaça à espécie, causando alterações significativas na manutenção e evolução das populações naturais (Sick, 1997).

Entre 1988 e 1998, o Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS) localizado na cidade Campo Grande/MS recebeu cerca de 2.000 filhotes de papagaio-verdadeiro decorrentes de apreensões de animais retirados ilegalmente da natureza. Tal fato, também recorrente em outros estados, faz com que o papagaio-verdadeiro represente cerca de 30% das aves mantidas em cativeiro no país (Seixas & Mourão, 2000).

2.5 Tráfico de Animais Silvestres no Brasil

Possuir animais silvestres ou utensílios feitos com materiais da fauna silvestre sempre foi símbolo de riqueza, poder e nobreza, conferindo *status* a seu dono perante à sociedade (Klemann *et al.*, 2008). A história da exploração comercial da fauna silvestre no Brasil iniciou-se em associação a um elemento cultural das diversas tribos indígenas brasileiras - os animais, principalmente as aves, eram essenciais para a ornamentação e penas coloridas de várias espécies eram utilizadas para enfeitar flechas, cocares, braçadeiras, colares, brincos e diversos outros itens (Diégues Júnior, 1980).

No século XVI, época da abertura do mundo para a exploração europeia, tornou-se comum que os exploradores retornassem aos seus países com animais desconhecidos, comprovando assim o encontro de novos continentes (Sick, 1997). Esses animais despertavam a curiosidade e interesse da sociedade europeia e, portanto, começaram a ser expostos e comercializados nas ruas, gerando uma atividade lucrativa. Assim, o comércio de animais se tornou um novo ramo de negócios, com viajantes especializados em obter exemplares para posteriormente vendê-los, incluindo espécies encontradas no Brasil.

Na década de 60, esse tipo de comércio se encontrava plenamente estabelecido no Brasil

e era comum encontrar animais silvestres e seus produtos sendo vendidos em feiras livres por todo o país. Na cidade do Rio de Janeiro, considerada um polo comercial de fauna silvestre, o mercado da Praça Mauá destacava-se, nesse período, pelo grande número de animais e enormes "feiras de passarinhos" (RENCTAS, 2002).

Atualmente, o tráfico de animais no Brasil é estruturado sobre uma rede formada por um emaranhado de rotas para o escoamento de animais no interior do país e também para fora deste. As rotas nacionais utilizadas por traficantes de animais indicam que estes são originários principalmente das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país e são encaminhados, particularmente, para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo e também para outros países, como Estados Unidos, Alemanha, Holanda, Bélgica, França, Inglaterra, Suíça, Bulgária, Arábia Saudita e Japão, onde são comercializados (RENCTAS, 2002)

O tráfico da fauna silvestre possui características peculiares no Brasil, quanto às espécies traficadas e ao destino que estas têm ao chegar ao mercado. Basicamente, são quatro as modalidades do comércio ilegal no país: (1) animais para colecionadores particulares e zoológicos; o mais cruel dos tipos de tráfico da vida selvagem, pois prioriza principalmente as espécies mais ameaçadas; (2) animais para fins científicos (biopirataria); neste grupo, encontram-se as espécies que fornecem substâncias químicas, que servem como base para a pesquisa e produção de medicamentos; (3) animais para *pet shops*; modalidade que mais incentiva o tráfico de animais silvestres no Brasil, tendo como objetivo final a população em geral; e (4) produtos de fauna; usados para fabricar adornos e artesanatos, como couros, peles, penas, garras e presas, entre outros (Giovanini, 1998).

Na maioria das vezes, os animais traficados são transportados sem condições adequadas, o que resulta em um alto número de mortes (Redford, 1992). Além disso, os traficantes utilizam técnicas cruéis para garantir a manutenção dos animais e venda do produto. Em relação às aves, por exemplo, é comum o transporte dos animais em pequenos espaços, sem água e sem alimento, pintar periquitos para serem vendidos como papagaios e até mesmo matar os pais para facilitar a captura dos filhotes (Toufexis, 1993). A Figura 1, referente a uma apreensão, ocorrida no ano de 2015 no porto da Indonésia, de 24 exemplares de cacatua-sulfúrea (espécie considerada criticamente ameaçada de extinção) aprisionadas em garrafas plásticas de água, ilustra um dos modos comumente utilizados pelos traficantes para transporte de aves.



Figura 1: Policial exhibe espécimes de cacatua-sulfúrea contrabandeados dentro de garrafas pet (Foto: Risyal Hidavat/Antara). Fonte: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/05/indonesia-encontra-24-aves-em-extincao-presas-em-garrafas-plasticas.html>

Estima-se que o comércio de animais silvestres movimenta anualmente de 10 a 20 bilhões de dólares no mundo, sendo considerado o terceiro maior comércio ilegal, ficando atrás somente dos tráficos de armas e drogas (Webb, 2001). Atualmente, o controle da criação, soltura e conservação de animais silvestres no Brasil é feito pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), através de legislação específica. Entretanto, o Brasil é responsável por cerca de 10 a 15% do valor total mundial do tráfico ilegal de animais, fator diretamente relacionado a sua grande biodiversidade.

No Brasil, o tráfico de animais movimenta em torno de R\$ 2,5 bilhões por ano e as aves representam o principal alvo desse comércio ilegal - estas correspondem a 80% das espécies contrabandeadas no “mercado negro”. Dependendo da espécie da ave, seu valor de comércio pode variar de R\$ 10,00 – pago aos caçadores – a US\$ 30 mil – valor pelo qual o animal acaba sendo revendido, muitas vezes no exterior. Uma das aves de grande destaque associada ao comércio clandestino de animais silvestres no país é a arara-azul-de-lear. Espécie típica do Nordeste, ameaçada de extinção, chegou a valer US\$150 mil no mercado internacional. De acordo com a Organização Não Governamental (ONG) Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (RENCTAS), o mercado consumidor desses animais é, principalmente, o externo, com ênfase para países europeus e asiáticos.

Muitos são os impactos e consequências negativas do tráfico de animais silvestres. Um relatório elaborado pela RENCTAS em 2002 indicou que tais impactos podem ser associados

a três aspectos: sanitários, socioeconômicos e ecológicos. As consequências sanitárias são referentes ao fato de que nenhum animal comercializado é submetido a controle sanitário, podendo transmitir doenças graves, inclusive desconhecidas, para outros animais silvestres, criações domésticas e para o homem. A toxoplasmose e a psitacose representam algumas das zoonoses mais comumente transmitidas pelos psitacídeos. Primeiramente descrita em 1882 e associada a papagaios importados da Argentina, a psitacose se tornou conhecida como a febre do papagaio e se difundiu rapidamente em vários países. Em 1929, a importação de papagaios do Brasil e da Argentina para os EUA e Europa gerou um surto mundial dessa doença. Em 1942, a incidência de psitacose tornou-se tão alta que a importação de psitacídeos foi proibida nos EUA. Uma outra doença, denominada de PPD (*Pacheco's Parrot Disease*), um herpes vírus de psitacídeo, foi primeiramente descrito em aves importadas do Brasil para os EUA em 1930 (Clubb, 1987).

As consequências socioeconômicas estão ligadas ao fato de que o tráfico de animais gera perdas econômicas para o país que o pratica. Além de não contribuir com os cofres públicos, a retirada ilegal da fauna silvestre, sem nenhum controle, gera prejuízos nas lavouras e uma conseqüente perda econômica, já que muitos animais silvestres atuam no controle de pragas de modo muito mais eficiente que os métodos artificiais (Gliesch, 1933; Nogueira-Neto, 1973). Outro aspecto social de relevância é o recrutamento de uma importante parcela da população rural brasileira para que esta participe de uma atividade ilegal, como o tráfico de animais, como forma de fonte econômica alternativa para complementar a renda familiar, embora o ganho com a captura desses animais seja baixo. Essa parcela da população representa os fornecedores dos animais silvestres objetos do comércio ilegal que, na maioria das vezes, não tem consciência de que estão contribuindo com a extinção destes, considerando-os inesgotáveis (Gamba, 1998).

As consequências ecológicas do tráfico de animais podem ser associadas à retirada de uma espécie de seu *habitat* natural. Como as espécies possuem relações intra e interespecíficas e também com o meio físico-químico que as cerca, a retirada de indivíduos de um determinado ambiente altera o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas, gerando consequências para a perpetuação e sobrevivência de seus integrantes (Wilson, 1994; Norton, 1997). Por exemplo, a caça excessiva, em algumas regiões da Amazônia Central, levou ao declínio das populações de jacarés (*Caiman* sp.), o que acarretou uma redução nas populações de espécies de invertebrados que se alimentavam dos excrementos desses animais e conseqüentemente, houve uma redução das populações das espécies de peixes que se alimentavam desses invertebrados, levando à carência de alguns peixes que são valiosos recursos alimentares para a população local

(Fitzgerald, 1989). Outra consequência ecológica de grande impacto refere-se à introdução de espécies exóticas, pois estas podem ocasionar um impacto negativo nas populações naturais da fauna silvestre, podendo se tornar invasivas, conquistar áreas muito maiores do que as previstas, suprimir a fauna nativa e transmitir novas doenças, sendo uma das principais causas de extinção das espécies (Hoover, 1999).

Segundo dados da RENCTAS (2002), os principais motivos pelos quais a atividade de tráfico de animais silvestres cresce no Brasil e no mundo são: menor risco e lucro equiparado ao do tráfico de drogas, baixo investimento governamental para seu combate e punições brandas para tal atividade.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de estratégias inter e multidisciplinares para a proteção jurídica à conservação biológica de aves oriundas do comércio ilegal, através da realização de análises genéticas, criação de um banco de dados forenses e elaboração de ações educativas.

3.2 Objetivos Específicos

Visando atingir o objetivo geral descrito acima, os objetivos específicos foram:

- Isolar e catalogar amostras de DNA de diferentes espécies de aves associadas ao tráfico e comércio ilegais;
- Isolar e caracterizar segmentos dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* (*Chromo Helicase DNA Binding*) para geração de perfis genéticos sexo-específicos de aves associadas ao tráfico e comércio ilegais;
- Isolar e caracterizar segmentos parciais dos genes mitocondriais citocromo oxidase subunidade I (COI) e citocromo b (CYB) e do gene de DNA ribossomal 5S (DNAr 5S) para geração de perfis genéticos de duas subespécies de *Amazona aestiva* (papagaio-verdadeiro);
- Realizar levantamento de dados de ocorrência do tráfico e apreensões de aves na região de Botucatu;
- Desenvolver e gerenciar um banco de perfis genéticos de espécies de aves silvestres associadas ao comércio ilegal, com dados de acesso para fins de pesquisa e de criminalística;
- Elaborar um material de divulgação científica sobre as ciências forenses e sua multidisciplinaridade, como forma de ação educativa em prol a conservação de espécies de aves, com ênfase em *Amazona aestiva*;
- Elaborar um manual jurídico sobre os crimes contra a fauna, como forma de divulgar e tornar a legislação brasileira mais acessível para profissionais das áreas de ciências biológicas;

CAPÍTULO 1

BANCO DE DADOS FORENSE:

Uma ferramenta digital em prol da conservação biológica e da Justiça

1 INTRODUÇÃO

Os Bancos de Dados representam uma ferramenta digital capaz de armazenar informações de um assunto específico. Com o avanço da informática, essa ferramenta atualmente permite, de forma fácil e rápida, realizar principalmente pesquisas e buscas acerca de determinado tema. Tais bancos são comumente chamados de “mini-mundo” pois seus dados representam aspectos do mundo real (Elmasri & Navathe, 2011).

Em diversos levantamentos acerca do tráfico de animais silvestres no Brasil, o grupo das aves é o mais frequentemente associado a essa atividade ilegal, pela beleza de suas cores e pelos seus cantos suaves e melodiosos. Cerca de 44 mil indivíduos são recebidos ao ano em CETAS (Centros de Triagem de Animais Silvestres) de todo o país. Apreensões do IBAMA em todo o Brasil, durante os anos de 1999 a 2004, mostraram que 85% dos animais comercializados naquela época eram aves (RENCTAS, 2002). O volume financeiro de aves comercializadas por ano chega a U\$ 630.000,00 (Regueira & Bernard, 2012).

Devido ao comércio ilegal, várias espécies comercializadas já encontram-se listadas pelo CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2012) e pela RedList da IUCN (*International Union for Conservation of Nature*). A IUCN, organização dedicada à conservação da biodiversidade, fornece informações com base científica sobre o estado das espécies e subespécies em um nível global, categorizando-as de acordo com diversos critérios, como aqueles relacionados à taxa de declínio da população, tamanho e distribuição da população, área de distribuição geográfica e grau de fragmentação. As categorias, portanto, são divididas em: *Extinct (EX)*, *Extinct in the wild (EW)*, *Critically endangered (CR)*, *Endangered (EN)*, *Vulnerable (VU)*, *Near threatened (NT)*, *Least concern (LC)*, *Data deficient (DD)* e *Not evaluated (NE)*.

O principal objetivo de um banco de dados é de representar informações reais que podem ser utilizadas para estudos e análises estatísticas. Adicionalmente, tais bancos permitem otimizar e aplicar informações neles contidos. O banco de perfis genéticos de espécies de aves silvestres associadas ao comércio ilegal desenvolvido no presente trabalho não restringe-se somente ao uso de seus dados para análises estatísticas. Este foi elaborado para primordialmente auxiliar no registro de aves oriundas de tráfico e também fornecer subsídios para elaboração de estratégias de manejo, soltura e reintrodução, procedimentos voltados à conservação de espécies. As aplicações dessa ferramenta mostram-se também importantes no aspecto jurídico,

para possíveis aquisições de provas e contraprovas na fase probatória de um processo jurídico envolvendo crimes ambientais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caderno de registro do CEMPAS (Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens)

O Banco de dados foi criado com o objetivo de organizar e armazenar os registros feitos pelo Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp de Botucatu (Figura 2). Este Centro, coordenado pelo Prof. Dr. Carlos Roberto Teixeira (docente junto ao Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária), recebe, por intermédio da Polícia Militar Ambiental, Poder Público e da própria população, animais em situação de risco e machucados, devido a maus-tratos, tráfico de animais, contrabando, abandono, entre outros atos lesivos que configuram crimes contra a fauna. O CEMPAS, diante desses casos, realiza ações de reabilitação em cativeiro e destina os animais para áreas de soltura, zoológicos ou unidades conservacionistas.



Figura 2: Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS), vinculado à Faculdade de Medicina e Zootecnia da Unesp de Botucatu.

O CEMPAS, criado em 1993, somente obteve local adequado para atendimentos, pesquisa e acompanhamento de animais silvestres em 2005 e, desde então, os registros dos animais que chegam a esse Centro têm sido feitos de forma manual, em cadernos, (Figura 3) por residentes médicos veterinários, sendo a única forma de armazenamento de dados quanto à “origem” do animal (cidade em que o animal foi localizado e se este é oriundo de “apreensão”, “entrega voluntária”, “vida livre”, “dono particular” ou “ordem judicial”), data de chegada ao CEMPAS, sexo (verificado por meio de características externas morfológicas ou por meio de análises de sexagem molecular), RG (Registro Interno - número dado ao animal como controle interno de indivíduos registrados), “destino” (encaminhamento do animal após sua reabilitação, quando não for a óbito ou necessária sua eutanásia), anilha, queixa principal, observações adicionais (como número de anilha caso o animal já a porte) e identificação da espécie (nomenclatura verificada com base em manuais de taxonomia).

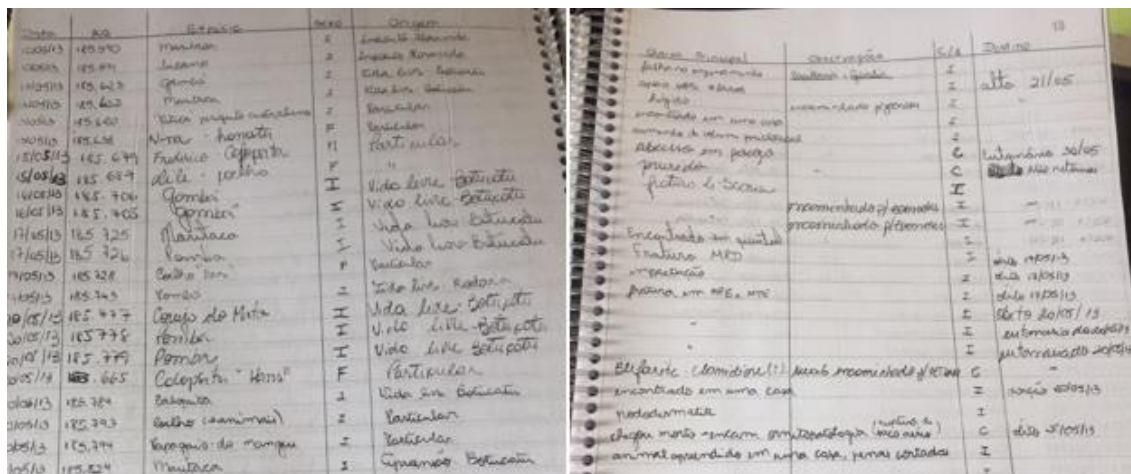


Figura 3: Foto de caderno de registro interno do CEMPAS.

No presente estudo, foram utilizados dados referentes à entrada de aves oriundas de apreensão contidos nesses cadernos de registros, dos anos de 2013 à 2016. Tais informações foram utilizadas para levantamentos estatísticos e para a criação de um banco de dados informatizado e disponibilizado para consultas *online*.

2.2 Banco de dados informatizado: *Forensic Bird Base*

O banco de dados implementado foi chamado de *Forensic Bird Base* (FBB) e está inserido no site do Instituto de Biociências de Botucatu (www.ibb.unesp.br), em “Departamentos”, “Genética” (<http://www.ibb.unesp.br/#!/departamentos/genetica/forensic->

bird-basic/). Os dados foram gravados em um Banco de Dados MySQL Versão 5.5.47, com um sistema desenvolvido utilizando linguagens de programação Delphi 7 para o programa de gerenciamento e PHP+HTML para páginas WEB. Esse sistema, nomeado de SISBIRD (Sistema de Controle de Cadastrado de Aves Apreendidas) foi desenvolvido com o auxílio da Diretoria Técnica de Informática do Instituto de Biociências da Unesp de Botucatu, que autorizou a exibição *online* dos dados através da programação citada.

O FBB contém todos os dados dos cadernos de registro interno do CEMPAS (item 2.1) dos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 de aves apreendidas pelo Poder Público. Por meio de uma ferramenta de “busca”, o usuário, ao acessá-lo, poderá pesquisar por indivíduos através de dados específicos como “RG” (Registro interno) e “Anilha”, ou por pesquisa generalizada que irá exibir todos os indivíduos registrados por “Nome popular”, “Nome científico” e “Cidade de Origem”. Os dados referentes aos nomes das espécies foram baseados em uma revisão dos nomes científicos apresentados na lista oficial de aves editada pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos

Além dos dados individuais das aves apreendidas, o FBB disponibilizou materiais didáticos com temas relacionados à área forense animal desenvolvidos por docentes e alunos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética) e também dados genéticos que serão descritos no item 3 “Resultados e Discussão” do presente trabalho.

2.3 Análises estatísticas do *Forensic Bird Base* (FBB)

O programa Excel foi utilizado para a confecção de tabelas e gráficos das análises estatísticas. Os dados foram analisados por meio do cálculo das frequências, média, desvio padrão, mínimo e máximo. Os valores significativos foram encontrados por meio do teste Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952), correspondente a um teste não paramétrico baseado no ordenamento de todos os dados disponíveis para comparação de tendência central entre grupos independentes.

As análises de dados quantitativos obtidos a partir dos registros do CEMPAS subsidiaram a elaboração de gráficos. Os dados obtidos foram analisados com base nas seguintes perguntas:

1. Qual o número total de aves apreendidas no período de 2013 a 2016?
2. Quantas e quais as espécies foram apreendidas?
3. Quantas e quais são as cidades em que ocorreram as apreensões?

4. Qual a espécie de ave mais frequentemente apreendida no período de 2013 a 2016? A frequência dessa espécie é a mesma para cada ano?
5. Qual a cidade da região em que mais houve apreensão?
6. Qual é a opção de destino (óbito, eutanásia, soltura, Centrofauna, parque ou zoológico, fuga, tutor) mais frequente?

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 *Forensic Bird Base (FBB)*

O caderno de registro interno do CEMPAS pode ser considerado uma ferramenta frágil, sujeita a perda, furto e deterioração (Figura 3). Tal registro também mostrou-se desatualizado, com informações incompletas e de acesso restrito aos profissionais que atuam nesse Centro de conservação animal. A possível perda desses registros pode gerar danos irreparáveis para os animais submetidos à triagem e reabilitação. Esses danos estão associados ao plano de estratégia de manejo dos profissionais que atuam nos casos pois é a partir das informações prévias dos animais que o planejamento de manejo é realizado. No aspecto jurídico, esses dados também são essenciais pois, devido à morosidade dos processos judiciais no Brasil, mesmo após anos, dados oriundos de apreensões animais podem ser solicitados por meio de Ordem Judicial na fase probatória de um processo.

Os melhores e mais completos banco de dados são ferramentas digitais *online*, com acesso fácil e público, conferindo maior transparência e confiabilidade. A comunicação de dados pela internet traz agilidade, modernidade e atualização conforme a evolução da globalização mundial (Recuero, 2000). A modificação do suporte impresso, em cadernos, para o meio virtual é fundamental também para a disseminação de informações entre os pesquisadores e profissionais que atuam na área.

Diante disso, com o intuito de organizar, modernizar e assegurar os registros feitos pelo CEMPAS, foi criado um modelo de plataforma online *Forensic Bird Base (FBB)*, que está disponível para acesso público livre, podendo ser acessado 24h, não sendo exigido nenhum tipo de registro ou *login* para ter acesso aos dados depositados (Figura 4). O nome desse banco foi criado perante a finalidade do presente estudo, o qual busca, além de inferir dados reais sobre o tráfico de aves da região, desenvolver uma ferramenta fácil e prática ao maior Centro de reabilitação de animais do Estado de São Paulo (CEMPAS) através da interdisciplinaridade entre a conservação e justiça.



Figura 4: Página inicial do *Forensic Bird Base*, disponível no site www.ibb.unesp.br, em “Departamentos” - “Genética” (<http://www.ibb.unesp.br/#!/departamentos/genetica/forensic-bird-basic/>)

Buscou-se, com o auxílio da Diretoria Técnica de Informática do Instituto de Biociências da Unesp de Botucatu, desenvolver um sistema de controle de cadastro simples, para que este pudesse ser manuseado por qualquer pessoa, mesmo que leiga na área da informática. O futuro gerenciamento do FBB deverá ser feito pelos residentes veterinários responsáveis do CEMPAS, que poderão alimentar os dados conforme sua ocorrência, podendo também alterar e revisar tais informações a qualquer momento.

No FBB, encontram-se também disponíveis materiais didáticos que foram desenvolvidos de forma a inter-relacionar temas de conservação biológica à área forense. Atualmente, é possível fazer o download gratuito de dois materiais que servem de instrumento de maior consciência social sobre a problemática do tráfico de animais silvestres: “Aves: Tráfico ilegal e Conservação Genética; O que é isso?” e “Ciência Forense no combate ao tráfico de aves silvestres” (Figura 5). A alimentação do banco de dados também será realizada com a inserção de outros materiais educativos com tal enfoque e poderá ser realizada pelos responsáveis por seu gerenciamento.

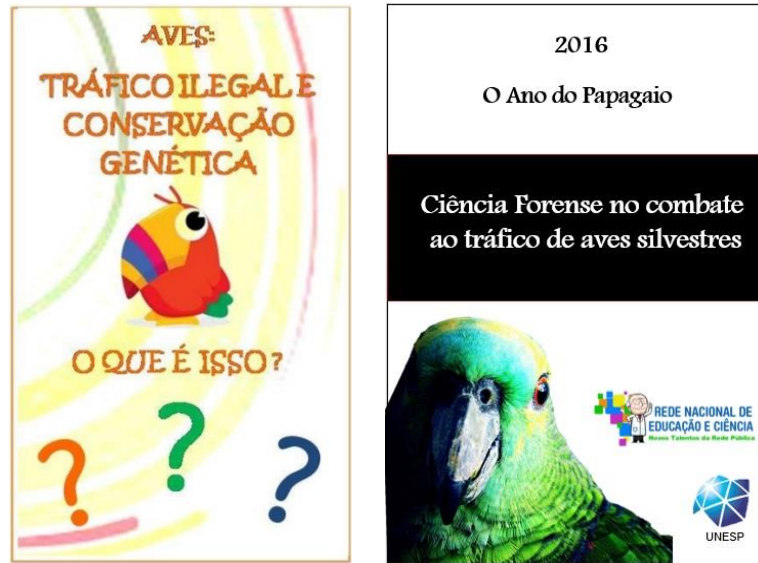


Figura 5: Capa dos materiais didáticos disponíveis para *download* no *Forensic Bird Base*.

O FBB também apresenta dados genéticos de algumas espécies de aves comumente recebidas no CEMPAS (Tabela 1). Para tanto, foi feito um levantamento de informações acerca de segmentos de regiões do DNA mitocondrial, disponíveis no *GenBank*, banco de dados de nucleotídeos do NLM/NCBI, localizado no *National Institutes of Health* (NIH) e que armazena informações de sequências nucleotídicas de aproximadamente 260.000 espécies. As buscas no *GenBank*, feitas por meio do “número de acesso”, único para cada sequência, permitem a visualização de dados que podem subsidiar a correta identificação taxonômica de aves

Os números de acesso do *GenBank* referentes a cada espécie já registrada pelo CEMPAS foram selecionados e posteriormente disponibilizados no FBB, por meio de uma tabela contendo o “nome popular”, “nome científico”, “número de acesso no *GenBank*” e “região do DNAm_t disponível”.

Tabela 1: Dados genéticos de informações acerca de regiões do DNA mitocondrial do NLM/NCBI com os respectivos números de acesso de cada espécie registrada pelo CEMPAS.

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	NÚMERO DE ACESSO – GENBANK	REGIÃO DNAm _t DISPONÍVEL
ANDORINHA-AZUL	<i>Progne subis</i>	EF641792.1	D-LOOP
ARARA-CANINDÉ	<i>Ara ararauna</i>	NC_029319.1	COMPLETE GENOME
ARARAJUBA	<i>Guaruba guarouba</i>	DQ150990.1	CYTOCHROME b
AZULÃO	<i>Cyanoloxia brissonii</i>	-	

BEM-TE-VI	<i>Pitangus sulphuratus</i>	EU232973.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
BICO-DE-PIMENTA	<i>Saltator fuliginosus</i>	KM896555.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
BICUDO	<i>Sporophila maximiliani</i>	-	
BIGODINHO	<i>Sporophila lineola</i>	JN810142.1	CYTOCHROME b
CABOCLINHO	<i>Sporophila bouvreuil</i>	GU070599.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CABOCLINHO-DO-SERTÃO	<i>Sporophila nigrorufa</i>	GU070612.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CALOPSITA	<i>Nymphicus hollandicus</i>	NC_015192.1	COMPLETE GENOME
CANÁRIO-BELGA	<i>Serinus canaria</i>	-	
CANÁRIO-DA-TERRA- VERDADEIRO	<i>Sicalis flaveola</i>	AY491528.1	CYTOCHROME b
CARCARÁ	<i>Caracara plancus</i>	KP965493.1	CYTOCHROME b
CARDEAL	<i>Paroaria coronata</i>	AF447344.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CARDEAL-DO-NORDESTE	<i>Paroaria dominicana</i>	KM896487.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CHOPIM DO BREJO	<i>Pseudoleistes guirahuro</i>	JX516071.1	COMPLETE GENOME
COLEIRINHO	<i>Sporophila caerulescens</i>	JQ627352.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
COLEIRO-BAIANO	<i>Sporophila nigricollis</i>	JQ176258.2	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
COLEIRO-DO-BREJO	<i>Sporophila collaris</i>	AY387459.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CORRUPIÃO	<i>Icterus jamacaii</i>	JQ175141.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CORUJA-BURAQUEIRA	<i>Athene cunicularia</i>	-	
CUIÚ-CUIU	<i>Pionopsitta pileata</i>	DQ143262.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
CURIÓ	<i>Sporophila angolensis</i>	-	
GALO DA CAMPINA	<i>Paroaria dominicana</i>	KM896487.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
GARIBALDI	<i>Chrysomus ruficapillus</i>	NC_018796.1	COMPLETE GENOME

GATURAMO VERDADEIRO	<i>Euphonia violacea</i>	JN402337.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
GAVIÃO CARIJÓ	<i>Rupornis magnirostris</i>	KT236170.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
INHAPIM	<i>Icterus cayanensis</i>	EU424118.1	CYTOCHROME b
MAITACA	<i>Pionus maximiliani</i>	EF517622.1	CYTOCHROME b
MARACANÃ	<i>Primolius maracanã</i>	KJ562357.1	COMPLETE GENOME
PAPAGAIO-DO-MANGUE	<i>Amazona amazônica</i>	AY301430.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
PAPAGAIO-VERDADEIRO	<i>Amazona aestiva</i>	NC_033336.1	COMPLETE GENOME
PARDAL	<i>Passer domesticus</i>	-	
PÁSSARO-PRETO	<i>Gnorimopsar chopi</i>	NC_018795.1	COMPLETE GENOME
PATATIVA	<i>Sporophila plumbea</i>	JQ176262.2	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
PERIQUITO-DE-ENCONTRO-AMARELO	<i>Brotogeris chiriri</i>	DQ143281.1	CYTOCHROME b
PERIQUITO-REI	<i>Eupsittula aurea</i>	-	
PERIQUITO-VERDE	<i>Brotogeris tirica</i>	FJ652848.1	CYTOCHROME b
PICA-PAU-DO-CAMPO	<i>Colaptes campestris</i>	JQ174487.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
PINTASSILGO	<i>Spinus magellanicus</i>	-	
PINTASSILGO-DE-CABEÇA-PRETA	<i>Spinus magellanicus</i>	-	
PINTASSILGO-DO-NORDESTE	<i>Spinus yarrellii</i>	U83200.1	CYTOCHROME b
PIXARRO/TEMPERA-VIOLA	<i>Saltator maximus</i>	EF530015.1	CYTOCHROME b
PIXOXÓ	<i>Sporophila frontalis</i>	JN810138.1	CYTOCHROME b
POMBO-DOMÉSTICO	<i>Columba livia</i>	-	
QUIRIQUIRI	<i>Falco sparverius</i>	JQ348960.1	D-LOOP
SABIÁ-COLEIRA	<i>Turdus albicollis</i>	DQ910932.1	CYTOCHROME b

SABIÁ-DO-CAMPO	<i>Mimus saturninus</i>	EF484328.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT II (COII)
SABIÁ-LARANJEIRA	<i>Turdus rufiventris</i>	KT346357.1	COMPLETE GENOME
SABIÁ-POCA	<i>Turdus amaurochalinus</i>	JQ627354.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
SANHAÇU CINZENTO	<i>Tangara sayaca</i>	KM078808.1	PARTIAL GENOME
SERIEMA	<i>Cariama cristata</i>	-	
SUINDARA	<i>Tyto furcata</i>	EU349006.1	CYTOCHROME b
TICO-TICO	<i>Zonotrichia capensis</i>	FJ629178.1	NADH (ND3)
TICO-TICO-REI	<i>Coryphospingus cucullatus</i>	JQ627340.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
TIRIBA-FOGO	<i>Pyrrhura devillei</i>	-	
TIZIU	<i>Volatinia jacarina</i>	-	
TRINCA-FERRO	<i>Saltator similis</i>	KM896559.1	CYTOCHROME OXIDASE SUBUNIT I (COI)
TUCANUÇU	<i>Ramphastos toco</i>	AY560622.1	CYTOCHROME b
TUIM	<i>Forpus xanthopterygius</i>	JX877348.1	CYTOCHROME b
URUBU	<i>Coragyps atratus</i>	AY426746.1	PARTIAL GENOME

3.2 Levantamento estatístico do *Forensic Bird Base*

O número total de aves apreendidas no período de 2013 a 2016 e encaminhadas ao CEMPAS foi de 1.753 exemplares. A maior incidência ocorreu no ano de 2015, totalizando 810 aves. No ano de 2016, foram contabilizados 654 registros; já em 2014, houve uma diminuição significativa comparada com os outros anos, com 88 apreensões, e em 2013 foram computados 101 casos, como mostra o Gráfico 1.

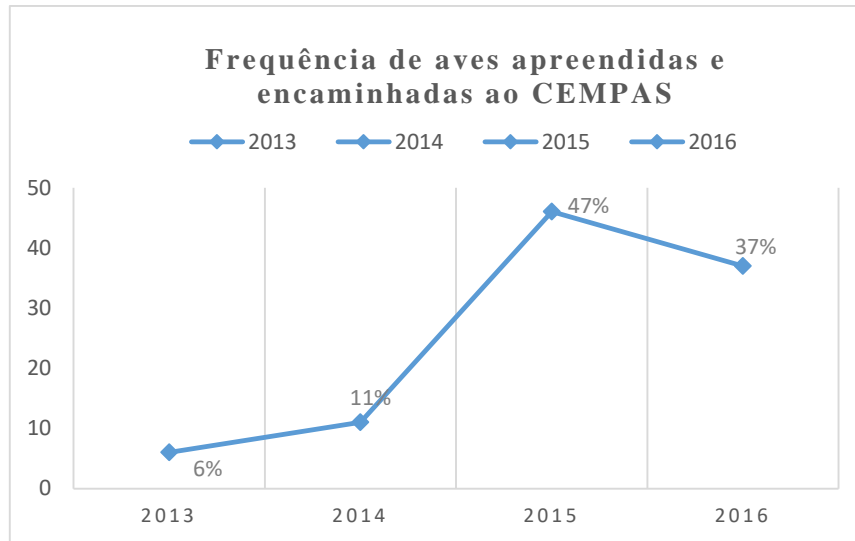


Gráfico 1: Gráfico que evidencia a frequência relativa de apreensões de aves ocorridas nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 encaminhadas ao CEMPAS.

O levantamento de dados também permitiu identificar a presença de 61 espécies diferentes entre as 1.753 aves apreendidas nos 4 anos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2: Espécies encaminhadas ao CEMPAS oriundas de apreensões feita pelo Poder Público nos anos de 2013 a 2016, totalizando 61 espécies diferentes.

ID	Nome Popular	Nome Científico	Ordem	Família
1	Arara-canindé	<i>Ara ararauna</i>	Psittaciformes	Psittacidae
2	Ararajuba	<i>Guaruba guarouba</i>		
3	Cuiú-cuiu	<i>Pionopsitta pileata</i>		
4	Maitaca	<i>Pionus maximiliani</i>		
5	Maracanã	<i>Primolius maracanã</i>		
6	Papagaio-do-mangue/ Curica	<i>Amazona amazônica</i>		
7	Papagaio-verdadeiro	<i>Amazona aestiva</i>		
8	Periquito-de-encontro-amarelo	<i>Brotogeris chiriri</i>		
9	Periquito-rei	<i>Eupsittula aurea</i>		
10	Periquito-verde	<i>Brotogeris tirica</i>		

11	Tiriba-fogo	<i>Pyrrhura devillei</i>		
12	Tuim	<i>Forpus xanthopterygius</i>		
13	Sabiá-coleira	<i>Turdus albicollis</i>	Passeriformes	Turdidae
14	Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i>		
15	Sabiá-poca	<i>Turdus amaurochalinus</i>		
16	Bigodinho	<i>Sporophila lineola</i>		Emberizidae
17	Coleirinho	<i>Sporophila caerulescens</i>		
18	Tico-tico	<i>Zonotrichia capensis</i>		
19	Tiziu	<i>Volatinia jacarina</i>		Cardinalidae
20	Azulão	<i>Cyanoloxia brissonii</i>		
21	Bico-de-pimenta	<i>Saltator fuliginosus</i>		
22	Bicudo	<i>Sporophila maximiliani</i>		Thraupidae
23	Caboclinho	<i>Sporophila bouvreuil</i>		
24	Caboclinho-do-sertão	<i>Sporophila nigrorufa</i>		
25	Canário-belga	<i>Serinus canaria</i>		
26	Canário-da-terra-verdadeiro	<i>Sicalis flaveola</i>		
27	Cardeal	<i>Paroaria coronata</i>		
28	Cardeal-do-nordeste	<i>Paroaria dominicana</i>		
29	Coleiro-baiano	<i>Sporophila nigricollis</i>		
30	Coleiro-do-brejo	<i>Sporophila collaris</i>		
31	Curió	<i>Sporophila angolensis</i>		
32	Galo da campina	<i>Paroaria dominicana</i>		
33	Patativa	<i>Sporophila plúmbea</i>		
34	Pixarro/Tempera-viola	<i>Saltator maximus</i>		
35	Pixoxó	<i>Sporophila frontalis</i>		

36	Sanhaçu-cinzento	<i>Tangara sayaca</i>	Passeriformes	Thraupidae		
37	Tico-tico-rei	<i>Coryphospingus cucullatus</i>		Passeriformes	Thraupidae	
38	Trinca-ferro	<i>Saltator similis</i>				
39	Andorinha	<i>Progne subis</i>				Hirundinidae
40	Bem-te-vi	<i>Pitangus sulphuratus</i>				Tyrannidae
41	Chopim do brejo	<i>Pseudoleistes guirahuro</i>				Icteridae
42	Corrupião	<i>Icterus jamacaii</i>				
43	Garibaldi	<i>Chrysomus ruficapillus</i>				
44	Inhapim	<i>Icterus cayanensis</i>				
45	Pássaro-preto	<i>Gnorimopsar chopi</i>				
46	Gaturamo – verdadeiro	<i>Euphonia violácea</i>				
47	Pintassilgo	<i>Spinus magellanicus</i>				
48	Pintassilgo-de-cabeça-preta	<i>Spinus magellanicus</i>				
49	Pintassilgo-do-nordeste	<i>Spinus yarrellii</i>				
50	Sabiá-do-campo	<i>Mimus saturninus</i>	Mimidae			
51	Pombo-doméstico	<i>Columba livia</i>	Columbiformes	Columbidae		
52	Tucanuçu	<i>Ramphastos toco</i>	Piciformes	Ramphastidae		
53	Calopsita	<i>Nymphicus hollandicus</i>	Psttacíformes	Cacatuíde		
54	Carcará	<i>Caracara plancus</i>	Falconiformes	Falconidae		
55	Quiri-quiri	<i>Falco sparverius</i>				
56	Coruja-buraqueira	<i>Athene cucularia</i>	Strigiformes	Strigidae		
57	Gavião carijó	<i>Rupornis magnirostris</i>	Accipitriformes	Accipitruíde		
58	Pica-pau-do-campo	<i>Colaptes campestris</i>	Piciformes	Picidae		

59	Seriema	<i>Cariama cristata</i>	Cariamiformes	Cariamidae
60	Suindara	<i>Tyto furcata tuidara</i>	Strigiformes	Tytonidae
61	Urubu	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartiformes	Cathartidae

Entre as 64 espécies analisadas no presente estudo, duas (*Primolius maracana*, maracanã; e *Pyrrhura devillei*, tiriba-fogo) encontram-se na *RedList* da IUCN, na categoria *Near threatened* (NT) - “quase ameaçada” (IUCN, 2017), significando que essas espécies em um futuro próximo podem ser classificadas como “ameaçadas”. O tiriba-fogo pertence à família Psittacidae, ocorre no sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul, norte do Paraguai e sudeste da Bolívia. Até o ano de 2008, encontrava-se na categoria de “baixa preocupação” (*Least concern*-LC) porém, devido ao comércio ilegal e degradação ambiental, atualmente sua categoria foi alterada (IUCN, 2016). A *Primolius maracana*, também pertencente à família Psittacidae, encontra-se listada e classificada como “vulnerável à extinção”, não somente pela IUCN como também pelo CITES. Sua distribuição ocorre na região Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, sendo encontrada no Maranhão, Pernambuco, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia e também no Paraguai e Argentina. Apesar da ampla distribuição, a espécie sofreu um declínio a partir do ano de 2004 e desde então, não há registros recentes na Argentina, podendo ser considerada praticamente extinta no país (IUCN, 2016; Bodrati, 2006).

Importante destacar que mais quatro espécies analisadas encontram-se em uma categoria da IUCN mais grave que a supracitada, que é a categoria “ameaçada”: ararajuba, bicudo, caboclinho-do-sertão e pixoxó.

A ararajuba (*Guaruba guarouba*), além da IUCN, é também considerada “vulnerável” a nível nacional. É uma espécie endêmica do Brasil e ocorre do oeste do Maranhão a sudeste do Amazonas (Silveira & Straube 2008, MMA 2014). Registros de 1994 até 2012 indicaram que essa espécie era considerada “em perigo” e, após novos registros e estudos ao longo do rio Tapajós, atualmente esta é categorizada como “vulnerável” (IUCN, 2016; Laranjeiras, 2011).

O bicudo (*Sporophila maximiliani*), pertencente à família Emberizidae, encontra-se na categoria de “quase ameaçada” devido, especialmente, ao intenso tráfico e à degradação ambiental. Embora tenha uma vasta distribuição no Brasil - Amazônia, Brasil Central (Rondônia, Mato Grosso), Nordeste (Alagoas, Bahia) e Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), a espécie já é considerada rara, ocorrendo em áreas pontuais e dispersas, pois sofre uma constante pressão de captura. Atinge elevado valor no comércio ilegal, sendo bastante procurada como ave de gaiola devido a seu canto (Olmos, 1993; Stotz *et al.*, 1996).

O caboclinho-do-sertão (*Sporophila nigrorufa*), pertencente à família Thraupidae, ocorre nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rondônia. Além da pressão sofrida pelo tráfico, grande parte do declínio das populações é devido à degradação de seu *habitat*, em virtude da agricultura e pecuária (IUNC, 2016).

A espécie *Sporophila frontalis*, conhecida popularmente como pixoxó, pertencente à família Thraupidae, tem distribuição no Sudeste do Brasil, com abundância no Rio de Janeiro e São Paulo e alguns registros em Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Bahia, nordeste da Argentina e leste do Paraguai. O *status* de “ameaçada” foi conferido a essa espécie no início no ano de 2000, e suas populações vêm se tornando cada vez mais raras na natureza. Possui um belo canto, que é umas das características mais atraentes para o alvo dos traficantes (Simon 2004; Mitroszewski, 2004; Carrano, 2004; IUCN, 2016).

As aves silvestres pertencentes aos grupos Psittaciformes e Passeriformes são as mais frequentemente capturadas na natureza (Wright *et al.*, 2001). O presente estudo confirmou tais dados pois, das 61 espécies analisadas, 38 pertencem a ordem dos Passeriformes e 12 são Psittaciformes, o que corresponde a 81% do total de indivíduos apreendidos. Entre os Passeriformes, as espécies mais traficadas foram: canário-da-terra-verdadeiro, coleirinho, azulão, trinca-ferro, pintassilgo, curió, sabiá-laranjeira, bigodinho e sabiá-do-campo. Em relação à Ordem Psittaciformes, foram: maitaca e papagaio-verdadeiro (Gráfico 2).

Os dados levantados demonstram que, além daquelas espécies já consideradas ameaçadas de extinção, como maracanã, tiriba-fogo, ararajuba, bicudo, caboclinho-do-sertão e pixoxó, mais 11 espécies são frequentemente alvo dos traficantes. Foi possível inferior as frequências de cada espécie, conforme a Tabela 2.

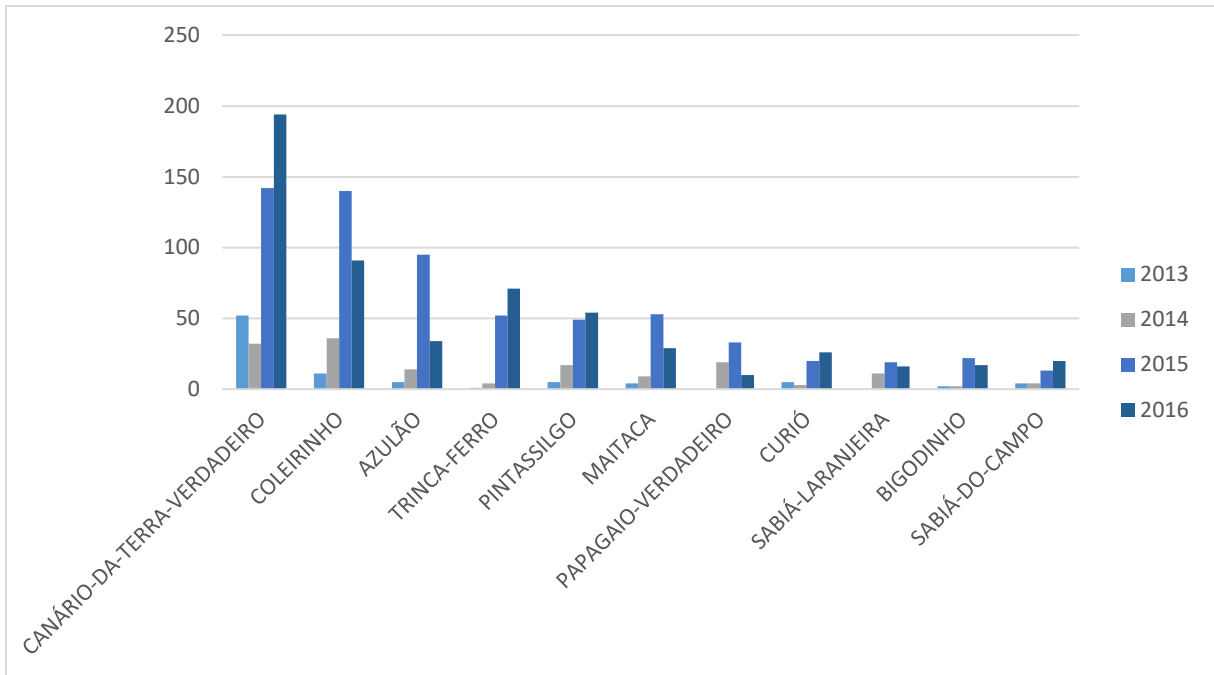


Gráfico 2: As 11 espécies mais frequentemente encaminhadas ao CEMPAS entre os anos de 2013 a 2016 e associadas ao comércio ilegal.

Tabela 3: Frequência das 11 espécies por ano associados ao comércio ilegal.

Espécie	2013	2014	2015	2016
Canário-da-terra-verdadeiro	52	32	142	194
Coleirinho	11	36	140	91
Azulão	5	14	95	34
Pintassilgo	5	17	49	54
Curió	5	3	20	0
Sabiá-do-campo	4	0	13	0
Maitaca	4	9	53	29
Bigodinho	2	4	22	17
Trinca-ferro	1	0	52	71
Papagaio-verdadeiro	0	19	33	10
Sabiá-laranjeira	0	11	19	16
TOTAL	101	188	810	654

As apreensões ocorreram em diversos Municípios do Estado de São Paulo, dado que foi possível contabilizar 51 cidades distintas (Tabela 4). Importante destacar que muitas das espécies não possuem distribuição nas regiões em que foram apreendidas, o que pressupõe que

a rota de tráfico de animais é extensa e envolve diferentes áreas geográficas.

Tabela 4: Lista de Municípios do interior do Estado de São Paulo em que foi feito levantamento de ocorrência de tráfico de aves silvestres.

Município	Número de exemplares de aves apreendidas	Município	Número de exemplares de aves apreendidas
1. ANHEMBI	20	26. NOVA HORIZONTE	13
2. APIAÍ	06	27. OURINHOS	13
3. ARARAQUARA	41	28. PARAGUAÇU	08
4. AREIÓPOLIS	14	29. PARDINHO	08
5. ASSIS	33	30. PEDERNEIRAS	01
6. AVARÉ	02	31. PIRACICABA	87
7. BARRA BONITA	05	32. PIRAJU	04
8. BAURU	227	33. PIRATININGA	01
9. BOTUCATU	699	34. PONGAÍ	01
10. CONCHAS	06	35. PORANGABA	01
11. DESCALVADO	01	36. REGISTRO	11
12. DOIS CÔRREGOS	05	37. RIBEIRÃO PRETO	60
13. DUARTINA	04	38. RIO BONITO	01
14. FARTURA	06	39. RIO CLARO	76
15. GUAÍÇARA	11	40. RIO DAS PEDRAS	12
16. GUAREÍ	13	41. RUBIÃO JUNIOR	08
17. IACANGA	25	42. SALTINHO	02
18. IBATÉ	02	43. SALTO	13
19. IBITINGA	03	44. SALTO GRANDE	06
20. ITAÍ	09	45. SANTA CRUZ DO RIO PARDO	04
21. ITATINGA	01	46. SÃO CARLOS	20
22. JAU	16	47. SÃO JOSÉ DO RIO PARDO	01
23. LINS	22	48. SÃO MANUEL	73
24. MARÍLIA	78	49. SÃO PEDRO	01
25. MATÃO	04	50. TAQUARITINGA	01
		51. TORRINHA	01

Entre as cidades citadas na Tabela 4, a maior ocorrência de apreensão de aves ocorreu em Botucatu nos 4 anos em que o levantamento foi realizado, seguida da cidade de Bauru. Este dado, analisado a cada ano separadamente, permitiu destacar também as cidades de Marília, Piracicaba, Ribeirão Preto, Rio Claro, São Manuel e Assis que, em 2016, demonstraram grande aumento no tráfico de aves em comparação com as anos anteriores (Gráfico 3).

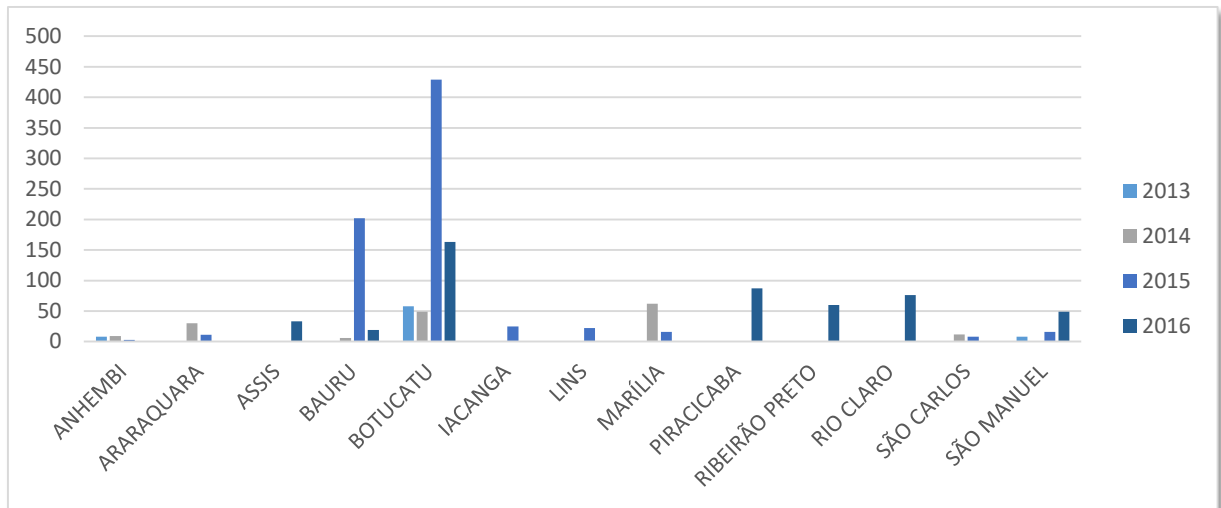


Gráfico 3: Municípios do interior do Estado de São Paulo em que houve ocorrência de tráfico de aves silvestres.

O tráfico de animais baseia-se primordialmente em diversas redes montadas e que englobam áreas com até cinco mil quilômetros de distância, sendo parte dos animais escoada por via terrestre, principalmente pelas rodovias, por meio de caminhões, ônibus e carros particulares. No presente estudo, os Municípios em que pôde-se identificar maiores números de animais traficados encontram-se na região central do Estado de São Paulo (Figura 6) o que facilita o escoamento desses animais pela Rodovia Castelo Branco para chegarem até a Capital, de onde são vendidos em feiras livres ou exportados por meio dos principais portos e aeroportos dessas regiões (RENCTAS, 2002). A maioria dos animais silvestres comercializados ilegalmente é proveniente das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, sendo escoados para as regiões Sul e Sudeste, pelas rodovias federais (Jupiara & Anderson, 1991). O destino internacional desses animais é a Europa, Ásia e América do Norte (RENCTAS, 2002).

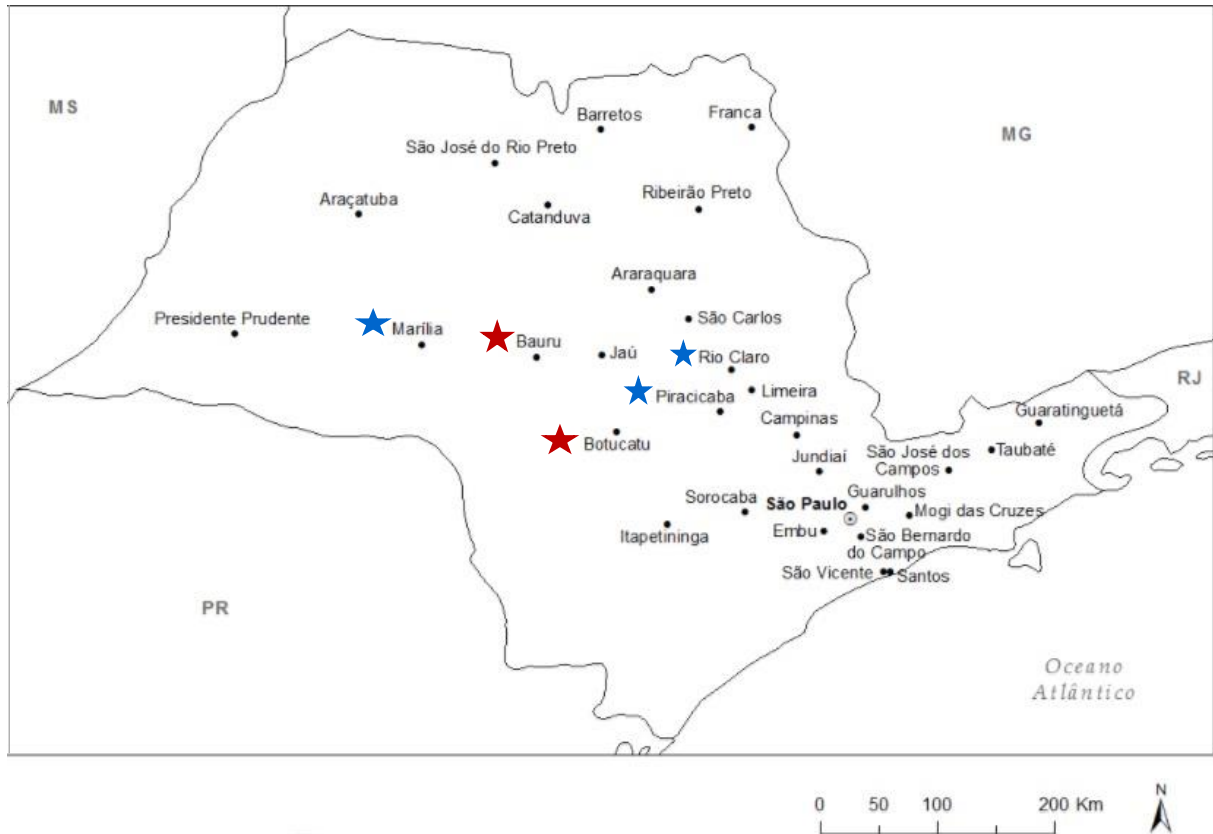


Figura 6: Mapa do Estado de São Paulo, destacando os Municípios que apresentaram as maiores ocorrências de apreensões de aves silvestres associadas ao tráfico. As estrelas em vermelho indicam as duas cidades com maior frequência, seguidas pelas outras cidades destacadas na cor roxa. Fonte: IBGE.

As estatísticas mostram-se úteis para esclarecer alguns aspectos associados ao tráfico, como espécies alvo, número de exemplares de cada espécie e rotas de tráfico. Entretanto, o tráfico de aves silvestres possui ainda diversos dados que necessitam ser levantados – como forma de captura, transporte e armazenamento dos animais - e, portanto, continuar e ampliar tais estudos é primordial para melhor subsidiar ações de combate a esse tipo de crime.

Outro dado relevante refere-se ao “destino” das aves apreendidas. De acordo com o RENTAS (2002), a “soltura” é o destino mais comum para esses animais. O Gráfico 4 demonstra as opções de destino e suas respectivas frequências das aves encaminhadas ao CEMPAS. Nota-se que a “soltura” foi a forma de destino mais frequente em todos os anos analisados, seguida do encaminhamento para um CETAS localizado no Município de Botucatu (Centrofauna, Instituto Floravida). Ressalta-se que “óbito” e “eutanásia” aparecem com maior frequência em 2015, ano que houve o maior número de apreensão de aves.

Conforme o presente estudo, as aves oriundas do tráfico quando não foram à “óbito” ou quando não houve a necessidade de “eutanásia”, foram encaminhadas a “zoológicos ou parques” ou a um “tutor”. O termo “tutor” é referente à pessoa que obtém a guarda provisória

de um animal, devendo prestar a devida manutenção do mesmo enquanto não houver sua destinação ideal, ato que encontra-se previsto no Decreto Federal n.º 6.514/08 e na Resolução n.º 457/2013 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Este foi observado como um destino de baixa frequência para as aves mantidas no CEMPAS (Gráfico 4).

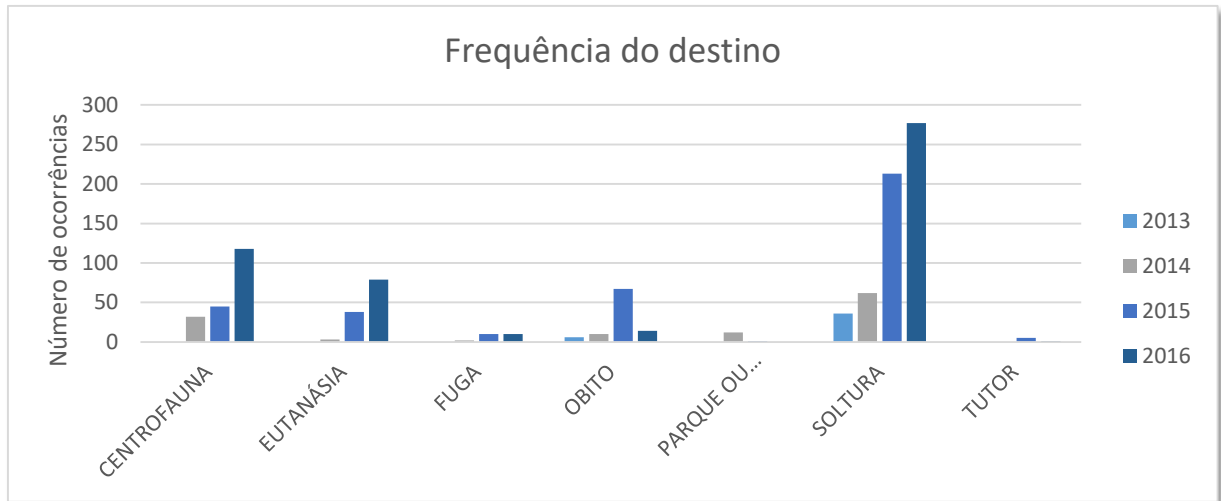


Gráfico 4: Opções de destino de aves mantidas no CEMPAS e suas respectivas frequências.

O retorno de animais à natureza é um processo complexo e que deve seguir protocolos de normatização e de áreas de soltura pela Divisão de Fauna da Superintendência do IBAMA, por intermédio de documentos específicos, especialmente de Requerimentos para Cadastro de Área de Soltura e Protocolo de Orientações para a Soltura, adaptados das recomendações da IUCN. Embora a “soltura” esteja prevista pela Lei n.º. 9.605/98, esta deve ser vinculada a programas específicos de manejo das espécies e estes devem ser aprovados pelo Departamento de Vida Silvestre do IBAMA (IBAMA, 1995).

A maior parte das solturas ocorre sem critérios científicos, ou seja, acaba sendo apenas uma liberação dos animais no próprio local de apreensão. Isso ocorre por falta de informação dos órgãos fiscalizadores e por falta de Centros de Triagem - CETAS capacitados para receber animais apreendidos, resgatados ou doados, prestar-lhes os cuidados necessários e destiná-los adequadamente. Este ato pode resultar em consequências desastrosas para a própria ave libertada, se esta não for corretamente reabilitada, e também às possíveis populações existentes no local de soltura (Wanjtal & Silveira, 2000).

De acordo com o IBAMA, existem registrados atualmente 32 Centros de Triagem no Brasil, mas apenas 16 estão em condições de receber animais e desenvolver suas atividades normalmente, fato especialmente relacionado a dificuldades financeiras e técnicas. Dos 15

CETAS registrados no Estado de São Paulo, apenas um encontra-se no Município de Botucatu (MMA, 2016). Registrado e autorizado pelo IBAMA, o CETAS “Centrofauna”, gerido desde 2002 pelo Instituto Floravida, atua em parceria com o CEMPAS da UNESP visando preparar animais mantidos em cativeiro para serem devolvidos à natureza.

Outro dado de registro importante para o manejo das aves é a correta identificação do sexo, pois aproximadamente 30% das aves não apresentam dimorfismo sexual externo aparente que permita a diferenciação morfológica entre machos e fêmeas (Pough & Harvey, 1999), o que é uma problemática tanto para a soltura, quanto para programas de reprodução em cativeiro. A correta identificação do sexo pode ser feita por meio da denominada "sexagem molecular", baseada na análise de uma região dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* (*chromo-helicase-DNA-binding*), localizados nos cromossomos sexuais. Dados de sexagem molecular foram incluídos no *Forensic Bird Base* e encontram-se detalhados no Capítulo 3 do presente trabalho.

As análises estatísticas mostram-se úteis para compreender alguns aspectos associados ao tráfico de aves que ocorre no interior do Estado de São Paulo. Os dados levantados como: espécies alvo, rotas de tráfico e destinação, poderão auxiliar em estratégias de manejo e políticas públicas para o combate desse crime ambiental. Além disso, há poucos trabalhos e relatórios com levantamentos desse tipo de dados - o primeiro relatório foi elaborado em 2002 pelo RENCTAS e o mais atual foi elaborado pela Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo vinculado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente, que levantou dados no período de 2001 a 2005.

Todos os dados estatísticos gerados no presente estudo serão disponibilizados no *Forensic Bird Base* (FBB) para acesso público podendo, portanto ser utilizados também para subsidiar ações destinadas à apuração de crimes associados ao comércio ilegais de aves.

CAPÍTULO 2

GENÉTICA FORENSE ANIMAL:

Uma ferramenta molecular como auxiliar ambiental e jurídica

1 INTRODUÇÃO

A Genética Forense é uma das áreas específicas das Ciências Forenses que emprega conhecimentos relacionados a técnicas e análises de Genética, com ênfase em Biologia Molecular, em casos que envolvem crimes. No Brasil, os primeiros laboratórios de Genética Forense surgiram na década de 1990, com iniciativas pioneiras dos órgãos de perícia e criminalística de estados como Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo e Minas Gerais e também do Distrito Federal. A partir de 2004, contando com investimentos da secretaria nacional de segurança pública, houve um grande incremento no número de laboratórios, além da capacitação de dezenas de peritos criminais. Em geral, a utilização forense da análise de DNA no Brasil está relacionada ao esclarecimento de vínculo genético (Bonaccorso, 2005).

Existem inúmeras aplicações da Genética Forense que podem auxiliar nas etapas de investigação de um processo judicial. Esta área passou a fazer parte do vocabulário comum devido ao impacto dos perfis de DNA sobre a detecção de crimes e identificação de paternidade em humanos e tem sido temática de diversos programas de televisão, noticiários e reportagens. Apesar da grande difusão de informações nesta área, dados de caráter geral e de caráter técnico muitas vezes não são corretamente divulgados, interpretados e/ou compreendidos.

Além da utilização da Genética Forense na identificação humana, é possível também sua utilização na área animal, especificamente por meio da Genética da Conservação, que visa a conservação biológica, auxiliando em programas de manejo, soltura ou reintrodução e reprodução em cativeiro. Atualmente, grande parte das análises voltadas à conservação de diferentes espécies, vem sendo realizada por meio de estudos genéticos, para a identificação de espécies, subespécies, híbridos, determinação de origem, identificação de níveis de diversidade genética, determinação de estrutura populacional e de gargalos populacionais, identificação de sexo, determinação de paternidade e outros níveis de parentesco. Tais dados podem ser obtidos por meio da utilização de diferentes metodologias, especialmente aquelas que empregam marcadores moleculares (Eizirik, 1996; Gonçalves, 2013).

Uma das análises moleculares associadas à área forense é a correta determinação do sexo de animais, ferramenta especialmente utilizada em exemplares de aves. Algumas espécies que compõem esse grupo de vertebrados não apresentam dimorfismo sexual aparente que permita a diferenciação morfológica externa entre machos e fêmeas (Tell & Lasley, 1991). O dimorfismo sexual é uma característica fenotípica observada entre machos e fêmeas de uma mesma espécie, diferenciando-os em alguns aspectos como tamanho ou coloração das penas e/ou bicos (Pough & Harvey, 1999). Dentre as aves que não apresentam dimorfismo sexual,

estão o Fura-barreira (*Hylocryptus rectirostris*) (Faria *et al.*, 2007), o Papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*), o Periquito/Maritaca (*Aratinga* sp.), a Arara (*Ara* sp.) e o Tucanuçu (*Ramphastos toco*) (Miyaki *et al.* 1998; Allgayer & Cziulik, 2007). Já entre as que apresentam esse dimorfismo, estão o Tangarazinho (*Ilicura militaris*), no qual machos adultos são reconhecidos por sua plumagem (Anciães & Nassif Del Lama, 2002), e o Galito (*Alectrurus tricolor*). Entretanto, na maioria dos casos, o sexo somente pode ser determinado pela identificação dos cromossomos sexuais ou de segmentos de DNA sexo-específicos (Griffiths *et al.*, 2002).

A identificação de machos e fêmeas em diversas espécies de aves é atualmente realizada por meio da denominada “sexagem molecular”, em se que analisa uma determinada porção do genoma que apresenta diferenças entre os sexos. Como as aves apresentam um sistema de determinação sexual do tipo ZZ (machos) / ZW (fêmeas), um marcador ideal para identificação do sexo nestes animais pode ser considerado um DNA único ao cromossomo sexual W presente unicamente nas fêmeas (Miyaki *et al.*, 1998). Um destes marcadores identificados em aves é o gene *CHD* (cromo-helicase-DNA-ligante) - o gene *CHD-Z* é encontrado no cromossomo Z, ocorrendo, portanto em ambos os sexos, enquanto o gene *CHD-W* localiza-se no cromossomo W, presente somente nas fêmeas (Griffiths *et al.*, 1998). Não há evidências de recombinação entre estes dois genes e nenhuma cópia autossômica foi identificada. Embora em algumas aves os íntrons destes genes possuam tamanhos muito similares, como evidenciado em avestruz e ema (Ratitas), na maioria das espécies o tamanho do gene *CHD* é um pouco maior no cromossomo W, comparado ao tamanho deste gene presente no cromossomo Z, devido à presença de bases adicionais em uma região de íntron (Griffiths *et al.*, 1998).

Diferentes conjuntos de oligonucleotídeos foram desenvolvidos para serem utilizados em PCR para amplificação de segmentos dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* em um grande número de espécies de aves, de forma a identificar diferenças de tamanho nos íntrons destes genes (Ellegreen, 1997; Griffiths *et al.*, 1996, 1998). O conjunto de oligonucleotídeos mais comumente utilizado para identificação do sexo em aves refere-se aos *primers* denominados P2 e P8 (Griffiths *et al.*, 1998) que se anelam a regiões conservadas de éxons dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* e amplificam uma região de *íntron* que difere em tamanho entre os dois genes, resultando na identificação de um único fragmento de DNA em machos (genótipo homocigoto) e de dois fragmentos distintos em fêmeas (genótipo heterocigoto) (Griffiths *et al.*, 1998).

Outro tipo de análise genética que pode contribuir para a conservação biológica está associada à a taxonomia, ou seja, a identificação, nomenclatura e classificação dos seres vivos. Análises taxonômicas podem levar, portanto, à correta identificação de grupos, espécies ou

subespécies. A espécie *Amazona aestiva*, conhecida popularmente como papagaio-verdadeiro, apresenta uma problemática quanto à taxonomia, pois apresenta duas subespécies: *Amazona aestiva aestiva* e *Amazona aestiva xanthopteryx*, que se diferenciam morfologicamente apenas pela coloração do encontro das asas (Clements, 2014; Piacentini *et al.*, 2015).

A *amazona aestiva* é um representante neotropical da família Psittacidae, pertencente à Ordem Psittaciformes (Sick, 1988). Os indivíduos representantes desta espécie não apresentam dimorfismo sexual, apresentam porte médio, com cerca de 37 cm de comprimento e 400g de peso, e sua coloração é predominantemente verde, apresentando fronte e loros azuis, cabeça amarela e pés e bico pretos (Forshaw, 1989). A espécie é monogâmica, a reprodução ocorre apenas uma vez por ano no período entre setembro e fevereiro, e geralmente os animais são vistos em bandos, sendo possível observar casais pareados. Se alimentam de frutos, folhas e flores, sementes e frutos secos. Estudos realizados no Pantanal demonstram que essa espécie é generalista quanto a sua alimentação, consumindo itens de 48 espécies vegetais de 25 famílias, de acordo com a oferta desses alimentos (Forshaw, 1989; Sick, 1997; Seixas e Mourão, 2000).

A subespécie *Amazona aestiva aestiva*, apresenta pouca coloração amarela na face e o encontro da asa na coloração vermelha, ocorre no Brasil oriental (Bahia, Goiás e Tocantins), já o *Amazona aestiva xanthopteryx*, apresenta coloração amarela mais extensa na face e o encontro das asas na coloração amarela, ocorre no Brasil ocidental, Bolívia, Paraguai e Argentina (Collar, 1997; Clements, 2014; Piacentini *et al.*, 2015) (Figuras 7 e 8). Na região dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, existe uma área de sobreposição, onde podem ser encontrados indivíduos com o encontro das asas de coloração mista vermelha e amarela (Darrieu, 1983). (Clements, 2014; Piacentini *et al.*, 2015).



Figura 7: Exemplos de *Amazona amazona xanthopteryx* (A) e *Amazona aestiva aestiva* (B) do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens – CEMPAS da UNESP.

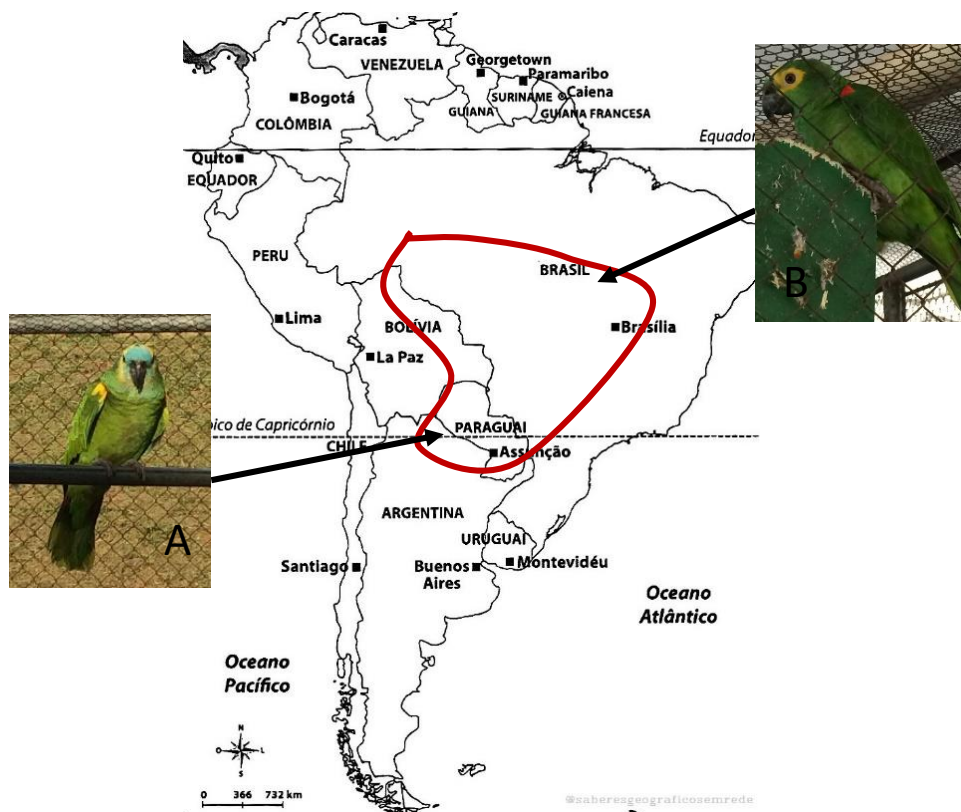


Figura 8: Distribuição geográfica das duas subespécies atualmente reconhecidas *Amazona aestiva*. (A) Exemplar de *A. a. xanthopteryx*; (B) Exemplar de *A. a. aestiva*.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar segmentos dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* para a geração de perfis genéticos sexo-específicos das aves oriundas de apreensão, por meio de sexagem molecular, assim como caracterizar segmentos parciais do gene mitocondrial citocromo oxidase I (COI) para a geração de perfis genéticos de *Amazona aestiva* e suas subespécies para inferências taxonômicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Perfis Genéticos Sexo-Específicos

2.1.1 Amostras biológicas

No presente estudo, foram analisadas espécies de aves pertencentes a diferentes ordens e famílias (Tabela 2). Estas foram apreendidas pela Polícia Ambiental e pelo IBAMA e encaminhadas ao Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres (CEMPAS) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP (Botucatu, SP) e ao Centrofauna (CETAS) que corresponde a um Centro de Recepção, Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres mantido pela ONG Instituto Floravida (Empresa Anidro do Brasil). O Instituto Floravida é uma organização não governamental e sem fins lucrativos, que criou o CETAS Centrofauna, com o objetivo fomentar o desenvolvimento socioambiental das comunidades locais e desenvolver projetos de conservação da biodiversidade, educação ambiental e inclusão social. Os animais apreendidos são mantidos em viveiros construídos na mata nativa, preservada nas dependências da Empresa Anidro do Brasil, localizada em Botucatu, SP.

De forma a utilizar procedimentos não-destrutivos de amostragem biológica, foram coletadas alíquotas de penas dos indivíduos totalizando 180 amostras (Tabela 5). As amostras biológicas obtidas para a geração de perfis genéticos sexo-específicos foram coletadas no período de 2013 a 2016. Após contenção dos animais, o local de retirada das amostras biológicas foi higienizado com algodão embebido em álcool 70%. Aproximadamente 0,1 ml de sangue da veia braquial da asa foram coletados com seringa descartável e preservados em etanol absoluto.

Tabela 5: Número de indivíduos de diferentes espécies sexados junto ao Laboratório de Genética Animal, oriundos do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres (CEMPAS) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP (Botucatu, SP) e do CETAS Centrofauna do Instituto Floravida. ID, número de identificação dos animais.

ID	Nome Popular	Nome Científico	Ordem	Família	Sexagem Molecular
1	Maitaca	<i>Pionus maximiliani</i>	Psittaciformes	Psittacidae	8
2	Papagaio-verdadeiro	<i>Amazona aestiva</i>			48
3	Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i>	Passeriformes	Turdidae	10
4	Coleirinho	<i>Sporophila caerulea</i>		Emberizidae	5
5	Tico-tico	<i>Zonotrichia capensis</i>		2	
6	Galo-da-campina	<i>Paroaria dominicana</i>		5	
7	Azulão	<i>Cyanoloxia brissonii</i>		Cardinalidae	2
8	Bico-de-pimenta	<i>Saltator fuliginosus</i>		Thraupidae	3
9	Canário-da-terra-verdadeiro	<i>Sicalis flaveola</i>			25
10	Cardeal	<i>Paroaria coronata</i>			1
11	Bicudo	<i>Sporophila maximiliani</i>		2	
12	Tico-tico-rei	<i>Coryphospingus cucullatus</i>			5
13	Trinca-ferro	<i>Saltator similis</i>			11
14	Pintassilgo	<i>Spinus magellanicus</i>		Fringilidae	25
15	Tucanuçu	<i>Ramphastos toco</i>	Piciformes	Ramphastidae	28

Para a coleta das penas, foram priorizadas aquelas em fase de crescimento, pois possuem tecido rico em divisões celulares na região da polpa dérmica, sendo retiradas manualmente (Figura 9) (Pough *et al.*, 2005). Posteriormente, foram mantidas em envelope de papel à temperatura ambiente até seu processamento, ou, alternativamente, mantidas à temperatura ambiente em recipiente contendo álcool 100%.



Figura 9: Contenção de ave para coleta de amostras de penas realizada manualmente em exemplar de tucanuçu (*Ramphastos toco*).

2.1.2 Extração de DNA de penas

A extração de DNA das penas foi realizada segundo protocolo fenol/clorofórmio/álcool isoamílico, descrito Sambrook & Russel (2001), com algumas alterações. Alternativamente, algumas amostras de DNA foram obtidas utilizando-se o kit *Phire Animal Tissue Direct PCR* (Thermo Scientific), seguindo as informações do fabricante e o protocolo descrito por Woolfe *et al.* (2004).

Foram utilizadas as duas metodologias pois penas em crescimento resultam em amostras de DNA de melhor qualidade (mais íntegras) e maior quantidade (20-50ng/μl), em comparação com as penas já adultas ou com cálamos pequenos. Penas com cálamos de menor tamanho (menor do que 1 cm) mostraram-se não muito adequadas, já que forneceram quantidades reduzidas de DNA (5-10ng/μl), o que dificulta sua aplicação em análises moleculares sendo, nesses casos, necessária a utilização do kit *Phire Animal Tissue Direct PCR* (Gonçalves, 2013).

Para a extração de DNA com fenol/clorofórmio/álcool isoamílico, as amostras de penas em crescimento foram colocadas em um cadinho estéril juntamente com nitrogênio líquido, para macerar o material com auxílio de um bastão estéril, adicionando 5 ml de solução de digestão composta por NaCl 0,4 M; EDTA 0,1 M; pH 8,0; SDS 0,1% e RNase 40 μg/ml. O material foi mantido em banho-maria à temperatura de 50°C por 1 hora. Após este período, foi adicionada solução de Proteinase K 40 μg/ml, sendo então o material mantido em banho-maria a 50°C por mais 1-3 horas. Posteriormente, foram acrescentados 5 ml de solução de fenol/clorofórmio/álcool isoamílico na proporção de 50:48:2, invertendo o tubo, cuidadosamente, durante 15 minutos e este foi centrifugado a 5.000 rpm por mais 15 minutos.

O sobrenadante foi transferido para um novo tubo de 15 ml estéril, acrescentando-se solução de NaCl 1M calculada a partir do volume médio da amostra obtida. Posteriormente, completou-se o tubo com álcool 100% gelado para precipitação do DNA, descartando-se o restante do material. Novamente, foram adicionados mais 3 ml de álcool etílico 70%, com posterior descarte do álcool e manutenção da amostra de DNA em estufa a 37°C para secagem. Após a secagem, foram acrescentados 200µl de água filtrada autoclavada para eluição do DNA.

Para a extração de DNA com o kit *Phire Animal Tissue Direct PCR* (Thermo Scientific), foram maceradas amostras de penas adultas e penas com cálamos pequenos em nitrogênio líquido, colocando, junto à amostra, 20µl do reagente *Dilution Buffer*. Em seguida, foi adicionado 0.5µl de solução *DNA Release Additive* e as amostras foram mantidas em temperatura ambiente por 2-5 minutos. Para a finalização, as amostras foram mantidas em banho seco a 98°C por 2 minutos.

A extração de DNA do sangue foi realizada seguindo o protocolo sugerido pelo fabricante do FTA Classic Card (Whatman Biosciences).

2.1.3 Quantificação do DNA amostral

A quantificação e a verificação de contaminação para todas as amostras de DNA obtidas foram feitas em espectrofotômetro Nano Drop ND-1000 Spectrophotometer - Thermo Fisher Scientific (Thermo-Scientific, EUA). A quantificação de DNA total contido em cada amostra individual e a verificação de ocorrência de contaminação por proteínas e/ou solventes orgânicos como álcool/fenol/clorofórmio foi feita com base nas razões de absorbância da luz na faixa de 260/280nm e 230/260nm, respectivamente. Para verificar a integridade do DNA, este foi submetido a eletroforese em gel de agarose 1% imerso em tampão TAE 1x (Tris-Ácido acético-EDTA), corado com Gel Red™ e visualizado em transluminador, sob luz ultravioleta.

2.1.4 Sexagem molecular

Para identificação do sexo das aves em estudo, reações de amplificação (PCR) foram realizadas conforme protocolo descrito por Miyaki *et al.* (1998), utilizado os *primers* P2 (5' TCTGCATCGCTAAATCCTTT-3') e P8 (5'CTCCCAAGGATGAGRAAYTG-3'), originalmente descritos por Griffiths *et al.* (1998). Estes *primers* foram desenhados para amplificar uma região do gene *CHD-W*, ligado ao cromossomo sexual W, e do gene *CHD-Z*,

presente no cromossomo sexual Z. Desta forma, são amplificados dois fragmentos de DNA de diferentes tamanhos nas fêmeas e apenas um fragmento em machos (Miyaki *et al.*, 1998).

Para as amostras de DNA obtidas por meio da utilização de fenol/clorofórmio/álcool isoamílico, as reações de amplificação dos fragmentos de DNA foram compostas de 1,5 µl de tampão de reação 10x, 0,75 µl de cada *primer* (10 mM), 0,4 µl de dNTP (200 mM), 0,4 µl de MgCl₂ (50 mM), 0,15 µl de *Taq* DNA polimerase (5 U/ml), 7,5 µl de DNA molde (70-100 ng/µl) e 3,55 µl de água filtrada autoclavada, submetidas a desnaturação inicial à 95°C por 5 minutos, seguida de 30 ciclos a 95°C por 30 segundos, 47°C por 30 segundos, 72°C por 30 segundos e extensão a 72°C por mais 5 minutos.

Para as amostras de DNA obtidas por meio do kit *Phire Animal Tissue Direct PCR*, as reações de amplificação dos fragmentos de DNA foram compostas de 10 µl de tampão de reação (2x *Phire Animal Tissue PCR Buffer*), 2 µl de cada *primer* (10 Mm), 0,4 µl de *Hot Start* (*Phire Hot Start II DNA Polymerase*) e 4,6 µl de água filtrada autoclavada. As reações de amplificação foram realizadas com desnaturação a 98°C por 5 minutos, seguida de 40 ciclos a 98 °C por 5 segundos, 47°C por 1 minuto, 72°C por 20 segundo, e extensão 72°C por mais 1 minuto.

As amostras de DNA foram amplificadas em réplicas (duas reações de amplificação distintas). Além disso, um controle positivo (correspondente a uma amostra de DNA de machos e fêmeas de *Gallus gallus* que apresentam dimorfismo sexual externo) e um controle negativo (correspondente a uma reação de amplificação contendo todos os componentes da PCR exceto amostra de DNA, para monitorar qualquer possível contaminação) foram utilizados a fim de gerar dados altamente confiáveis.

Os produtos de amplificação obtidos foram submetidos à eletroforese em gel de agarose 2%, corado com *Gel Red* (Uniscience) (0,1 µl/10ml) imerso em tampão TAE 1X (Tris-Ácido acético-EDTA), e visualizados em transiluminador, sob luz ultravioleta. Os pesos moleculares dos fragmentos amplificados foram estimados por meio de comparação com marcadores de peso molecular conhecido.

2.2 Perfis Genéticos de *Amazona aestiva*

Das 48 amostras biológicas coletadas de exemplares de *Amazona aestiva*, foram identificadas, com base em caracteres fenotípicos externos dos animais, cinco exemplares como sendo pertencentes à subespécie *Amazona aestiva aestiva* (pouca coloração amarela na face e ombro principalmente vermelho) e outros três exemplares como sendo da subespécie *Amazona*

aestiva xanthopteryx (coloração amarela mais extensa na face e ombro principalmente amarelo) (Clements, 2014; Piacentini *et al*, 2015).

Tais amostras de DNA de *Amazona aestiva* foram utilizadas para amplificação de um segmento de cerca de 750 pares de bases, próximo da região 5' do gene mitocondrial citocromo C oxidase subunidade I (COI), por meio de PCR, utilizando combinações diversas de *primers* descritos na literatura para diferentes grupos de aves. Adicionalmente, também foram amplificados segmentos de DNA associados a uma outra região mitocondrial (citocromo b - CYB) e ao gene ribossomal 5S (DNAr 5S), por meio de *primers* já descritos na literatura para diferentes espécies de aves (Tabela 6).

Tabela 6: Conjuntos de *primers* testados para amplificação de segmentos dos genes citocromo C oxidase subunidade I (COI), citocromo b e DNA ribossomal 5S.

<i>Primer Forward</i>	<i>Primer Reverse</i>	Região	Referências
LTyr TGTA AAAAGGWCTACAGCCTAACGC	COIH7557 GGCGGATGTGAAGTATGCTCGGG	COI	Tavares & Baker, 2008
BirdR1 ACGTGGGAGATAATTCCAAATCCTG	CO178Ht TGGGARATAATTCRAAGCCTGG	COI	Hebert <i>et al.</i> , 2004
COIaRT AACAAACCACAAAGATATCGG	CO178Ht TGGGARATAATTCRAAGCCTGG	COI	Tavares & Baker, 2008
L14841 CCATCCAACATCTCAGCATGATGAAA	H15149 GCCCTCAGAATGATATTTGTCCTCA	Citocromo b	Kocher <i>et al</i> , 1989
5S1 TACGCCCGATCTCGTCCGATC	5S2 CAGGCTGGTATGGCCGTAAGC	DNAr 5S	Rodriguez <i>et al</i> , 2001

Y = C ou T; W = A ou T; R = A ou G (International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC Nucleotide Codes)

Os produtos de PCR foram analisados em gel de agarose 1% imerso em tampão TAE 1x (Tris-Ácido acético-EDTA), corado com Gel Red (Uniscience) (0,1 µl/10ml) e visualizado em transiluminador, sob luz ultravioleta, e comparados a um marcador de peso molecular conhecido. Após a padronização com controles positivos, as amostras das duas subespécies foram submetidas ao mesmo procedimento com os *primers* listados na tabela 6. Produtos de PCR que apresentaram um único fragmento amplificado foram utilizados diretamente em reações de sequenciamento. Produtos que não apresentaram uma única banca foram purificados usando o *kit* Qiaex II (Qiagen), seguindo as especificações do fabricante.

O sequenciamento dos produtos de PCR foi realizado em sequenciador automático ABI 377 ou ABI 3100 (Applied Biosystems), utilizando *Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit*

v.3 (Applied Biosystems). Cada reação de sequenciamento constou de 1,2 µl de solução *Big Dye*, 1 µl de *primer* (10 µM) e 5 µl do produto de PCR. As reações foram colocadas em termociclador nas seguintes condições: desnaturação inicial a 96°C por 1 minuto, seguida de 25 ciclos a 96°C por 10 segundos, 50°C por 30 segundos e 60°C por 4 minutos e extensão a 72°C por 10 minutos. Em seguida, foram adicionados 4 µl de água e 16 µl de etanol 95%. A solução foi misturada em agitador de tubos e mantida por 15 minutos à temperatura ambiente (~25°C). A amostra foi centrifugada por 30 minutos a 12.000 rpm e o sobrenadante retirado com auxílio de uma micropipeta. O precipitado foi lavado com cerca de 200 µl de etanol 70% e a solução misturada em um agitador de tubos e novamente centrifugada por 7 minutos a 12.000 rpm para nova retirada do sobrenadante, com auxílio de uma micropipeta. A amostra foi seca a 90°C durante 2 minutos e mantida a -20°C caso não seja imediatamente preparada para sequenciamento.

Os eletroferogramas das sequências obtidas foram visualizados e analisados utilizando os programas *Sequence Navigator* e *Sequence Analysis* (Applied Biosystems). As sequências nucleotídicas foram então comparadas com outras sequências depositadas no *GenBank* (www.ncbi.nlm.nih.gov). Estas também foram posteriormente alinhadas e editadas para obter sequências consenso, utilizando os programas *BioEdit* 7.0.9.0 (Hall, 1999) e *Clustal X* (Thompson *et al.*, 1997), com ajustes manuais quando necessário.

Posteriormente, as sequências obtidas de *A. aestiva* serão depositadas no *GenBank* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide>) e nas plataformas BOLD (*Barcode of Life Systems*) (<http://www.barcodinglife.com/>) e ABBI (*All Birds Barcoding Initiative*) (<http://www.barcodingbirds.org/>).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sexagem Molecular

A identificação do sexo das aves pertencentes a diferentes ordens e famílias foi feita por meio da amplificação dos genes *CHD-Z* e *CHD-W* utilizando os *primers* P2 e P8 em PCR. Foi possível gerar produtos de amplificação e visualizar um ou dois fragmentos de DNA em gel de agarose 2%. Dois fragmentos de DNA de tamanhos distintos foram evidenciados para fêmeas e um único fragmentos de DNA foi evidenciado para machos (Figura 10).

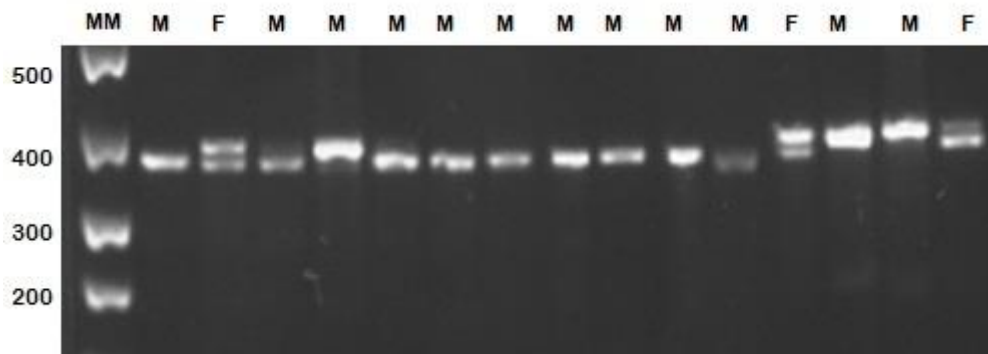


Figura 10: Produtos de PCR, relativos à amplificação de genes *CHD-Z* e *CHD-W* de exemplares de *Amazona aestiva*, visualizados em gel de agarose 2%. MM: marcador de peso molecular de 1Kb (indicações em pares de bases), M: macho e F: fêmea.

É importante observar que o tamanho dos pares de base (pb) em relação aos alelos do sexo pode variar de espécie para espécie, como é mostrado na Figura 10. Os resultados obtidos confirmam o descrito inicialmente por Griffiths *et al.* (1996, 1998) de que o conjunto de *primers* P2 e P8 é realmente adequado para amplificação de segmentos de DNA de diferentes tamanhos associados aos genes *CHD-Z* e *CHD-W*, o que permite a realização da sexagem molecular com precisão em um grande número de espécies de aves.

Diversos outros trabalhos, envolvendo distintas aves também evidenciaram resultados eficazes de determinação do sexo utilizando a metodologia proposta por Griffiths *et al.* (1998) (Miyaki *et al.*, 1998; Anciães & Del Lama, 2002; Faria *et al.*, 2007; Vucicevic *et al.* 2012). As espécies analisadas por esses autores obtiveram resultados semelhantes e eficazes. Dentre as espécies sexadas por estes autores estão: Águia (*Spilornis cheela hoya*), Fura-barreira (*Hylocryotus rectirostris*), Falconiformes (*Falco* sp., *Spizaetus nipalensis*, *Aquila chrysaetos*, *Accipiter gentilis*) Tangarazinho (*Ilicura militaris*), Psitacídeos (*Amazona* sp., *Aratinga* sp.), Tucanuçu (*Ramphastos toco*), Pavão (*Pavo* sp.), Cisne (*Cygnus olor*), Coruja-do-mato (*Strix aluco*) e Gaivota-da-asa-escura (*Larus fuscus*). Vieira (2009) também obteve resultados satisfatórios para diversas espécies: Azulão (*Passerina brissonii*), Trinca-ferro-verdadeiro (*Saltator similis*), Bicudo (*Oryzoborus maximiliani*), Canário-da-terra (*Sicalis flaveola*), Galo-da-campina (*Paroaria dominicana*), Tico-tico (*Zonotrichia capensis*), Pintassilgo (*Carduelis magellanicus*), Canário-belga (*Lininus canaria*), Pássaro-preto (*Gnorimopsar chopi*) e Sabiá (*Turdus* sp.).

Embora a identificação do sexo em aves possa ser realizada por meio de várias técnicas, como laparoscopia, dosagem de esteróides e cariotipagem, estas envolvem procedimentos muitas vezes extremamente invasivos, que causam grande nível de estresse nos animais, demandam treinamento técnico muito específico e nem sempre resultam em dados plenamente

confiáveis. A laparoscopia requer anestesia e o procedimento deve ser realizado por um cirurgião veterinário. Além disso, os animais necessitam de cuidados pós-operatórios. A sexagem por meio da análise de esteróides é demorada e os níveis hormonais são variáveis tanto em indivíduos adultos, pois são dependentes das condições reprodutivas dos animais, como em embriões em diferentes estágios de desenvolvimento. Procedimentos citogenéticos que visam a análise cariotípica demandam tempo e geralmente metáfases apropriadas são somente obtidas após várias tentativas (Griffiths *et al.*, 1998). Desta forma, a sexagem de aves por meio de análises de DNA, além de conferir um alto grau de confiabilidade ao resultado com precisão superior a 99%, possui outras vantagens em relação as demais técnicas, como o menor estresse, menores riscos de danos aos animais e possibilidade de ser aplicada em qualquer fase do desenvolvimento (Griffiths, 2000; Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Para cada um dos indivíduos analisados no presente trabalho, foi emitido um laudo de diagnóstico de sexagem molecular (Anexo I). Neste laudo, consta o nome científico e nome comum da espécie, tipo de amostra biológica para isolamento de DNA, nome do proprietário do animal (ou local em que o animal encontra-se alocado) e o resultado, ou seja, qual o sexo do animal. Além disso, este laudo também inclui informações de identificação da aves, como número de anilha. Os resultados obtidos apresentam alta confiabilidade, fator comprovado pela repetição da análise de sexagem de um mesmo indivíduo e pela utilização de amostras de DNA controle em PCR, para as quais já se tem o sexo previamente estabelecido.

Laudos de sexagem molecular de todas as espécies analisadas foram encaminhados ao Centro de Recepção, Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (CETAS) e ao CEMPAS, que mantiveram parceria com o Departamento de Genética do Instituto de Biociências da UNESP para realização do presente trabalho.

O IBAMA, por meio das Portarias 117 e 118, de 15 de outubro de 1997, que normatizam a criação em cativeiro de espécies nativas e a comercialização de animais vivos e abatidos e incentivam a criação legal de animais em criadouros conservacionistas (Allgayer & Cziulik, 2007). Os dados de sexagem molecular auxiliam esses locais que mantêm animais para programas de reprodução pois indicam, com alta confiabilidade, a identificação de machos e fêmeas. Além disso, o manejo das aves significa não apenas a condução da criação em si (acasalamento, postura, alimentação), mas também o manejo genético (seleção de casais visando a melhores resultados). Para tanto, há necessidade de se tomar o cuidado com a formação de futuros casais, pois a endogamia pode provocar a diminuição da heterozigose e, conseqüentemente, aumento da homozigose. Ao reduzir a heterozigose, pode-se favorecer a ocorrência de genes recessivos indesejáveis ou de efeitos deletérios. A perda da variabilidade

genética em populações pequenas tende a ocorrer aleatoriamente, causando mudanças nas frequências alélicas e genotípicas, fixando alguns alelos e eliminando outros, processo este denominado deriva genética. A maioria desses genes está relacionada com redução da fertilidade, aumento da mortalidade, aumento de doenças devido à diminuição da resistência e do vigor híbrido e aumento do valor genético adaptativo (Falconer, 1970; Pereira, 2004).

3.2 Perfis Genéticos de *Amazona aestiva*

Amostras de DNA de 5 indivíduos de *A. a. aestiva* e 3 exemplares de *A. a. Xathopterix*, oriundas do CEMPAS, foram submetidas à amplificação via PCR do segmento do gene mitocondrial COI, utilizando 3 conjuntos de *primers*, conforme descrito na Tabela 6. Para cada conjunto de *primer*, foram testados 4 tipos de temperaturas de anelamento, assim como diferentes quantidade de ciclos, como demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7: Testes feitos para os três conjuntos de *primers* utilizados no presente trabalho para amplificação de um segmento do gene mitocondrial COI. Conjunto de *primers* 1: LTyr/COIH7557; Conjunto de *primers* 2: BirdR1/CO178Ht; conjunto de *primers* 3: COIaRT/CO178Ht.

Teste	Temperatura	Tempo	Quantidade de Ciclos
1	95°C 95°C 68°C 72°C 72°C	1min 30 seg 30 seg 40 seg 15min	40
2	95°C 95°C 63°C 72°C 72°C	1min 30 seg 30 seg 40 seg 15min	40
3	95°C 95°C 53°C 72°C 72°C	1min 30 seg 30 seg 40 seg 15min	40
4	95°C 95°C 52°C 72°C 72°C	1min 30 seg 30 seg 40 seg 15min	35

Os resultados da PCR, visualizados em gel de agarose 1%, evidenciaram que o teste 4 resultou na amplificação de um fragmento de DNA de aproximadamente 506 pares de bases (Figura 11) para as 8 amostras das duas subespécies, utilizando tanto o conjunto de *primers* 1 (LTyr/COIH7557) como o conjunto de *primers* 3 (COIaRT/CO178Ht). O conjunto de *primers* 2 (BirdR1/CO178Ht) não gerou produtos de amplificação em nenhum dos testes realizados.

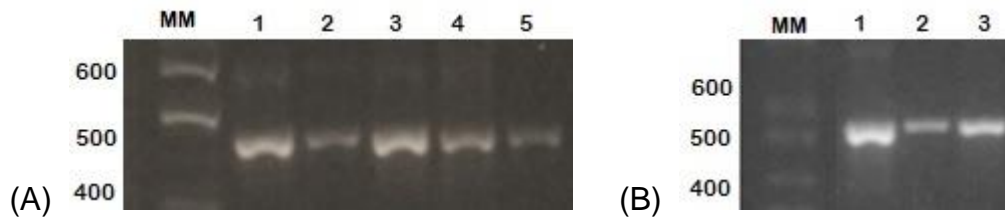


Figura 11: Géis de agarose evidenciando resultado de testes de amplificação realizados com diferentes conjuntos de *primers* para amplificação de um segmento do gene mitocondrial COI. (A) Amplificação de amostras de DNA de exemplares de *Amazona aestiva aestiva* (resultado positivo para o teste número 4 descrito na Tabela 7). (B) Amplificação de amostras de DNA de exemplares de *Amazona aestiva xanthopteryx* (resultado positivo para o teste número 4 descrito na Tabela 7). MM: marcador de peso molecular de 1Kb (indicações em pares de bases)

Resultados baseados em dados morfológicos podem gerar informações não significativas ou errôneas em casos de identificação de espécies ou subespécies. Por outro lado, diversos trabalhos têm demonstrado a eficácia do uso de sequências de DNA mitocondrial para diferenciar ordens, famílias, espécies ou subespécies animais (Hebert *et al.*, 2003; Rubinoff, 2006; Hajibabaei *et al.*, 2007; Valentini *et al.*, 2009; Galimberti *et al.*, 2013). Smith *et al.* (2005), em um estudo com formigas, discute a possibilidade de sequências do gene COI ajudarem a inferir limites entre as espécies, com o objetivo taxonômico. Em peixes teleósteos e cartilagosos, também empregou-se sequências do gene COI para a identificação de espécies de peixes de ordens diferentes (Ward, *et al.* 2005). Em aves, o DNA *barcoding* foi utilizado para identificação de 206 espécies norte-americanas, resultando em diferentes sequências entre as espécies, porém algumas apresentaram alta variação intra-específica (Hebert *et al.*, 2004). Outro estudo utilizando o DNA *barcode* foi descrito por Kerr *et al.* (2007), em que foi possível identificar 643 espécies de 27 ordens diferentes, distribuídas em 71 famílias e 286 gêneros, originárias dos Estados Unidos e do Canadá, totalizando 98% da avifauna neártica. Dessas espécies, 94% formaram clados reciprocamente monofiléticos e, para as que não foi possível a identificação, os autores propuseram que estas podem ter sofrido hibridação ou podem representar espécies crípticas.

Um estudo realizado com aves neotropicais sugeriu resultados diferentes daqueles obtidos

para aves norte-americanas, o que sugere que as aves neotropicais podem apresentar maior nível de diferenciação geográfica (Motiz & Cicero, 2004). Análises com DNA *barcode* em 16 espécies das 200 famílias *Thamnophilidae* (Ordem *Passeriformes*) evidenciaram sucesso na identificação de todas as amostras, embora estas tenham empregado pouco táxons, o que torna o estudo ainda preliminar (Vilança *et al.*, 2006). Desta forma, a ampliações de estudos em espécies diversas de aves podem gerar novas contribuições para verificar o potencial de segmentos de DNA mitocondrial serem utilizados como *barcodes* para correta identificação de táxons.

No presente estudo, os resultados do sequenciamento automático dos produtos de PCR para as 8 amostras das duas subespécies de *Amazona aestiva*, utilizando o conjunto de *primers* 1 (LTyr/COIH7557) e o conjunto de *primers* 3 (COIaRT/CO178Ht) não evidenciaram diferenças entre as sequências nucleotídicas (Figura 12). As sequências nucleotídicas obtidas foram comparadas com sequências depositadas em bancos de dados *Genbank* e, por meio de análises BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) no National Center for Biotechnology Information (NCBI), pôde-se confirmar um alto nível de identidade com sequências de DNA já descritas para *A. aestiva*. A composição média das bases nitrogenadas foi de 25,4%, Adenina (A), 25,8% Timina (T), 23,5% Citosina (C) e 24,6% Guanina (G).

(A) *Amazona aestiva aestiva*

ACACGTGGTAGCCTACCACGCAGGTAAGAAACCGTTTGGCTACATAGGCATGGTATGGGCCATACTGTCAATTGGATTCC
CTAGGGTTTATCGTATGGGCCACCACATATTCACAGTGGGAATAGACGTAGACACCCGAGCATACTTCAGTCTGCCACAAT
AATCATCGCCATTCTACTGGAATCAAAGTCTTCAGCTGACTCGCCACACTACACGGAGGGACCATCAAATGAGACCCCCCA
TACTATGAGCTCTGGGTTTATCTTCTATTTACCATTGGAGGTCTCACAGGAATCGTCTACTTCTACTAGACATTGCCCTA
CACGACACATACTATGTAGTAGCACATTTCCACTATGTCTATCAATAGGTGCGTCTTTGCCATTCTAGCCGGACTCACCCACT
GATCCCCCTATTACCGGATATACCCTAAACCAGTCTTGAGCCAAGGCCACTTCGGGGTCATATTACAGGCGT 498pb

(B) *Amazona aestiva xanthopteryx*

ACGTGGTAGCCTACCACGCAGGTAAGAAACCGTTTGGCTACATAGGCATGGTATGGGCCATACTGTCAATTGGATTCCA
GGGTTTATCGTATGGGCCACCACATATTCACAGTGGGAATAGACGTAGACACCCGAGCATACTTCAGTCTGCCACAATATC
ATCGCCATTCCACTGGAATCAAAGTCTTCAGCTGACTCGCCACACTACACGGAGGAACCATCAAATGAGACCCCCCATACT
ATGAGCTCTGGGTTTATCTTCTATTTACCATTGGAGGTCTCACAGGAATCGTCTAGCAAACCTTCTACTAGACATTGCCCT
ACACGACACATACTATGTAGTAGCACATTTCCACTATGTCTATCAATAGGTGCGTCTTTGCCATTCTAGCCGGACTCACCCA
CTGATCCCCCTATTACCGGATATACCCTAAACCAGTCTTGAGCCAAGGCCACTTCGGGGTCATATTACAGGCGT 498pb

Figura 12: Sequências nucleotídicas consenso relativas a um segmento de DNA próximo da região 5' do gene mitocondrial citocromo C oxidase subunidade I (COI). (A) *Amazona aestiva aestiva* (B) *Amazona aestiva xanthopteryx*.

Importante destacar que uma das críticas em relação ao DNA *barcode* associado a segmentos de DNA mitocondrial COI é se esse é capaz de identificar subespécies ou indivíduos de uma mesma espécie pertencentes a populações geograficamente isoladas. (Frézal & Leblois, 2008). Apesar de sua alta taxa evolutiva e, portanto, capacidade de discriminação de táxons,

alguns estudos têm demonstrado que esse marcador não tem sido eficiente na discriminação de espécies (Mortiz *et al.*, 2004; Song *et al.*, 2008).

Alternativamente, outras análises foram feitas visando a identificação genéticas das duas subespécies de *Amazona*, utilizando um segmento da região do gene citocromo b, com conjunto de *primers* descrito por Kocher *et al* (1989). Os resultados permitiram identificar 3 variações entre as bases nitrogenadas da região consenso das duas subespécies, como mostrado na Figura 13. A comparação das sequências nucleodíticas obtidas no presente trabalho com dados do NCBI, por intermédio da ferramenta BLAST, demonstraram 100% de identidade com a região do citocromo b de *Amazona aestiva* (Número de acesso: AY283469.1). A composição média das bases nitrogenadas foi de 25,7%, Adenina (A), 27,6% Timina (T), 20,8% Citosina (C) e 25,8% Guanina (G).

(A) *Amazona aestiva aestiva*

```
AG AAG GATGATTCCTGTGTTTCAGGTTTCTTTATACAGGTATGAGCCGTAGTAGAAGCCTCGGGCG
ATRTGCAGGTAGATGCAGATGAAGA---AGAGTGAG
GCTCCGTTTGCSTGAAGGTTGCGGATTAGTCAGCCGTACTGTACGTTCCGGC--
ATGTGTTAGCCACWGATGAGAAGGCTAGGGAGGTGTCTGCGGTGTAGTGTGCGGCTAGGAGTAAG
CCTGTTAGGATT YG-----
```

(B) *Amazona aestiva xanthopteryx*

```
AG GAT GATTCCTGTGTTTCAGGTTTCTTTATACAGGTATGAGCCGTAGTAGAAGCCTCGGGCGATAT
GCAGGTAGATGCAGATGAAGA---AGAGTGAG-
GCTCCGTTTGCSTGAAGGTTGCGGATTAGTCAGCCGTACTGTACGTTCCGGC--
ATGTGTTAGCCACAGATGAGAAGGCTAGGGAGGTGTCTGCGGTGTAGTGTGCGGCTAGGAGTAAG
CCTGTTAGGATTT GT-----
```

Figura 13: Sequências nucleotídicas consenso relativas a um segmento da região citocromo b. Estão destacadas, em amarelo, as bases nitrogenadas que diferem entre as sequências das duas subespécies. (A) *Amazona aestiva aestiva*; (B) *Amazona aestiva xanthopteryx*. Y indica T ou C.

Apesar da distância geográfica observada entre as duas subespécies de *Amazona*, já que estas encontram-se distribuídas em regiões distintas no Brasil (Figura 8), foi observada uma ausência de diferenças nucleotídicas ou uma diferenciação genética reduzida por meio da análise dos marcadores moleculares COI e Citocromo b, respectivamente. Outras subespécies de aves que apresentam distribuições geográficas distintas também apresentaram baixos níveis de diferenciação genética com o uso de marcadores mitocondriais, como *Amazona auropalliata* (Wright *et al.*, 2005). Caparroz *et al.* (2009) sugerem que a diferenciação fenotípica entre *A. a. aestiva* e *A. a. xanthopteryx* seja correlacionada a efeitos ambientais e que estas mantêm restrição de fluxo gênico. Dados similares foram encontrados também para a espécie de ave

passeriforme *Lanius ludovicianus* – comparações das variações de sequências da região do citocromo b em 5 populações que representam 4 subespécies, evidenciaram uma baixa variabilidade entre as subespécies. Embora tais diferenças tenham sido suficientes para a definição de 4 haplótipos distintos, as populações analisadas apresentaram baixos níveis de fluxo gênico (Mundy *et al.*, 1997).

As análises baseadas no marcador molecular DNAr 5S não geraram resultados informativos, visto que as sequências consenso obtidas não demonstraram diferenças entre as duas subespécies de *Amazona*. Adicionalmente, não foram identificados índices de similaridade significativos com sequências desse gene ribossomal de outras espécies de aves. Contudo, as sequências obtidas das duas subespécies de *Amazona* revelaram níveis de similaridade com segmentos de DNA de diversas espécies de aves - níveis de similaridade maiores foram observados em relação a sequências nucleotídicas, que variam de 113 a 159 pares de bases, de *Gallus gallus* (Galinha doméstica) (99% de identidade), *Anas platyrhynchos* (Pato-real) (99% de identidade), *Meleagris gallopavo* (Peru-selvagem) (93% de identidade) e *Ara ararauna* (Arara-canidé) (84% de identidade). O levantamento de dados realizado no *GenBank* indica que essas sequências ainda não foram correlacionadas a regiões específicas do genoma de tais espécies e, em aves, somente *Gallus gallus* apresenta o gene de DNAr 5S já caracterizado (Daniels & DelanY, 2003). Portanto, os segmentos de DNA isolados de *A. a. aestiva* e de *A. a. xanthopteryx* podem corresponder à primeira descrição de repetições de DNAr 5S em espécies não Galliformes.

Os genes de DNAr 5S encontram-se organizados em repetições em tandem no genoma dos eucariotos, sendo compostos por segmentos transcritos e regiões não transcritas (NTS, *Non-transcriber spacer*). Essa organização genômica reflete em alto polimorfismo nos segmentos NTS e assim, torna o DNAr 5S favoráveis para discriminação de espécies, subespécies e híbridos, como já bem caracterizado em peixes (Wasko *et al.*, 2001; Martins & Wasko, 2004). Embora em aves o uso de repetições do DNAr 5S não seja ainda comum como potencial marcador para discriminação de espécies ou subespécies. Rodriguez *et al.* (2001) geraram a partir de amostras de patê de fígado de gansos e patos, resultados para correta identificação das espécies. A discriminação entre as amostras foi possível por meio de eletroforese em gel de agarose para visualização de fragmentos de DNA de tamanhos distintos entre as espécies. Desta forma, a amplificação de análise de sequências de DNAr 5S pode ser um método rápido, fácil de executar e como alternativa promissora de marcador molecular com objetivo de identificação de espécies em aves.

Dado que não foram observadas diferenças entre as sequências de DNAr 5S isoladas

das duas subespécies de *Amazona aestiva*, novas análises, associadas à amplificação de outros segmentos desse gene e de seus espaçadores não transcritos, deverão ser realizadas.

(A) *Amazona aestiva aestiva*

GGTGTCCCCCAGGGATCGGTGTTGGGACCGGTCTTGTTCAACATCTTTGTGGGTGACATGGACAGT
GGGATTGAGTGCGCCCTCAGCAAGTTTGCCGATGACACCAAGCTGTGTGGTTCGGTTGATACATTG
GAGGGAAGGAATGCCATCCAGAGGGACCTTGACACGCTTGTGAGGTGGGCT

(B) *Amazona aestiva xanthopteryx*

GGTGTCCCCCAGGGATCGGTGTTGGGACCGGTCTTGTTCAACATCTTTGTGGGTGACATGGACAGT
GGGATTGAGTGCGCCCTCAGCAAGTTTGCCGATGACACCAAGCTGTGTGGTTCGGTTGATACRTTG
GAGGGAAGGAATGCCATCCAGAGGGACCTTGACACGCTTGTGAGGTGGGCT

Figura 14: Sequências nucleotídicas consenso relativas a um segmento do gene DNAr 5S.

Os resultados do presente trabalho mostram que, apesar da utilização de três distintos marcadores moleculares, foi possível identificar apenas uma pequena variação entre as sequências nucleotídicas do citocromo b de *A. a. aestiva* e *A.a. xanthopteryx*. A elevada taxa evolutiva geralmente apresentada por marcadores de DNA mitocondrial permite que estes sejam utilizadas em estudos de taxonomia, filogeografia, reconstrução de história demográfica e diversificação adaptativa (Waugh, 2007; Roe *et al.*, 2007; Leblois *et al.*, 2009). Embora os resultados em *A. aestiva* ainda sejam preliminares, a ampliação das análises em um maior número de exemplares de ambas subespécies poderá fornecer informações inéditas acerca da geração de *barcodings* específicos para sua identificação. Tais dados servirão de subsídio para correta identificação de exemplares de *Amazona aestiva* mantidos em cativeiro. A exemplo do que ocorre no CEMPAS e no Instituto Floravida, é comum que aves oriundas de tráfico e encaminhadas a centros conservacionistas não tenham registro de sua origem, fato que pode comprometer a elaboração de ações de reprodução em cativeiro e reintrodução em ambiente natural.

CAPÍTULO 3

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR:

Ciência Forense no combate ao tráfico de aves silvestres

1 INTRODUÇÃO

Diante das catástrofes naturais (*tsunamis*, terremotos, furacões, ciclones, tornados, entre outros) e das agressões desenfreadas ao meio ambiente, o homem traz consigo grande parte da responsabilidade desses desastres. Como a consciência ecológica está intimamente ligada à preservação do meio ambiente, os recursos naturais passaram a ser preocupação mundial e nenhum país pode eximir-se dessa responsabilidade, visto que a degradação ambiental ameaça o bem-estar da sociedade. Nesse contexto, a relação entre meio ambiente e educação assume um papel cada vez mais desafiador, pois é necessária a promoção de um enfoque interdisciplinar que resgate e construa novos saberes para aprendermos sobre processos sociais e riscos ambientais que se intensificam.

O artigo 225, §1º, VI da Constituição Federal, assegura a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e incumbe ao Poder Público promover a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino, assim como a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. Dessa maneira, ressalta-se que a Educação é um dos direitos fundamentais garantidos expressamente pela Constituição Federal de 1988.

A Educação se insere no Princípio fundador e formador do desenvolvimento dos indivíduos e da sociedade, portanto, é um Princípio fundamental que liga o indivíduo à sua espécie, à sociedade, à linguagem e à cultura. A educação não é um fim em si mesma; é instrumento chave para mudar valores, comportamentos e estilos de vida. Portanto, o desenvolvimento de atitudes racionais, responsáveis e solidárias entre os homens é um processo de aprendizagem longo e contínuo, visto que a correta interpretação do cenário ambiental ainda é manipulada por fatores políticos, econômicos e sociais (Linhares, 2010).

Na visão de Guimarães (1995), a Educação Ambiental pode ser conceituada como algo interdisciplinar, orientada para a resolução de problemas locais, transformadora de valores e atitudes por meio da construção de novos hábitos e conhecimento e criadora de uma nova ética, sensibilizadora e conscientizadora para as relações integradas ser humano/sociedade/natureza, objetivando o equilíbrio local e global, como forma de obtenção da melhoria da qualidade de todos os níveis de vida.

O artigo 1º da Lei 9.795/1999 define Educação Ambiental como: “Processo por meio dos quais os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do ambiente, bem como de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”. A educação ambiental deve estender-se a mudanças de valores para estimular maior integração entre os indivíduos e o meio

ambiente. A consciência ambiental é necessária para alcançar um futuro sustentável. Sendo assim, observa-se a importância de propor a educação ambiental em todos os níveis de ensino, com propostas pedagógicas centradas na conscientização e na mudança de comportamento. Promover a Educação Ambiental é, portanto, tarefa de todas as pessoas especialmente de profissionais que, de alguma forma, tenham atuação na área de educação ou pesquisa voltados para a preservação do meio ambiente. Os grandes desafios para os educadores ambientais são, de um lado, o resgate e o desenvolvimento de valores e comportamentos, tais como confiança, respeito mútuo, responsabilidade, compromisso, solidariedade e iniciativa, e de outro, o estímulo a uma visão global e crítica das questões ambientais e a promoção de um enfoque interdisciplinar que resgate e construa saberes (Linhares, 2010).

Para José Reis (2002):

Mais do que contar ao público os encantos e aspectos interessantes e revolucionários da ciência, a divulgação científica é a veiculação em termos simples da ciência como processo, dos princípios nela estabelecidos, das metodologias que emprega; revelando, sobretudo, a intensidade dos problemas sociais implícitos nessa atividade.

Um dos principais objetivos da pesquisa teórica em qualquer área do conhecimento é achar o ponto de vista a partir do qual o assunto se apresenta em sua maior simplicidade. Dessa forma, o entendimento da realidade da vida e a atuação de forma lúdica se tornam rica fonte de saberes para o desenvolvimento de pesquisas científicas que devem retornar de forma simplificada à sociedade. Escrever para todos, quando estudamos a natureza, os seres humanos ou a sociedade, exige vontade de representar o que imaginamos, entendemos ou acreditamos entender, com palavras e desenhos (Gibbs, 1990).

Para tanto, o presente trabalho teve como objetivo a elaboração de um material de divulgação científica sobre as Ciências Forenses e sua multidisciplinaridade, como forma de ação educativa em prol a conservação de espécies de aves, com ênfase em *Amazona aestiva* (papagaio-verdadeiro). A escolha dessa espécie como figura principal nesse material concerne aos dados de tráfico – *A. aestiva* representa uma das aves mais comumente traficadas no país – e também como apoio à campanha “O Ano do Papagaio”, desenvolvida em 2016 e integrada ao Plano de Ação Nacional dos Papagaios da Mata Atlântica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Uma das formas de perpetrar a divulgação científica é por meio da coleta de dados que servirão de base para um desenvolvimento mais adequado de um material educativo, visto que para a elaboração deste material são necessárias informações relevantes a respeito dos tópicos que irá englobar.

A aplicação de questionários configura-se como uma das formas de realizar este tipo de levantamento destinado a identificar realidades estruturadas e conceitos junto a um ou mais grupos populacionais. Os dados de questionários podem ser obtidos na forma de perguntas, feitas diretamente aos entrevistados, ou por meio de preenchimento pessoal (Gonçalves & Wasko, 2015).

Diante o exposto, o presente trabalho constou de uma pesquisa de campo, realizada em grupos amostrais por meio da aplicação de um questionário específico (Anexo II), de preenchimento pessoal, para coleta de dados sobre o nível de informação/compreensão de uma população universitária sobre os temas abordados no presente trabalho, visando a posterior elaboração de um material de divulgação científica. A utilização dos grupos amostrais teve como objetivo identificar conceitos prévios e caracterizar a qualidade e a quantidade de informações de alunos de graduação em Direito da Faculdade Itana de Botucatu (1º, 2º, 3º, 4º e 5º ano). Os temas abordados a partir da aplicação do questionário foram: Conhecimentos gerais sobre Ciência Forense, Conservação Biológica, Tráfico de Animais Silvestres e Direito Ambiental.

A elaboração do questionário levou em conta conceitos básicos a respeito dos temas subscritos, contendo também informações gerais de identificação individual (sexo, idade e ano de graduação) e oito questões de múltipla escolha em que, cada uma delas, poderiam ser marcadas uma única ou mais de uma alternativa. A solicitação de preenchimento dos mesmos foi feita pessoalmente, durante o período de aulas, no qual alguns docentes cederam alguns minutos iniciais de suas respectivas aulas para a aplicação. A escolha desta forma de levantamento de dados levou em consideração a rapidez e o grau de dificuldade do questionário, de fácil e rápido preenchimento e, portanto, não necessitando de intermediários. Os preenchimentos foram feitos durante o mês de setembro de 2016.

As respostas obtidas foram analisadas qualitativa e/ou quantitativamente, de forma comparativa entre os grupos amostrais. Os dados referentes às questões foram organizados e lançados em planilha Excel para geração de gráficos descritivos dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos dos questionários deram subsídios para a elaboração de um material informativo, visto que este teve o objetivo de suprir a carência de informações que a amostra populacional selecionada no presente trabalho demonstrou, fato levantado por intermédio dos dados estatísticos gerados.

Dentre os 330 alunos matriculados entre os 1º e 5º anos de graduação em Direito da Faculdade Itana de Botucatu, no ano de 2016, foram obtidos 253 questionários preenchidos. A variável qualitativa “sexo” presente no questionário demonstrou que, do total de questionários, 58,1 % foram preenchidos por estudantes do sexo feminino e 41,9% por estudantes do sexo masculino (Gráfico 5).

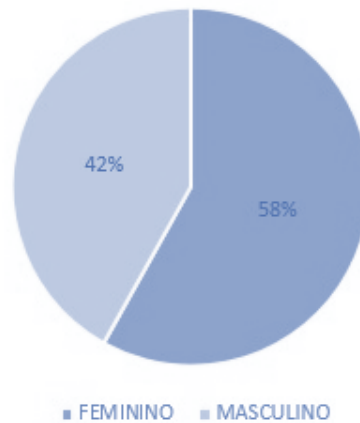


Gráfico 5: Proporção de respostas obtida do sexo masculino e feminino.

A média da idade das pessoas que responderam ao questionário foi analisada descritivamente através dos cálculos de desvio padrão, resultando em idade mínima de 17 anos, idade máxima de 59 anos, com média geral de 25 anos de idade.

A questão número 1 (“Sobre o papagaio, pode-se dizer que este é um animal_____.”), em que somente uma das alternativas fornecidas deveria ser assinalada, foi elaborada para verificar se havia conhecimento prévio acerca da diferenciação entre animal silvestre, animal de estimação, animal doméstico e animal exótico. Visto que a legislação brasileira, no Artigo 32 da Lei 9.605/98, prevê alcances diversos para crimes cometidos contra a fauna no que diz respeito a animais silvestres, domésticos, nativos ou exóticos, faz-se necessário diferenciar tais conceitos, devido à importância da correta sanção aplicada, assim como a tipificação do crime contra a fauna.

De acordo com o Artigo 29, §3º, da Lei 9.605/98, consideram-se silvestres “todos aqueles pertencentes às espécies nativas, migratórias e quaisquer outras, aquáticas ou terrestres, que tenham todo ou parte de seu ciclo de vida ocorrendo dentro dos limites do território brasileiro, ou águas jurisdicionais brasileiras”. Segundo Prado (1992), “domésticos, por sua vez, são os animais que convivem harmoniosamente com o homem, do qual geralmente dependem”. A WWF (*World Wide Fund for Nature*) – Brasil, em seu site oficial, também destaca: “Animal silvestre não é doméstico”.

Uma das espécies em estudo no presente trabalho, o papagaio-verdadeiro, ave constantemente explorada como já mencionado em capítulos anteriores, é o tipo de animal que pode ser confundido com animal doméstico, por apresentar características sociáveis com o ser humano. Entretanto é uma espécie silvestre que deve permanecer em seu *habitat* natural. Portanto, a alternativa esperada à questão 1 é: “animal silvestre”. Agrupando os dados estatísticos gerados, através do cálculo das frequências das respostas, 92,8% dos estudantes responderam a alternativa correta, demonstrando portanto conhecimento prévio acerca da diferenciação entre doméstico e silvestre.

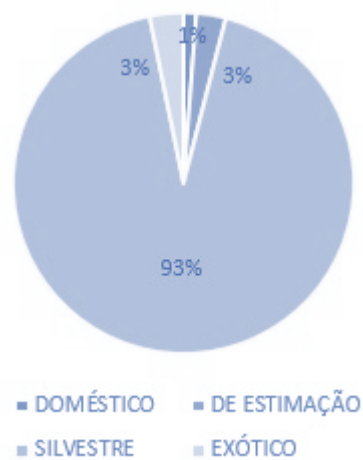


Gráfico 6: Frequência relativa das respostas para a questão 1 (“Sobre o papagaio, pode-se dizer que este é um animal_____.”).

A questão número 2 (“Você tem papagaio em sua residência?”) continha apenas duas alternativas: “sim” e “não”. A importância de dados estatísticos acerca dessa pergunta se dá pelo tamanho de casos que envolvem essa espécie no comércio ilegal. Tal prática é incentivada pela própria população que vê nas espécies de papagaio, especialmente *Amazona aestiva*, atributos para tê-las como animais de estimação. De acordo com a Lei 9.605/98, manter animais silvestres sem a devida autorização ou licença é crime. O Artigo 29, prevê: “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: Pena - detenção de seis meses a um ano, e multa.”

Apesar de exemplares de papagaio-verdadeiro configurarem uma das principais espécies de aves silvestres mantidas de forma ilegal em residências, as análises estatísticas referentes à questão 2 demonstraram que 99% dos alunos assinalaram a alternativa “não”.

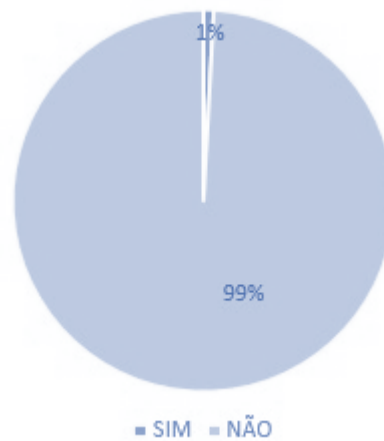


Gráfico 7: Frequência de respostas “sim” ou “não” à questão número 2 (“Você tem papagaio em sua residência?”).

A questão 3 (“Existem espécies de papagaios ameaçados de extinção no Brasil?”), também apresentou apenas duas alternativas de respostas “sim” e “não”. As análises estatísticas demonstram prévio conhecimento em relação a esta questão, visto que 99% dos alunos preencheram a alternativa “sim” - Gráfico 8.

No Brasil, apesar do papagaio-verdadeiro não se encontrar classificado em nenhuma das categorias de ameaça, existem 4 espécies do gênero *Amazona* que estão categorizadas pela IUCN como ameaçadas de extinção – *Amazona brasiliensis* (papagaio-de-cara-roxa), *A. rhodocorytha* (papagaio-chauá), *A. petrei* (papagaio-charão) e *A. vinacea* (papagaio-de-peito-roxo).

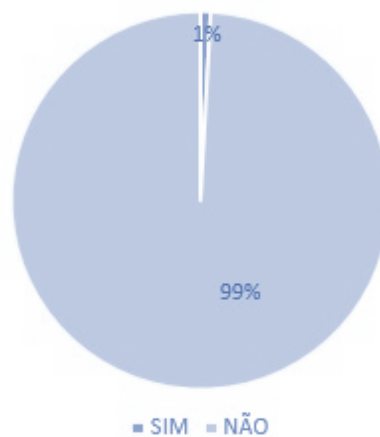


Gráfico 8: Frequência das respostas “sim” e “não” à questão número 3 (“Existem espécies de papagaios ameaçados de extinção no Brasil?”).

A análise dos resultados da questão 4 (“Em que posição de *ranking* o Tráfico de Animais Silvestres figura com uma das atividades ilícitas mais lucrativas do Brasil?”), em que uma única alternativa deveria ser assinalada, evidenciou-se que há pouco conhecimento prévio dos alunos sobre o impacto dessa atividade ilegal - apenas 33% dos alunos assinalaram a alternativa correta. O Gráfico 9 mostra as frequências de respostas dos alunos para essa questão e, apesar do baixo índice de acertos, foi possível verificar que aproximadamente 70% dos alunos assinalaram as alternativas: 1º lugar, 2º lugar ou 3º lugar, o que, de certa forma, pressupõe compreensão de que o tráfico de animais silvestres representa uma atividade ilegal lucrativa. Na verdade, o tráfico de animais silvestres no Brasil perde apenas para o tráfico de drogas e de armas, ficando o país em terceiro lugar no *ranking* mundial.

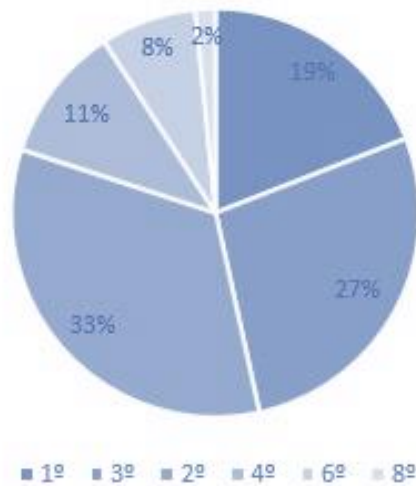


Gráfico 9: Frequência de respostas das alternativas da questão 4 (“Em que posição de *ranking* o Tráfico de Animais Silvestres figura com uma das atividades ilícitas mais lucrativas do Brasil?”). As alternativas eram: () 1º, () 3º, () 2º, () 4º, () 6º e () 8º lugar.

A questão 5 (“Manter animais silvestres em sua residência sem autorização do IBAMA configura crime ambiental?”) apresentou apenas duas alternativas: “sim” e “não”. As análises estatísticas dos questionários obtidos demonstraram alto nível de conhecimento em relação a esta questão - 99% dos alunos preencheram a alternativa afirmativa. Essa questão é importante para ressaltar que o elemento normativo do Artigo 29 da Lei 9.605/98 é exatamente a falta de devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente, o que tipifica tal ação um crime ambiental.

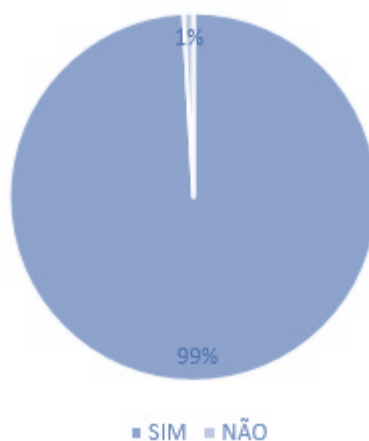


Gráfico 10: Frequência de preenchimento das alternativas “sim” e “não” à questão número 5 (“Manter animais silvestres em sua residência sem autorização do IBAMA configura crime ambiental?”).

A questão 6 (“Qual(ais) ciência(s)/atividade(s) pode(m) auxiliar a minimizar os problemas causados pelo Tráfico de Animais Silvestres?”), associada a diferentes alternativas em que somente uma ou mais de uma poderiam ser assinaladas, foi elaborada para verificar se havia conhecimento prévio acerca da extensão das áreas de conhecimentos que podem ser utilizadas para fornecer subsídios ao combate ao tráfico de animais silvestres. Todas as alternativas indicadas na questão (Educação Ambiental, Genética Forense, Biologia da Conservação e Direito Ambiental) representavam respostas corretas. Os dados estatísticos levantados demonstraram que as áreas da Biologia da Conservação e da Genética Forense são pouco conhecidas, pois 64% dos alunos não assinalaram tais alternativas para esta questão. Ou seja, estes não apresentam conhecimento da importância da interdisciplinaridade para combater esse crime ambiental, o que indica que tal tema necessita ser melhor divulgado aos profissionais da área de Direito.

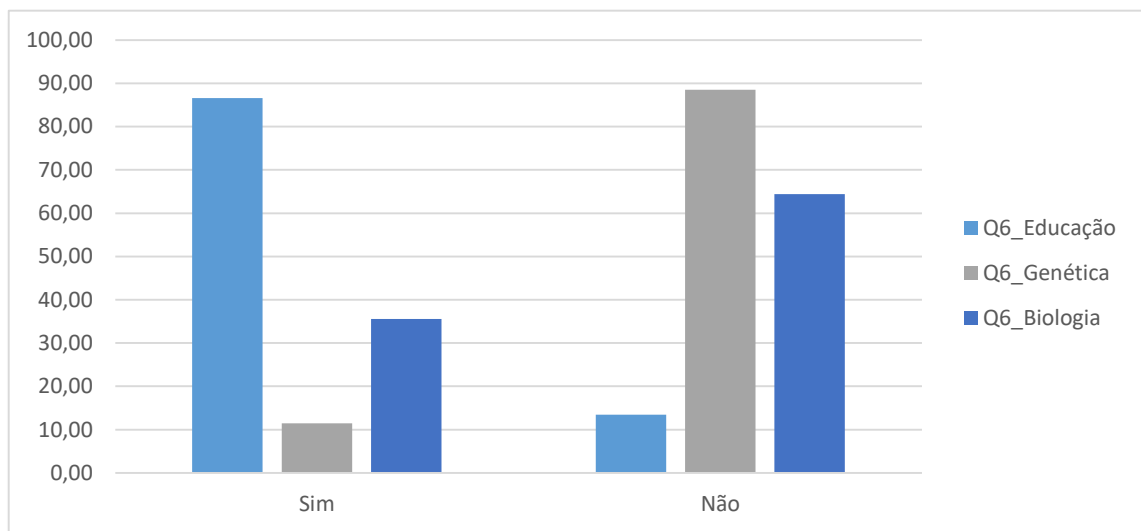


Gráfico 11: Frequências relativas das respostas às alternativas “Educação Ambiental”, “Genética Forense” e “Biologia da Conservação”, referentes à questão número 6 (“Qual(ais) ciência(s)/atividade(s) pode(m) auxiliar a minimizar os problemas causados pelo Tráfico de Animais Silvestres?”).

A questão 7 (“A Constituição Federal de 1988 prevê, em seu artigo 225, que a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado é dever de todos. Diante disso, o sujeito passivo da relação jurídica no caso de crimes contra a fauna é_____.”) foi elaborada para que somente uma das alternativas fosse assinalada, com o objetivo de avaliar o conhecimento de alunos do curso de graduação em Direito sobre aspectos jurídicos de Direito Ambiental Brasileiro.

A disciplina de Direito Ambiental representa uma matéria recentemente inserida nos currículos de graduação em Direito e, na Faculdade Itana de Botucatu, esta é lecionada somente no 5º ano. Segundo REIS (2005), o Direito Ambiental tem como base estudos complexos que envolvem várias ciências como biologia, antropologia, sistemas educacionais, ciências sociais, princípios de direito internacional entre outras, sendo fundamental que se tenha uma visão holística para o desenvolvimento de seu estudo, não se podendo ficar em conhecimentos fragmentados, sob pena de não conseguir atingir a finalidade principal que é a proteção do meio ambiente.

Os resultados estatísticos das respostas dadas à questão 7 demonstram que há confusão acerca do sujeito passivo da relação em crimes contra a fauna. A resposta correta - “Coletividade” - foi assinalada por apenas 52% dos alunos (Gráfico 12). Adquirir conhecimento sobre aspectos referentes a relação jurídica entre sujeitos de crime ambiental é extremamente importante para ações de tutela ambiental, já que traz consigo características de interesses difusos e coletivos.

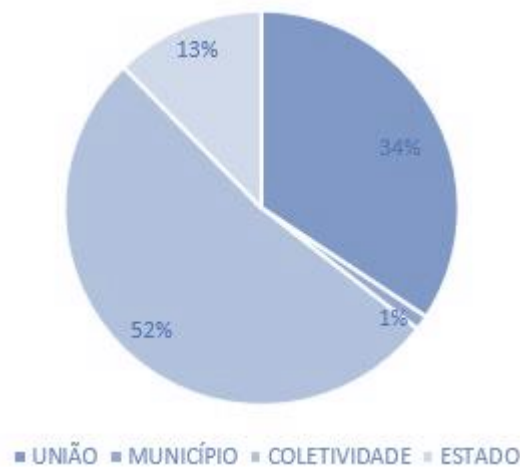


Gráfico 12: Frequência relativa de preenchimento das alternativas referentes à questão número 7 (“A Constituição Federal de 1988 prevê, em seu artigo 225, que a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado é dever de todos. Diante disso, o sujeito passivo da relação jurídica no caso de crimes contra a fauna é_____”).

Por fim, a questão 8 (“A Constituição Federal de 1988 prevê, em seu artigo 225, que ao Poder Público, incumbe-se proteger a fauna e a flora, sendo vedadas na forma da lei, práticas que coloquem em risco a função ecológica, provoquem extinção das espécies ou submetam animais a crueldade, garantindo assim aos animais o direito à vida, ao respeito e à dignidade. Diante disso, na sua opinião, qual é ou quais são a(s) melhor (res) solução (ões) para

conservação de espécies brasileiras?”) visou expor a opinião dos alunos a respeito de possíveis soluções para minimizar os efeitos de crimes ambientais.

As análises das respostas a esta questão demonstraram que, entre as diferentes alternativas fornecidas, as assinaladas com maior frequência foram “Campanhas educativas” (75%), “Maior fiscalização do Poder Público” (75%) e “Penas criminais mais severas” (60%).

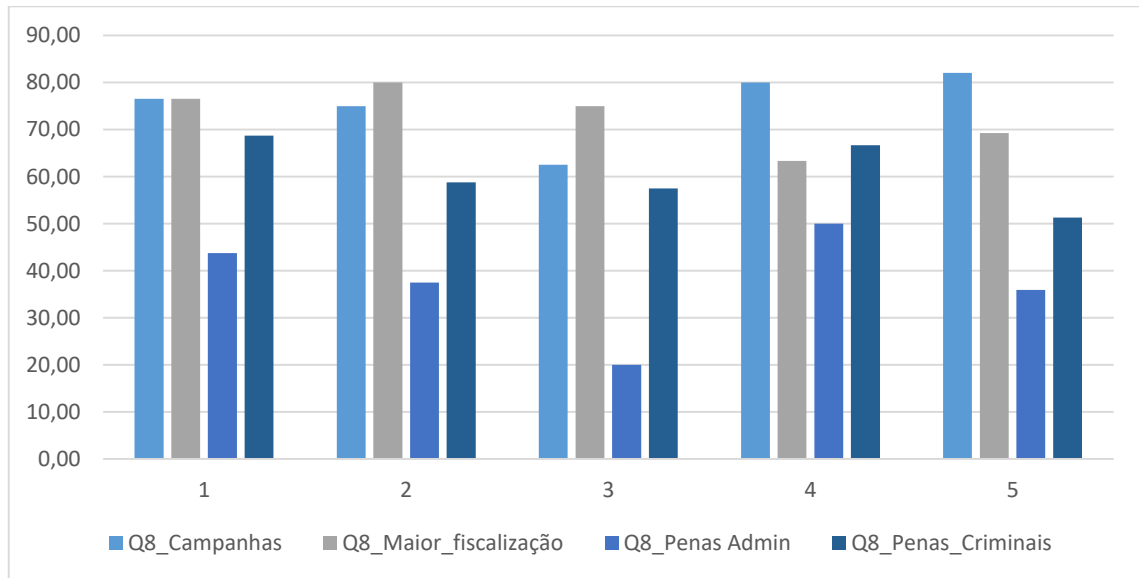


Gráfico 13: Frequência relativa das respostas às alternativas “Campanhas Educativas”, “Maior Fiscalização”, “Penas Administrativas mais severas” e “Penas criminais mais severas” referentes à questão número 8 (“A Constituição Federal de 1988 prevê, em seu artigo 225, que ao Poder Público, incumbe-se proteger a fauna e a flora, sendo vedadas na forma da lei, práticas que coloquem em risco a função ecológica, provoquem extinção das espécies ou submetam animais a crueldade, garantindo assim aos animais o direito à vida, ao respeito e à dignidade. Diante disso, na sua opinião, qual é ou quais são a(s) melhor (res) solução (ões) para conservação de espécies brasileiras?”).

O estudo estatístico dos questionários foi significativo para evidenciar que existem falhas acerca da compreensão dos princípios e aplicações das áreas forense, biologia da conservação e também direito ambiental. Entende-se que estes dados, embora tenham sido obtidos junto a uma amostra populacional específica, podem ser extrapolados para outros grupos populacionais.

Dessa forma, mostrou-se pertinente a elaboração de um material de divulgação científica com o objetivo de abordar temas de Ciências Forenses e sua interdisciplinaridade com as áreas de Biologia da Conservação e Jurídica. Este propósito foi inclusive salientado nas respostas dadas à questão 8 do questionário aplicado aos alunos do curso de Direito.

Portanto, um cartilha de divulgação científica foi elaborada, contendo uma linguagem direcionada ao público universitário, com ilustrações e textos explicativos sobre as áreas que podem englobar as Ciências Forenses e a importância da interdisciplinaridade entre a Biologia da Conservação, Genética Forense, Direito Ambiental e Educação Ambiental, com ênfase à espécie *Amazona aestiva* (Anexo III). Além da aprendizagem, a cartilha busca servir como um alerta contra o tráfico de animais silvestres, especialmente as aves.

Visando abranger uma comunidade mais ampla do que a amostrada no presente trabalho, a cartilha foi distribuída não somente para alunos e docentes da Faculdade Iteana de Botucatu, como também para universitários dos cursos de graduação do Instituto de Biociências da UNESP/ Botucatu. De forma ainda mais ampla, o material de divulgação científica elaborado pode tanto servir como instrumento de maior consciência social sobre a atividade científica, seu papel e importância para a sociedade, como pode ser um instrumento para a desmistificação da opinião pública sobre a ciência e o que vem sendo realizado junto a faculdades, universidades e centros de pesquisa.

CAPÍTULO 4

**CIÊNCIA E JUSTIÇA: MANUAL JURÍDICO PARA PROFISSIONAIS DAS ÁREAS DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

“Crimes contra a fauna”

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso contínuo dos recursos naturais vem ocasionando o esgotamento dos mesmos, causando modificações geoclimáticas, muitas vezes irreversíveis. A preservação do meio ambiente é um tema que desafia não só as autoridades que têm o dever de cumprir seu papel através de políticas públicas, mas também os profissionais operadores do direito e os das áreas de biológicas, como biólogos, médicos veterinários, agrônomos, gestores ambientais, entre outros.

A defesa do meio ambiente é dever de todos que o usufruem e não se pode negar a ligação e dependência do homem com a fauna e a flora. Portanto, agredir o meio ambiente significa atacar a si próprio e a toda humanidade. A proteção jurídica da fauna e da flora ocorreu, embora tardiamente, sob o marco jurídico da Constituição Federativa Brasileira de 1988, que reconheceu o valor da vida e a necessidade de preservação ambiental. A concepção de regras e normas que orientam a relação entre os homens e os animais fez-se necessária visando o bem-estar e a qualidade de vida do ser humano. A partir de então, ficou incumbido ao Poder Público e à coletividade o dever de proteção aos animais, assegurando a preservação do meio ambiente.

A Lei de Crimes Ambientais (Lei 9605/98) representa um grande avanço entre as normas nacionais, fazendo com o Brasil seja um dos países mais avançados em termos de condutas a serem aplicadas à tutela ambiental. Porém, grandes esforços ainda são necessários para que as sanções previstas sejam aplicadas severamente. Além disso, a consciência da população acerca desse tema também é restrita, sendo imprescindível esforços educacionais que visem o respeito para com o meio ambiente, além da importância da conservação de espécies.

Buscando o acesso simplificado acerca das leis previstas no ordenamento jurídico brasileiro, o presente texto, denominado “Manual Jurídico para Profissionais das Áreas de Ciências Biológicas”, aborda desde o contexto histórico até as normas vigentes acerca do Direito Ambiental Brasileiro, destacando os direitos dos animais através da Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98), suas aplicações e sanções, além de apresentar a importância da interdisciplinaridade e ferramentas genéticas que auxiliam em casos forenses. Este é direcionado a estudantes e profissionais das áreas biológicas e jurídicas que tenham interesse no tema, em uma linguagem simplificada, com objetivo de desmitificar a distância entre o universo jurídico e o das ciências biológicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente material foi elaborado com base em revisão de literatura associada a doutrinas jurídicas, legislações vigentes e artigos científicos. Seu conteúdo tem ênfase em crimes contra a fauna e este deverá ser publicado na forma de um livreto, caracterizado como um pequeno livro, com capa de papel e acabamento em grampos (Scortecci, 2007). A escolha de elaboração desse material baseou-se em seu propósito (ser utilizado como ferramenta de comunicação para informar conceitos específicos da área de Direito Ambiental) e em suas características (impresso gráfico com uma sequência de argumentos para ser utilizado como processo de comunicação de informação). Algumas informações aparecem, propositadamente, de forma repetida ao longo do corpo dessa tese e no livreto, para que possam ser acessadas por meio da leitura desse trabalho de doutorado e também por intermédio da leitura do material educativo.

3 RESULTADOS

O “Manual Jurídico para Profissionais das Áreas de Ciências Biológicas” (Figura 15) compreende os capítulos abaixo relacionados.

CAPÍTULO 1. Como surgiu o Direito Ambiental?

CAPÍTULO 2. Direitos dos animais

CAPÍTULO 3. Crimes contra a fauna: Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98)

CAPÍTULO 4. Tráfico de animais silvestres: um dos crimes ambientais mais cometidos no Brasil

CAPÍTULO 5. Interdisciplinaridade: Ciência e Justiça

CAPÍTULO 6. Biologia da Conservação: a Genética como ferramenta em prol das espécies

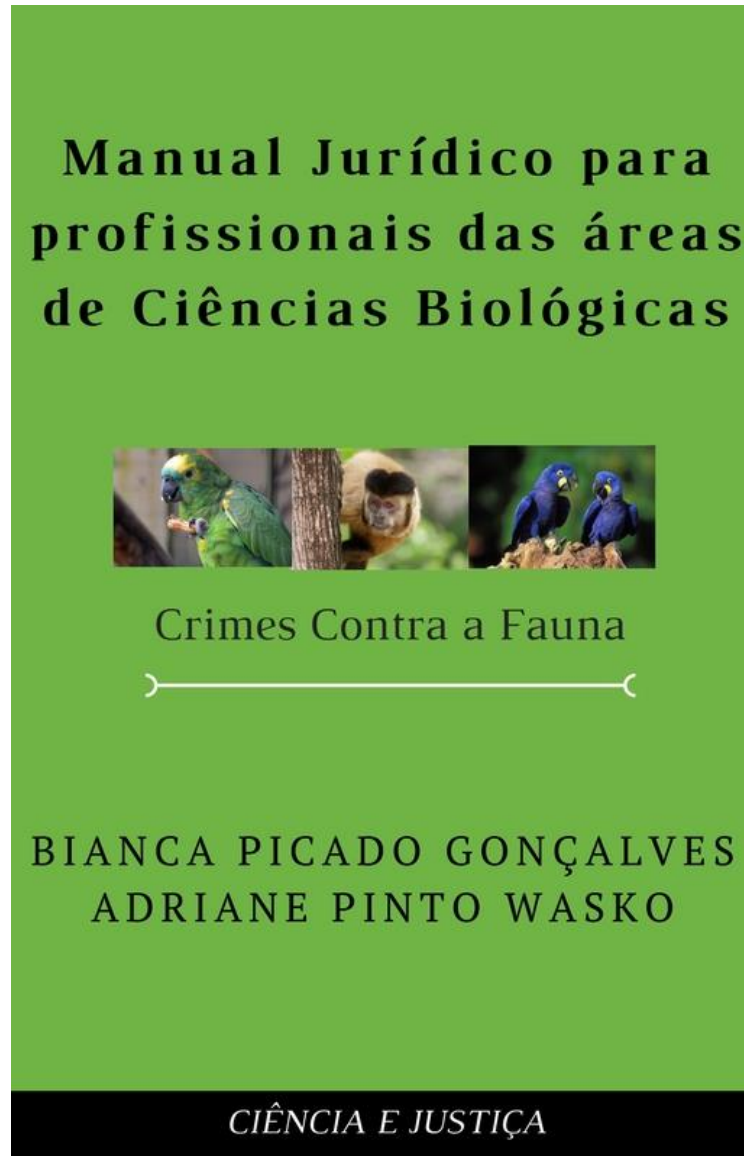


Figura 15: Capa do “Manual Jurídico para Profissionais das Áreas de Ciências Biológicas”, escrito com conteúdo da área jurídico-ambiental.

CAPÍTULO 1. Como surgiu o Direito Ambiental?

A exploração da fauna e da flora no Brasil iniciou-se no período da colonização. Devido à abundância de recursos naturais no país, imigrantes contrabandeavam espécies nativas, como o pau-brasil e a cana-de-açúcar, sem nenhuma fiscalização ou punição (Levai, 2004). Por muitos anos, as ações antrópicas causaram devastações de *habitats*, extinção de espécies, inserção da atividade do comércio irregular e exploração desenfreada dos recursos naturais, os quais acreditava-se que eram inesgotáveis.

Os interesses com o meio ambiente referiam-se apenas ao aspecto econômico; não havia preocupação com as consequências que toda essa exploração poderia gerar para a humanidade. O despertar para a proteção do meio ambiente teve início somente no século XIX, pois foi a partir da Segunda Guerra Mundial que a humanidade se deparou com duas grandes ameaças: o risco de poluição por radiação nuclear e o uso agrícola de pesticidas químicos sintéticos. A partir dessa época, a consciência da necessidade de preservação para se ter qualidade de vida começou a se tornar global (Sirvinskas, 2003).

Em 1972, a ONU (Organização das Nações Unidas) promoveu a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, evento que se tornou um marco na história da proteção ambiental. Essa conferência resultou na elaboração de 19 princípios que representaram um Manifesto Ambiental. Importante destacar que, em seu princípio 1º, já se fazia referência como direito fundamental o bem-estar e o dever de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras. A partir de então, surgiram trabalhos e programas internacionais em prol da proteção do meio ambiente, objetivando gestão ambiental, controle no uso dos recursos naturais, sustentabilidade, resolução de catástrofes ambientais, assim como maior atenção às alterações climáticas.

No Brasil, a Conferência de Estocolmo também fez despertar interesses e preocupações e, em 1981, foi promulgada a primeira legislação de proteção ambiental brasileira que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), definindo de forma avançada e inovadora os conceitos, princípios, objetivos e instrumentos para a defesa do meio ambiente, reconhecendo ainda a importância deste para a manutenção e qualidade da vida. Outro importante instrumento jurídico que nasceu no ano de 1985 foi a Ação Civil Pública (Lei nº 7.347/85), que dispõe sobre repressão da prática de atos lesivos ao meio ambiente, assim como a reparação dos danos causados pelo agente causador.

O marco histórico na legislação ambiental brasileira ocorreu a partir da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que destacou a proteção do meio ambiente como *status* constitucional, ou seja, como um direito fundamental, apresentando um capítulo dedicado inteiramente ao meio ambiente. A Constituição de 1988 foi, portanto, a primeira a tratar deliberadamente da questão ambiental, trazendo mecanismos para sua proteção e controle, sendo tratada por alguns como “Constituição Verde” (Silva, 1999). Nessa Constituição, o tema da preservação ambiental é tratado em diversos títulos e capítulos. Dentre estes, destaca-se o Título VIII, capítulo VI, art. 225, *caput*, que trata da Ordem Social, preceitua “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia

qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para às presentes e futuras gerações”.

Em 1992, a fim de reafirmar a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, no Rio de Janeiro ocorreu uma nova Conferência, chamada de “Agenda 21”, com o objetivo de estabelecer novas parcerias e cooperação entre países com projetos para a proteção do planeta e seu desenvolvimento sustentável. Na Agenda 21, os governos planejaram ações que afastassem o mundo do modelo insustentável de crescimento econômico e o direcionassem para atividades que protegessem e renovassem os recursos ambientais. As áreas de ação incluíam principalmente: proteger a atmosfera; combater o desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenir a poluição da água e do ar; deter a destruição das populações de peixes e promover uma gestão segura dos resíduos tóxicos.

No Brasil, ainda hoje a Constituição da República Federal de 1988 representa a maior colaboração para o combate à degradação do meio ambiente, pois seus dispositivos asseguram a cooperação do país com iniciativas internacionais. Esta, além de despertar uma nova consciência nacional de preservação e de preocupação em garantir uma boa qualidade de vida às futuras gerações, é responsável por gerar um novo ramo do Direito, o Direito Ambiental.

O Direito Ambiental, que surgiu para preservar todas as formas de vida, é um ramo recente na área jurídica, que busca disciplinar a relação entre o homem e o meio ambiente, por meio de normas e princípios para tutelar, ou seja, proteger o patrimônio de uso comum. Tem caráter inter e multidisciplinar, podendo ser aplicado nas áreas de Ciências Biológicas que têm como objetivo a conservação de espécies animais e vegetais.

CAPÍTULO 2. Direitos dos animais

Os direitos dos animais e sua origem associam-se a questões que divergem entre filósofos, cientistas e juristas desde os primórdios da humanidade até os tempos modernos, pois versa sobre a relação de superioridade que o homem exerce sobre todas as espécies vivas.

O primeiro reconhecimento de direitos dos animais ocorreu em 1822, na Inglaterra, por meio da criação da “sociedade de proteção animal” e, após esse ato, novas sociedades, regras e normas passaram a serem aprovadas entre os parlamentares, contra a crueldade com cavalos, gados e cães (Rodrigues, 2003). Outro marco na comunidade científica, associado aos direitos dos animais, foi a obra “*The Origin of Species*” (“A Origem das Espécies”) do naturalista britânico Charles Darwin que, em 1859, propôs evidências da evolução das espécies. Na época, teve sua obra extremamente criticada negativamente, pois esta revolucionava a crença

contemporânea sobre a criação da vida na Terra. No livro, Darwin defende duas teorias principais: a da evolução biológica, na qual todas as espécies de plantas e animais que vivem hoje descendem de formas mais primitivas, e a de que esta evolução ocorre por "seleção natural" (Ridley, 2006).

No Brasil, em 1886, na cidade de São Paulo, surgiu o primeiro dispositivo inserido no Código de Posturas, que visava coibir os maus-tratos aos animais submetidos a castigos bárbaros e imoderados, sob pena de multa. Contudo, somente após três décadas foi iniciada uma sistematização de normas de proteção aos animais no país, com a elaboração do Decreto nº 16.590 de 1924, que regulamentava a concessão de licenças para “corridas de touros, garraios, novilhos, brigas de galo e canário” (Levai, 2004). Posteriormente, em 1934, no governo provisório de Getúlio Vargas, foi expedido o Decreto nº 24.645, que garantia medidas protetivas aos animais, tanto na esfera civil, como penal. Esse documento, com força de lei, reforçou sua proteção jurídica por meio de vários dispositivos próprios, possibilitando direitos aos animais (Rodrigues, 2003). A Constituição Federal de 1988, como já mencionada no Capítulo 1, concedeu *status* constitucional ao meio ambiente, garantindo proteção à fauna e à flora. O artigo 225, §1º, inciso VII, reforça a proteção e proibição de atos de crueldade contra os animais, dispondo que: “incumbe ao Poder Público proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade”.

Outros diversos dispositivos foram criados em prol aos direitos dos animais, como a Lei de Proteção à Fauna (lei nº 5.197/67), que veio substituir o Código de Caça (lei nº 5.894/43), transformando a caça profissional em crime. A vivissecção de animais também foi regulamentada por meio da lei nº 6.638/79, assim como o funcionamento de jardins zoológicos (lei nº 7.173/83). E, com o objetivo de generalizar todos esses dispositivos dispersos em apenas um, foi criada a Lei de Crimes Ambientais (lei nº 9.605/98), que apresenta sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atos lesivos ao meio ambiente.

A Lei de Crimes Ambientais é uma das normativas vigentes mais importante, que garante o direito à vida dos animais, conferindo-lhes dignidade. A generalidade adotada pela Lei nº 9.605/98 é compatível com o amplo conceito de fauna, entendida como “o conjunto de espécies animais de um determinado país ou região”, sem fazer distinção, portanto, entre aves, répteis, mamíferos e outros grupos animais, considerando-os como “todos os seres vivos multicelulares, heterotróficos e dotados de movimento” (Levai, 2004). No capítulo seguinte, essa lei será caracterizada de forma mais detalhada, com ênfase nos crimes contra a fauna.

CAPÍTULO 3. Crimes contra a fauna: Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98)

A Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98) foi a primeira que, de forma efetiva, criminalizou as condutas nocivas ao meio ambiente. Além da proteção à fauna, a Lei de Crimes Ambientais também trata de infrações administrativas lesivas ao meio ambiente, impondo sanções administrativas e penais, gerando responsabilização ao agente infrator com aplicação de penas, as quais podem ser em forma de multa, prestação de serviço social e restritiva de liberdade. Essa lei tipifica os crimes contra a fauna em seu Capítulo V, Seção I, dos Artigos 29 ao 37. Para termos uma visão geral do conteúdo dessa lei, um breve resumo dos conteúdos dos capítulos é apresentado a seguir

Capítulo I – Disposições Gerais

Capítulo II – Aplicação das Penas

Capítulo III – Instrumentos e produtos do crimes

Capítulo IV – Ação e processo penal

Capítulo V – Crimes contra o Meio Ambiente

Capítulo VI – Infração administrativa

Capítulo VII – Cooperação internacional para preservação

Capítulo VIII – Disposições finais

O capítulo V, diretamente associado aos crimes contra o Meio Ambiente, apresenta cinco seções:

Seção I – Dos crimes contra a fauna

Seção II – Dos crimes contra a flora

Seção III – Da poluição e outros crimes ambientais

Seção IV – Dos crimes contra o ordenamento urbano e patrimônio cultural

Seção V – Dos crimes contra a administração ambiental

A fauna é tutelada pelo ordenamento jurídico brasileiro, não fazendo diferença entre os animais pertencentes às faunas silvestres, domésticas ou domesticadas. Entende-se por fauna silvestre os animais pertencentes às espécies nativas, migratórias, aquáticas ou terrestres, que tenham seu ciclo de vida ou parte dele ocorrendo nos limites do território brasileiro e suas águas jurisdicionais, como sagui, morcego, quati, onça, papagaio, arara, jibóia e jabuti. Já a fauna

doméstica diz respeito às espécies que passam a ter características com estreita dependência da espécie humana, como o cachorro e o gato, enquanto a fauna domesticada se compõe de animais silvestres que perderam seu lugar na natureza e passaram, a partir de processos tradicionais e sistematizados de manejo e melhoramento, a apresentar características biológicas e comportamentais em estreita dependência do homem, como vaca, porco, galinha e avestruz

Vejamos agora quais são as condutas que geram as sanções previstas na Lei de Crimes Ambientais nos casos associados a animais silvestres, domésticos ou domesticados. O Artigo 29 prevê como conduta criminosa “matar, perseguir, caçar, apanhar, utilizar espécimes da fauna silvestre, nativos ou em rota migratória, sem a devida permissão, licença, autorização da autoridade competente, ou em desacordo com a obtida”, sob pena de detenção de seis meses a um ano, e multa. Esse artigo, em seu parágrafo 1º, ainda adiciona outras condutas que incorrem nas mesmas penas: quem impede a procriação da fauna, quem modifica, danifica ou destrói ninho, abrigo ou criadouro natural, 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 ou sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente.

É também previsto nesse artigo a possibilidade de aumento de pena se o crime for praticado contra espécie rara ou considerada ameaçada de extinção, em período proibido à caça, durante o período noturno, em casos de abuso de licença, em unidade de conservação e/ou se forem utilizados métodos ou instrumentos capazes de provocar destruição em massa. Se o crime decorre do exercício de caça profissional, a pena também é aumentada. Porém, nesse caso, será até o triplo da pena. A introdução de espécime animal no Brasil, sem devida autorização técnica também é crime previsto no Artigo 31 da Lei de Crimes Ambientais, e implica na detenção de três meses a um ano/multa.

Outro tipo de crime contra a fauna é a exportação de peles e couros de anfíbios e répteis, sem a autorização da autoridade competente, previsto no Artigo 30. A pena desse crime possui uma diferença em relação à prevista no Artigo 29, pois o autor estará sujeito à **reclusão** de um a três anos/multa e não mais à **detenção**. Mas qual a diferença entre detenção e reclusão? A pena de detenção é aplicada para condenações mais leves e, em regra, não admite regime fechado, já a reclusão é aplicada às condenações mais severas, podendo ser em regime fechado, semi-aberto ou aberto. As duas representam formas de “penas privativas de liberdade”, mas não necessariamente o condenado ficará atrás das grades.

Por muito tempo, a defesa ao meio ambiente se resumiu a alegações de que apenas a fauna silvestre possuiria relevância ambiental, excetuando-se assim a defesa dos animais domésticos e domesticados. Porém, com o advento da Lei de Crimes Ambientais, a prática de ato abusivo, maus-tratos, mutilação e/ou ferimento aos animais domésticos ou domesticados, assim como em animais silvestres, passou a ser tipificada criminalmente, sob pena de detenção de três meses a um ano/multa, de acordo com o Artigo 32. É vedado nesse artigo também a vivissecação, ou seja, a realização de experimentos em animal vivo e todo o tipo de manipulação que pode gerar experiência dolorosa ao animal, mesmo que seja para fins didáticos ou científicos. Os agravantes de pena são possíveis no caso de utilização de métodos cruéis, com aumento de pena para casos de morte do animal.

A pesca, para os efeitos desta Lei, é considerada como todo ato tendente a retirar, extrair, coletar, apanhar, apreender ou capturar espécimes dos grupos dos peixes, crustáceos, moluscos e vegetais suscetíveis ou não de aproveitamento econômico, ressalvadas as espécies ameaçadas de extinção, constantes nas listas oficiais da fauna e da flora. Para tanto, fica proibido praticar esses atos em períodos e lugares interditados por órgão competente, incorrendo a pena de detenção de um a três anos/multa. Neste crime, também pode ocorrer agravante da pena de detenção para reclusão de um a cinco anos, em casos de utilização de explosivos ou substâncias que produzam efeito semelhante, uso de substâncias tóxicas ou outro meio proibido pela autoridade competente.

É importante ressaltar que, para a caracterização da existência ou não de todos esses crimes citados, é necessário observar primeiramente se há ou não autorização da autoridade competente ou licença para coleta, manejo, estudo científico ou qualquer outra atividade pois, de posse de tais documentos, tais condutas não são tipificadas como crime. Na ausência de autorização ou licenças específicas, as únicas condutas que são permitidas sem serem consideradas crimes são casos de abate do animal por estado de necessidade, para saciar a fome do agente ou de sua família, para proteger lavouras, pomares e rebanhos da ação predatória ou destruidora de animais, fatores previstos no Artigo 37.

Importante destacar ainda que a punição pode ser extinta se houver comprovação da recuperação do dano ambiental causado por meio da apresentação de laudo pericial. Nesse contexto, podemos levantar uma questão de extrema importância e que pode ser respondida por biólogos e demais profissionais da área ambiental: é possível a recuperação completa de um dano causado ao meio ambiente?

Mensurar um dano ambiental fica cada vez mais difícil frente às extensas alterações geradas por fatores antrópicos. Poluição, desmatamento, exploração clandestina de animais,

exploração de madeira, vazamentos de petróleo são alguns dos fatores que têm levado a um declínio substancial na fauna e flora terrestre e aquática. Só o ressarcimento através de multas basta em relação a tais danos?

Inúmeros casos de danos ambientais ocorrem em todo o mundo corriqueiramente. A título de curiosidade, podemos citar um caso ocorrido em 2015, associado ao rompimento da barragem de rejeitos da Samarco Mineradora, no Distrito de São Bento em Mariana (MG), o maior desastre ambiental já ocorrido no Brasil, devastando a cidade e causando danos irreparáveis. Diante de tal desastre, de quem é a responsabilidade das mortes, das perdas irreparáveis e de todo prejuízo desse desastre ambiental? Mais uma vez, indagaremos “só o ressarcimento basta?”, “como valorar tamanho dano ambiental?”, “existe recuperação ambiental diante desse caso desastroso?”, “a Samarco teria responsabilidade penal e administrativa?”, “o Governo de Minas teria sido negligente nas concessões de licenças ambientais?”. Abaixo, seguem algumas fotos desse desastre, retiradas do site g1globo, que nos permitem uma reflexão sobre tais questionamentos.



Figura 1: Imagens do desastre ocorrido em 2015 pelo rompimento da barragem de rejeitos da Samarco Mineradora, no Distrito de São Bento em Mariana (MG). Fonte: g1globo.

Ao analisarmos a lei nº 9.605/98, podemos observar que em todos os tipos penais (do Artigo 29 ao Artigo 37), o bem jurídico tutelado é a preservação do patrimônio natural, a União é a gestora desse bem e não proprietária. Nesses crimes, o sujeito ativo (agente que comete o crime) é qualquer pessoa física ou jurídica que não possua permissão, licença ou autorização da autoridade competente e o sujeito passivo (a vítima) é, por entendimento do Supremo Tribunal Federal, a coletividade.

Outro aspecto importante dessa Lei, é que, lamentavelmente, a legislação não tipificou um dos maiores crimes ambientais cometidos no Brasil e no mundo, que é o tráfico de animais silvestres. O autor de tal conduta concorrerá somente com as penas previstas nos Artigos 29 e 30 e, dependendo do caso, poderá incidir os agravantes, o que é pouco, visto que o Brasil é o grande fornecedor de espécimes em extinção ao mercado ilegal de animais silvestres, e não há punição severa prevista em lei. O tráfico de animais silvestres e sua dimensão são analisado com maiores detalhes no próximo capítulo.

Portanto, a Lei 9.605/98 é sim um marco histórico na defesa jurídica da fauna silvestre nacional, pois sistematizou a matéria e consolidou a inclusão dos animais como bem a ser protegido. Denota-se, contudo, a necessidade de aperfeiçoamento na aplicação das normas penais - a ineficácia dessas podem comprometer um direito das presentes e futuras gerações. A fiscalização ainda tem muito a melhorar e a sociedade deve cobrar providências mais severas diante do cenário de crueldade e maus-tratos cometidos indiscriminadamente contra os animais.

CAPÍTULO 4. Tráfico de animais silvestres: um dos crimes ambientais mais cometidos no Brasil

A perda de nossa biodiversidade, mensurada pelo rápido declínio de seus componentes (espécies, genes e ecossistemas) se deve em grande parcela pelo impacto que o tráfico de animais silvestres tem causado ao longo de décadas no Brasil. A classificação e o controle de espécie em risco de extinção confirmam o declínio da quantidade de indivíduos, especialmente daquelas espécies que atraem o interesse coletivo.

O vocábulo “tráfico”, devido ao tráfico de entorpecentes, nos remete a “negócio proibido”. Porém, originalmente o sentido de “tráfico” é de simples comércio, podendo ser regular ou não; mas as associações com as negociações de objetos ilícitos mudaram sua acepção, levantando a uma questão de redundância da expressão “tráfico ilegal” (Ferreira, 1988). No caso dos animais silvestres, desde 1998, foi mantida na legislação a possibilidade de

tráfico (ou comércio) legal de animais oriundos de criadouros comerciais autorizados, deixando a critério a utilização de “tráfico” e/ou “comércio” legal ou ilegal.

Esse crime ambiental repercutiu no Brasil em razão das estatísticas expressivas acerca da circulação ilegal de animais silvestres. No final da década de 1990, estimativas incluíram o Brasil como o responsável pela circulação anual de dez bilhões de dólares no mundo, o que corresponde de 10-15% de abastecimento mundial nessa atividade ilegal, sendo incluída como o terceiro maior comércio ilegal, perdendo apenas para o tráfico de drogas e armas (Renctas, 2002, Webb, 2001).

Apesar do surgimento de normativas, sanções penais e reconhecimento dos direitos dos animais, o tráfico de animais silvestres evoluiu ao longo das décadas, juntamente com a evolução da sociedade devido à facilidade de adquirir veículos automotores, favorecendo as divisões de tarefas em meio às condutas criminosas e até terceirização de transportes, para camuflar, e desviar-se de fiscalizações, com a intenção de lucro fácil. Os agentes da organização criminosa incluem os **caçadores ou apanhadores** (índios, caboclos, lavradores e ribeirinhos); **distribuidores** (barqueiros, pilotos de aviões, motoristas de ônibus e caminhoneiros) que encarregam-se do transporte do animal do local de origem até o local do próprio consumidor ou do comerciante; **comerciantes** (feirantes, donos de *pet shops*, criadores ilegais, criadouros, avicultores); e **consumidores** (criadouros, zoológicos, aquários, circos, laboratórios, turistas, colecionadores, população) (IBAMA, 2009).

O tráfico ilegal de animais no Brasil apresenta algumas características peculiares quanto à escolha das espécies a serem comercializadas, ao transporte dos exemplares e ao destino que estes têm ao chegar ao mercado. Basicamente, são quatro as modalidades do comércio ilegal no país: (1) animais para colecionadores particulares e zoológicos, o mais cruel dos tipos de tráfico da vida selvagem, pois prioriza principalmente as espécies mais ameaçadas; (2) animais para fins científicos (biopirataria), modalidade que abrange as espécies que fornecem substâncias químicas que servem como base para pesquisa e produção de medicamentos; (3) animais para *pet shops*, modalidade que mais incentiva o comércio ilegal, pois tem como consumidor final a população em geral; e (4) produtos de fauna usados para fabricar adornos, artesanatos, como couro, pele, penas, garras e presas (Giovanini, 1998).

O tráfico de animais é estruturado sobre uma rede formada por um emaranhado de rotas para o escoamento de animais no interior do país e também para fora deste. As rotas nacionais utilizadas por traficantes de animais indicam que são originários principalmente das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país e são encaminhados, principalmente, para os estados do Rio de Janeiro e São Paulo e também para outros países, como Estados Unidos, Alemanha,

Holanda, Bélgica, França, Inglaterra, Suíça, Bulgária, Arábia Saudita e Japão, onde são comercializados (Renctas, 2001). As rotas não são desordenadas, e sim seguem um padrão já estabelecido pela organização criminosa: seu caminho se inicia dentro do Brasil com pessoas desfavorecidas procedendo pelo trabalho de captura, passando pelos intermediários até chegar aos grande coletor que levará os animais para fora do país, rumo ao consumidor final, de forma clandestina, mediante fraudes, falsificações ou subornos (Hernandez, 2003).

Para a camuflagem e passagem despercebida pela fiscalização, os traficantes comumente utilizam técnicas cruéis como a sedação e o acondicionamento, especialmente de pássaros, em tubos fechados ou em garrafas do tipo *pet* no interior de malas e caixas (Redford, 1992). Ainda em relação às aves, é comum o transporte em pequenos espaços, sem água e sem alimento, pintar periquitos para serem vendidos como papagaios e até mesmo matar os pais para facilitar a captura dos filhotes (Toufexis, 1993). Como resultado dessa crueldade, muitos animais morrem antes mesmo de chegarem ao destino final. De acordo com RENCTAS (2001), de cada dez animais transportados clandestinamente, nove morrem antes do destino. Indaga-se com essa estatística: “Mesmo com quase 100% de mortes durante o transporte, ainda vale a pena para o traficante continuar com essa atividade ilegal?” E a resposta é “sim”! Pois, além de garantirem alta lucratividade, mesmo que seja com apenas um animal, não há efetivamente sanção severa para esse tipo de crime, causando um sentimento de impunidade ao traficante.

O principal alvo dos traficantes de animais são as aves, que correspondem a 80% das espécies apreendidas nas fiscalizações. Essa atividade ilegal no país movimenta em torno de R\$ 2,5 bilhões de reais. Dependendo da espécie da ave, o valor comercializado no mercado negro pode variar de R\$ 10,00 – pago aos caçadores – a US\$ 30 mil – valor pelo qual o animal acaba revendido, muitas vezes no exterior. A arara-azul-de-lear, ave típica do Nordeste, em extinção, pode chega a valer US\$150 mil no mercado internacional (RENCTAS, 2002)

Os impactos e consequências negativas do tráfico de animais silvestres são inúmeros. O relatório elaborado pela RENCTAS em 2002 indicou que tais impactos podem ser associados a três aspectos: sanitários, socioeconômicos e ecológicos. As consequências sanitárias são referentes ao fato de que nenhum animal comercializado é submetido a controle sanitário, podendo transmitir doenças graves, inclusive desconhecidas, para outros animais silvestres, criações domésticas e para o homem. A toxoplasmose e a psitacose representam algumas das zoonoses mais comumente transmitidas pelos psitacídeos. Primeiramente descrita em 1882 e associada a papagaios importados da Argentina, a psitacose se tornou conhecida como a febre do papagaio e se difundiu rapidamente em vários países Em 1929, a importação de papagaios do Brasil e da Argentina para os EUA e Europa gerou um surto mundial dessa doença. Em

1942, a incidência de psitacose tornou-se tão alta que a importação de psitacídeos foi proibida nos EUA. Uma outra doença, denominada de PPD (*Pacheco's Parrot Disease*), um herpes vírus de psitacídeo, foi primeiramente descrita em aves importadas do Brasil para os EUA em 1930 (Clubb, 1987). Uma outra consequência sanitária do tráfico de aves refere-se aos seres humanos - já são conhecidos mais de 180 tipos de doenças que podem ser transmitidas por animais silvestres (Bouer, 1998).

As consequências socioeconômicas estão ligadas ao fato de que o tráfico de animais gera perdas econômicas para o país, além de não contribuir com os cofres públicos, gerando prejuízos nas lavouras, já que muitos animais silvestres atuam no controle de pragas de modo muito mais eficiente que os métodos artificiais (Gliesch, 1993; Nogueira-Neto, 1973)

Outro aspecto social da relevância desse ato é o recrutamento de uma importante parcela da população rural brasileira para que participe de uma atividade ilegal, como forma de fonte econômica alternativa para complementar a renda familiar. Como já mencionado, esses são os coletores ou caçadores que, na maioria das vezes, não têm consciência de que estão contribuindo para a extinção de espécies (Gamba, 1998).

As consequências ecológicas podem ser associadas à retirada de uma espécie de seu *habitat* natural. Como as espécies possuem relações intra e interespecíficas e também como o meio físico-químico que as cercam, a retirada de indivíduos de um determinado ambiente altera o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas, gerando consequências para a perpetuação e sobrevivência de seus integrantes (Wilson, 1994; Norton, 1997).

Ao eliminar espécies, as interações se perdem dificultando prever quais as consequências nos ecossistemas. Essa eliminação de espécies não precisa ser total, basta que haja uma redução em sua abundância para que gere consequências ecológicas (RENCTAS, 2002). Por exemplo, a caça excessiva, em algumas regiões da Amazônia Central, levou ao declínio das populações de jacarés (*Caiman* sp), o que acarretou uma redução nas populações de espécies de invertebrados que se alimentavam dos excrementos desses animais. Consequentemente, houve uma redução das populações das espécies de peixes que se alimentavam desses invertebrados, levando à carência de alguns peixes que são valiosos recursos alimentares para a população local (Fitzgerald, 1989). Outra consequência ecológica de grande impacto refere-se à introdução de espécies exóticas, pois estas podem ocasionar um impacto negativo nas populações naturais da fauna silvestre, podendo se tornar invasivas, conquistar áreas muito maiores do que as previstas, suprimir a fauna nativa e transmitir novas doenças, sendo uma das principais causas de extinção das espécies (Hoover, 1999).

Diante das consequências que essa atividade ilegal pode gerar e dos levantamentos de dados relativos à retirada de animais da natureza - estimada em 38 milhões de espécimes por ano (RENCTAS, 2002) - o mundo tem despertado para a necessidade de preservação da fauna e repressão a esse tipo de delito. Iniciativas de caráter social, por intermédio de políticas públicas são essenciais para a busca de um novo cenário cultural e educacional para a conscientização de toda a coletividade, principalmente buscando coibir a compra e venda de animais para simplesmente satisfazer a cultura comum de manter animais silvestres em casa como se fossem animais de estimação.

CAPÍTULO 5. Interdisciplinaridade: Ciência e Justiça

Diante todo o exposto sobre a legislação vigente no nosso país associada ao Direito Ambiental, assim como à problemática do tráfico de animais silvestres, é nítido que a interdisciplinaridade pode ser uma solução para a minimização de muitos problemas e casos que envolvem crimes ambientais, pois conservar a biodiversidade implica ações conjuntas baseadas no conhecimento das normas e leis e nos conhecimentos técnicos e científicos de profissionais que atuam em diferentes áreas das ciências biológicas. Sem o conhecimento das leis não há sistematização e organização da sociedade e sem os conhecimentos técnicos e científicos não há o progresso em estudos diversos - como das áreas de ecologia, evolução, etologia e genética - necessários também para a manutenção das relações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente.

O desenvolvimento do conhecimento técnico e científico fornece instrumentos e ferramentas para elucidação e combate a crimes e, dessa correlação, nasceu uma ciência chamada de **Ciências Forenses**, que é interdisciplinar. Esta surgiu conforme o conhecimento científico e tecnológico passou a ser utilizado com a finalidade de análise de evidências de supostos crimes, auxiliando e dando suporte às investigações apuradas pela Justiça Civil e Criminal.

Para os crimes ambientais, essa prática não é diferente pois, a partir do momento em que uma denúncia ou uma fiscalização resultam na autuação do infrator pela Polícia Ambiental ou pelo IBAMA, imediatamente os animais apreendidos na ação policial necessitam ser alojados, alimentados e receberem cuidados médicos-veterinários, especialmente devido os maus tratos e ao estresse a que foram submetidos. Posteriormente, são incluídos em Centros de Manejo de Animais Silvestres (CEMAS), Centros de Recepção, Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (CETAS), Centros de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres

(CEMPAS) e Criadouros Científicos de Fauna Silvestre para fins de conservação, manejo, reintrodução ou soltura (Branco, 2008). Nestes centros, cada animal precisa ser registrado, com identificação da espécie e do sexo (quando possível) e com o máximo de informações adicionais, como local de captura, tempo de cativeiro, *habitat*, comportamento, características que permitirão não somente melhor gerenciar um plano de manejo como também subsidiar programas de combate a crimes contra a fauna.

Em casos de crimes contra a fauna, que geram um processo jurídico, é necessária a atuação, como auxiliares da justiça, de profissionais capacitados das áreas de ciências biológicas. O Poder Judiciário tem como um de seus princípios fundamentais a verdade real e, para isso, os auxiliares da justiça - chamados de peritos criminais - detêm os conhecimentos técnicos especializados, os quais o Magistrado (juiz) não possui. Tais conhecimentos podem subsidiar laudos em casos de verificação de maus-tratos, identificação de espécies animais, identificação do sexo, classificação e nomenclatura de animais, identificação da *causa mortis*, exames de necropsia, histopatológicos e genéticos, entre outros.

Diversos são os processos judiciais que necessitam de perícia, e, nesses casos, a justiça e a ciência entrelaçam laços na busca da verdade - a ciência com a representação da realidade digna de confiança por meio de metodologias e protocolos desenvolvidos cientificamente, e a justiça por sua própria finalidade, ser justa perante crimes nos quais nenhum responsável deve ficar impune. Adicionalmente, as Ciências Forenses, além de englobarem as perícias judiciais, podem também contribuir para o desenvolvimento científico em universidades e centros de pesquisa por meio do desenvolvimento de projetos de pesquisas científicas que gerem novos dados e subsídios para os próprios laboratórios da Polícia Científica em Institutos de Criminalística.

CAPÍTULO 6. Biologia da Conservação: A Genética como ferramenta em prol da conservação das espécies

A Biologia da Conservação é uma ciência multidisciplinar que foi desenvolvida em meados dos anos de 1980, para tratar de questões relativas à diversidade biológica. Busca discutir formas de minimizar as possíveis ameaças à diversidade biológica e de recuperar espécies que se encontram vulneráveis à extinção. Esforços no sentido de reverter ou minimizar os efeitos deste processo são ainda insuficientes e necessariamente devem envolver iniciativas integradas por campos diversos quanto economia, política, ciências sociais e muitas áreas das ciências biológicas (Soulé & Wilcox, 1980).

Inserida no contexto da Biologia da Conservação, encontra-se o campo da genética da conservação, atualmente bastante interligada com o campo da biologia molecular, genética de populações e evolução. Atualmente, estudos na área de Genética da Conservação baseiam-se principalmente em análises de segmentos de ácidos nucleicos por meio de marcadores moleculares e buscam a conservação da diversidade genética (Avice & Hamrick, 1996).

A Genética da Conservação, associada à área forense, pode solucionar efeitos de crimes ambientais por meio de análises do DNA, que possibilitam a identificação de espécies, subespécies, identificação do sexo (machos e fêmeas) em espécies que não apresentam dimorfismo externo, verificação do local de origem de animais traficados, determinação de paternidade e outros níveis de parentesco, identificação de filiação de espécimes comercializadas ilegalmente e identificação de espécimes de criadouros autorizados (Gonçalves, 2013). Tais análises permitem gerar dados confiáveis por meio de marcadores moleculares como o *DNA barcoding*, baseado em segmentos de DNA mitocondrial, microssatélites e SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*), e têm sido comumente utilizados em diagnósticos forenses (Helyar *et al.*, 2014; Kielpinski *et al.*, 2014).

A correta identificação de espécies oriundas do tráfico ilegal, após uma apreensão policial, por exemplo, é uma etapa importante para punir o infrator, visto que o § 4º, Artigo 29 da Lei de Crimes Ambientais prevê o agravante com o aumento de pena se o crime é praticado contra espécie rara ou considerada ameaçada de extinção (Vide Capítulo 2). De forma similar, a identificação de espécies associadas à sobreexploração, ação comumente observada em populações de peixes, também representa outro exemplo que pode ser correlacionado a essa lei. A Genética Forense tem sido utilizada em análises envolvendo tubarões, especialmente para identificação de espécies a partir de amostras biológicas como porções de carne e barbatanas. Diversas espécies de tubarão ameaçadas de extinção e encontradas nas zonas costeiras e oceânicas do Brasil são comercializadas ilegalmente, sob o nome genérico de “cação”. Em casos em que a pesca visa a venda de barbatanas, estas são cortadas e o animal é jogado de volta ao mar, fazendo com que a identificação morfológica não seja mais possível, sendo necessária a identificação por meio de análises moleculares para inferir sua correta identificação taxonômica (Fields *et al.*, 2015; Chuang *et al.*, 2016).

As aves representam o grupo de vertebrados que mais sofre com o tráfico de animais silvestres, especialmente os da família Psittacidae, que compreende os papagaios, periquitos e araras. Segundo a Lista Vermelha da *International Union for Conservation of Nature*, 101 das espécies de psitacídeos encontram-se ameaçadas de extinção (IUCN, 2017). A identificação taxonômica desses animais, em casos de comércio ilegal, tem sido realizada também por meio

da análise de DNA, especialmente de segmentos mitocondriais (DNA *barcoding*) (Herbet *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A constitucionalização da proteção do meio ambiente trouxe avanços éticos e jurídicos sobre essa temática - o direito à vida é um direito fundamental constitucional e este deve ser universal. Entretanto atualmente o grande desafio é a compreensão e a aplicação de suas normas, que muitas vezes são tidas como secundárias por grandes juristas, operadores do direito e pela própria população que ainda necessita melhor compreender que também tem o dever em tutelar o meio ambiente.

Portanto, os problemas correlacionados aos crimes ambientais no Brasil não são devidos à falta de legislação, visto que temos umas das mais avançadas do mundo, mas sim devidos ao não cumprimento das leis e à aplicação de penas não adequadas. A previsão de baixas penas, que permitem a “transação penal” ou a suspensão do processo, causam uma sensação de impunidade e grande reincidência dos criminosos, existindo portanto uma falha nas ações do Poder Judiciário, Ministério Público, agentes fiscalizadores e o restante da sociedade.

Apesar da relevância que o tráfico de animais silvestres tem no empobrecimento da biodiversidade, é recente o engajamento do governo na elaboração de políticas públicas que destaquem esse crime ambiental. Há ainda a necessidade que sejam criados instrumentos de fiscalização mais eficazes e que sejam aplicadas penas mais severas. Tal crime não pode ser considerado de menor potencial ofensivo, visto que estamos tratando de um bem tutelado pela Constituição Federal de 1988 que, em seu Artigo 225, o denomina de bem ambiental. A modificação das penas para trabalhos voluntários ou entrega de cestas básicas, por exemplo, sugere que o animal tem um “*status*” inferior perante os seres humanos, desvalorizando o direito à vida desses animais. A preservação da fauna brasileira não faz parte do equilíbrio ambiental e a sadia qualidade de vida?

Grandes esforços ainda são necessários para que o entendimento acerca do cenário ambiental atual seja valorizado e é nesse contexto que as Ciências Forenses, com seu caráter interdisciplinar, pode ser uma grande aliada para auxiliar em diversas questões que necessitam de conhecimentos técnicos científicos, na busca de soluções e resultados para determinados crimes contra o meio ambiente.

CONCLUSÕES

Capítulo 1: BANCO DE DADOS FORENSE: Uma ferramenta digital em prol da conservação biológica e da Justiça

- O banco de dados informatizado *Forensic Bird Base* (FBB) representa uma inovadora estratégia para o CEMPAS, por meio do armazenamento confiável de dados e registros de apreensões oriundas do tráfico ilegal de aves no interior do Estado de São Paulo.
- O FBB servirá também como meio de pesquisa científica, além de ser uma ferramenta adicional para uso em casos de processos judiciais envolvendo aves traficadas.
- As análises estatísticas acerca das aves encaminhadas ao CEMPAS mostraram-se úteis para compreender alguns aspectos associados ao tráfico desses animais, como: espécies alvo, Municípios recorrentes e destinação para soltura ou reintrodução das aves.

Capítulo 2: GENÉTICA FORENSE ANIMAL: Uma ferramenta molecular como auxiliar ambiental e jurídica

- A metodologia de sexagem molecular realizada, baseada na amplificação e análise de segmentos dos genes *CHD-Z* e *CHD-W*, permitiu gerar perfis genéticos sexo-específicos em diferentes espécies de aves e, portanto, identificar com segurança machos e fêmeas.
- Embora não tenham sido evidenciadas diferenças entre os segmentos analisados dos genes COI e DNAr5S de *Amazona aestiva aestiva* e *Amazona aestiva xanthopteryx*, o gene mitocondrial citocromo b (CYB) pode ser considerado como um potencial marcador molecular para diferenciar as duas subespécies.

Capítulo 3: MATERIAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR: Ciência Forense no combate ao tráfico de aves silvestres

- Os princípios e aplicações das áreas forense, biologia da conservação e também de direito ambiental ainda necessitam ser melhor compreendidos por futuros profissionais da área de Direito, tornando pertinente a elaboração de uma cartilha de divulgação científica direcionada ao público universitário.

Dada a importância de análises e ações multidisciplinares na área de Genética da Conservação associada à área Forense, os resultados e produtos gerados podem ser considerados de grande potencial para subsidiar programas conservacionistas de recuperação, manutenção e reprodução de aves em cativeiro e posterior soltura ou reintrodução destes animais e também para auxiliar estratégias de combate e diminuição dos efeitos do tráfico de aves silvestres no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALLGAYER, M.C, CZIULIK, M. Reprodução de psitacídeos em cativeiro. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 31: 344-350, 2007.
- ANCIÄES, M., NASSIF, D.L.S. Sex identification in pin-tailed manakins (*Ilicura militaris*: Pipridae) using the polymerase chain reaction and its application to behavioral studies. *Ornitologia Neotropical* 13: 159-165, 2002.
- AVISE, J., HAMRICK, J. Introduction: the scope of conservation genetics. In: *Conservation Genetics: Case Histories from Nature*. New York, USA, 1996.
- BACKER, C.S., PALUMBI, S.R. Which whales are hunted? A molecular genetic approach to monitoring whaling. *Science* 256: 1538-1539, 1994.
- BRANCO, M.A. Políticas públicas e serviços públicos de gestão e manejo da fauna silvestre nativa resgatada. Estudo de caso. Prefeitura da Cidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil, 2008.
- BODRATI, A.; COCKLE, K.; ARETA, J. I.; CAPUZZI, G.; FARIÑA, R. El Maracaná Lomo Rojo (*Primolius maracana*) en Argentina: ¿de plaga a la extinción en 50 años? *Hornero* 21(1): 37-43, 2006.
- BONACCORSO, Norma Sueli. Aplicação do exame de DNA na elucidação de crimes. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, 2005.
- BOUER, J. "Bichos colocam saúde em risco". *Jornal do comércio*, 06 de Dezembro, Recife, 1998.
- BLOUIN, M.S., PARSONS M., LACAILLEN V., LOTZ, S. Use of microsatellite loci to classify individuals by relatedness. *Molecular Ecology* 5: 393-401, 1996.
- BRANICKI, W., KUPIEC, T., PAWLOWSKI, R. Validation of cytochrome b sequence analysis as a method of species identification. *Journal of Forensic Science* 489: 83-87, 2003.
- BUDOWLE, B., ALLARD, M.W., Wilson M.R, Ranaji T.C. Forensics and mitochondrial DNA: Applications, Dabates and Foundations. *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 4: 119-141, 2003.
- CARVALHO, G., HAUSER, L. Advances in molecular analysis of fish population structure. *Italian Journal of Zoology* 65: 21-33, 1998.
- CBRO (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos). Disponível em <<http://www.ib.usp.br/cbro>> (acessado em julho de 2017).
- CHAPMAN, D.D.; ABERCROMBIE, D.L.; DOUADY, C.J.; PIKITCH, E.K.; STANHOPE, M.J.; SHIVJI, M.S. A streamlined, bi-organelle, multiplex PCR approach to species identification: Application to global conservation and trade monitoring of the great white shark, *Carcharodon carcharias*. *Conservation Genetics*, v.4, p.415-425, 2003.

CHUANG, P.S.; TZU-CHIAO, H.; HUNG-AN, C.; HUANG, C.K.; SHIA, J.C. The species and origin of shark fins in Taiwan's Fishing ports, market, and customs detention: a DNA barcoding analysis. *Plos One*, v.11, e.0147290, 2016.

CLEMENTS, J.F. The clements checklist of birds of the world. Cornell: Cornell University Press, 2014.

CLUBB, S.L. The pet bird industry - past, present and future. In: International Conference on Zoological and Avian Medicine. Hawaii, p. 233-242, 1987.

COLLAR, N.J. Family Psittacidae (Parrots). In: Handbook of the birds of the world, 1997.

DARRIEU, C.A. Taxonomia de las razas geográficas de *Forpus xanthopterygius* (AVES, PSITTACIDAE): Nuevos aportes. *Rev. La asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 14 (2): 115-124, 1983.

DIÉGUES JUNIOR, Manuel. Etnias e Culturas no Brasil. Rio de Janeiro, 1980.

DANIELS, L.M.; DELANY, M.E. Molecular and cytogenetic of the 5S ribosomal DNA array in chicken (*Gallus gallus*). *Chromosome research*, v.11, e:4, p. 305-317, 2003.

DOMINGUES, R.R.; AMORIM, A.F.; HILSDORF, A.W.S. Genetic identification of *Carcharhinus* sharks from the southwest Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) *Journal of Applied Ichthyology*, v.29, p.738-742, 2013.

EIZIRIK, E. Ecologia molecular, genética da conservação e o conceito de unidades evolutivamente significativas. *Revista Brasileira de Genética*. 19 (4) 23-29. 1996.

ELLEGREN, H., SHELDON, B.C. News tools for sex identification and the study of sex allocation in birds. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 255-259, 1997.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. Sistemas de Bancos de Dados. Pearson, 6a. edição em português, 2011.

FALCONER, D. S. Introducción a la genética cuantitativa. Mexico: Compañía Editorial Continental, 430p, 1970.

FARIA, L.P., CARRARA, L.A., RODRIGUES, M. Sexual size dimorphism in henna-capped folige-gleaner *Hylocryptus rectirostris* (Wied) (Aves, Furnariidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 12- 26, 2007.

FERREIRA, M.E., GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao Uso de Marcadores Moleculares em Genética. 3ª. ed. EMBRAPA-CENARGEM, Brasília, Brasil, 1998.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Minidicionário da Língua Portuguesa. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

FERREIRA, J.C.P.; FUJIHARA, C.J.; FRUHVALD, E.; TREVISOL, E.; DESTRO, F.C.; TEIXEIRA, C.R.; PANTOJA, J.C.; SCHMIDT, E.M.; PALME, R. Non-invasive measurement

of adrenocortical activity in blue-fronted parrots (*Amazona aestiva*, Linnaeus, 1758). Plos One, v.10,e01459092015,2015.

FIELDS, A.T.; ABERVROMBIR, D.L.; ENG, R.; FELDHEIM, K.; CHAPMAN, D. D. A novel mini DNA barcoding assay to identify processed fins from internationally protected shark species. Plos One, v. 10, e0114844, 2015.

FITZGERALD, S. International Wildlife Trade: Whose business is it? World Wildlife Foundation. Baltimore, USA, 1989.

FREZAL L., LIBLOIS, R. Four years of DNA barcoding: current advances and prospects. Inf. Gene.Evol., 8, 727-736.

FRIDOLFSSON, A.K., ELLEGREN, H. Molecular evolution of the avian CDH1 genes on the Z and W sex chromosomes. Genetics 155: 1903-1912, 2000.

FORSHAW, J. M. Parrots of the world, 1989.

GALIMBERTI, A.; DE MATTIA, F.; LOSA, A.; BRUNI, I. DNA barcoding as a new tool for food traceability. Food Research, Elsevier, 2013.

GAMBA. Caça e Tráfico de Animais Silvestres na Bahia; a ilegalidade explícita e desmoralizante. Resultado da pesquisa realizada pelo Grupo Ambientalista da Bahia, Salvador, 1998.

GIBBS, J. W. The geometry of biological time. Berlin: Springer-Verlag, 1990.

GIOVANINI D. Diagnóstico del comercio ilegal de la fauna brasileña. In: Actitudes hacia la fauna en Latinoamérica. Human Society Press, Washington, USA, 1998.

GLIESCH, R. "Animais úteis ao homem". Revista da Universidade Técnica do Rio Grande do Sul, v. XVIII nº 3: p. 101-126, 1993.

GOODWIN, W., LINACRE, A., HADI, S. An introduction to forensic genetics. England, 2007.

GONÇALVES, B. P. Sexagem molecular em aves: contribuição à conservação biológica e à divulgação científica. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2013.

GONÇALVES, B.P.; TSUNEMI, M.H.; WASKO, A.P. Aplicação e análise de questionário como forma de levantamento de dados sobre conservação biológica para subsídio à elaboração de material educativo. In: Congresso Brasileiro de Educação, 2015.

GONÇALVES, P.F.M.; OLIVEIRA-MARQUES, A.E.; MATSUMOTO, T.E.; MIYAKI, C.Y. DNA barcoding identifies illegal parrot trade. Journal of Heredity, v. 106, p.560-564, 2015.

GRIFFITHS, A.J.F., MILLER, J.H., SUZUKI, D.T., LEWONTIN, R.C., GELBARTH, W.M. Introdução à Genética. 7ª. ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

GRIFFITHS, R. Sex identification in birds. Seminars on Avian and Exotic Pet Medicine 9: 14-26, 2000.

GRIFFITHS, R., DAAN, S., DUKSTRA, C. Sex identification in birds using two genes. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 263: 1251-1256, 1996.

GRIFFITHS, R., DOUBLE, M.C., ORR, K., DAWSON, R.J.G. A DNA test to sex most birds. *Molecular Ecology* 7: 1071-1075, 1998.

GRODZICKER, T., WILLIAMS, J., SHARP, P., SAMBROOK, J. Physical mapping of temperature sensitive mutations. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 39: 439-446, 1974.

GUIMARÃES, M. A dimensão ambiental na educação. Campinas (SP): Papirus, 1995.

HAJIBABAEI, M.; SINGER, G.A.C.; HEBERT, P.D.N.; HICKEY, D.A. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Rev.Genetics*, 2007.

HALL, T. BioEdit computer program, version 7.0.9, 1999. Disponível em: (<http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html>).

HEBERT P.O.N., CYWINSKA A., BALL S.L., WAARD J.R. Biological identification through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London* 270: 313-321, 2003.

HEBERT, P,D,N.; PENTON, E.H.; BURNS, J.M.; JANZEN, D.H.; HALLWACHS, W. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*, v.101,p.14812-14817, 2004.

HELYAR, S.J.; LLOYD, H.A.; BRUYN, M.; LEAKE, J.; BENNETT, N.; CARVALHO, G.R. Fish product mislabeling: failings of traceability in the production chain and implications for illegal, unreported and unregulated (IUU) fishing. *Plos one*, v.9, e98691, 2014.

HERNANDEZ, E.F.T. Os animais e a questão ambiental: legislação e tráfico. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, 2003.

HOSS M., KOHN, M., PAABO, S. Excrement analysis by PCR. *Nature* 359: 199, 1992.

HOOVER, C. Amazon tree boas to Zululand dwarf Chameleons: The US role in the international live reptile trade. *Traffic Bulletin*: vol. 17, n°. 3, 1999.

HSIEH H.M., HUAN G.L.H., TSAI L.C., KUO Y.C., MENG H.H., LINACRE A., LEE J.C. Species identification of rhinoceros horns using the cytochrome b gene. *Forensic Science International* 136: 1-11, 2003.

IBAMA. Programa de combate ao tráfico de animais silvestres no Brasil. IBAMA, Brasília, 1995.

IBAMA - Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Quantitativo de espécimes recebidos nos Núcleos de Fauna e Cetas em 2002. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/fauna/trafico/downloads/dados_2002>, 2002.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção. Instrução Normativa nº 3, de 27 de maio de 2003. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil, 2003.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção. Relatório de atividades das ASM - Áreas de Soltura e Monitoramento de Animais Silvestres, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2001. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>

IUCN - International Union for Conservation of Nature. Diretrizes para a reintrodução. 41º Encontro, Suíça, 1995.

IUCN - International Union for Conservation of Nature. Red list of threatened species. Disponível em <<http://www.redlist.org>> (acessado em julho de 2017).

JUPIARA, A., ANDERSON, C. Rio é o centro internacional de traficantes de animais. O Globo, 21 de julho, Rio de Janeiro, 1991.

KERR, K. C. R., STOECKLE, M. Y., DOVE, C. J., WEIGT, L. A., FRANCIS, C. F., HEBERT, P. D. N. Comprehensive DNA barcode coverage of North American birds. Mol. Ecol. Notes, 7, 535-543, 2007.

KIELPINSKI, M.; KEMPTER, J.; PANICZ, R.; KESZKA, S. Genetic identifiability of selected populations of Indian mackerel, *Rastrelliger kanagurta* (Actinopterygii: Perciformes: Scomombridae). Acta Ichthyological et Piscatoria, v.44.,p.145-152, 2014.

KLEMMANN-JUNIOR, L.; SCHERER, P.; MONTEIRO, T.M.; RAMOS, F.M.; DE ALMEIDA, R. Mapeamento da distribuição e conservação do chauá (*Amazona rhodocorytha*) no estado do Espírito Santo, Brasil. Ornitologia Neotropical 19: 183-196, 2008.

KRUSKAL, W.H., WALLIS, W.A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47: 583-621, 1952.

LACAVA, U. Tráfico de Animais Silvestres no Brasil: Um Diagnóstico Preliminar. WWF, Brasília, Brasil, 2000.

LEBLOIS, R.; VEUILLE, M.; LAREDO, C. DNA barcode analysis: a comparison of phylogenetic and statistical classification methods. Bioinformatics.biomedcentral, v.10, 2009.

LEVAI, Fernando Laerte. O Direito dos Animais. 2. ed. Campos do Jordão: Mantiqueira, 2004.

LEWINSOHN, T.M., PRADO, P.I. Quantas espécies há no Brasil? Megadiversidade v.1, n.1, 2005.

LITT, M., LUTY, J.A. A hypervariable microsatellite revealed by in vitro amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. *American Journal of Human Genetics* 44: 397-401, 1989.

LOPES, J.C. O Tráfico de animais silvestres no Brasil, 2006.

LONGATTO, J.A.; SEIXAS, G.H.F. Experiências de fiscalização do tráfico de animais silvestres em Mato Grosso do Sul. *Natureza e Conservação*, 5, 1, 26-34, 2004.

LARANJEIRAS, T.O. Biology and population size of the Golden Parakeet (*Guaruba guarouba*) in western Pará, Brazil, with recommendations for conservation. *Revista Brasileira de Ornitologia* 19(3): 303–314, 2011.

MARINI, M.A., GARCIA, F.I. Conservação de aves no Brasil. *Megadiversidade* 1: 95-102, 2005.

MITROSZEWSKI, A.; ARZUA, M.; SCHERER-NETO, P. Levantamento preliminar de aves em área adjacente ao Parque Estadual das Lauráceas, Vale do Ribeira, Paraná. *Resumos do XII Congresso Brasileiro de Ornitologia*: 304, 2004.

MITTERMEIER, R.A, PADUA, M.T.J., BLANCK, J. Conservation in the Pantanal of Brazil. *Oryx* 24: 103-112, 1990.

MITTERMEIER, R.A. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. CEMEX, Agrupación Serra Madre, S.C., Mexico, 1997.

MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., BROOKS, J.D., PILGRIM, W.R., KONSTANT, G.A.B., FONSECA, A., KORMOS, C. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Science* 100: 10309-10313, 2003.

MIYAKI C.Y., GRIFFITHS R., ORR K., NAHUM L.A., PEREIRA S.L., WAJNTAL A. Sex identification of parrots, toucans, and curassows by PCR: perspectives for wild and captive populations studies. *Zoo Biology* 17: 415-423, 1998.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos sulinos. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil, 2000.

MORTIZ C., CICERO, C. DNA barcoding promise and pitfalls. *Plos Biol.*, 2, 1529-1531, 2004.

MULLIS, K. FALOONA, S., SAIKI, G., ERLICH H. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 51: 263- 273, 1986.

NOGUEIRA-NETO, P. A criação de animais indígenas vertebrados. Edições Tecnapis, São Paulo, p. 327, 1973.

NORTON, B. Mercadoria, comodidade e moralismo: os limites da quantificação na avaliação da biodiversidade. In: WILSON, Edward O. *Diversidade da vida*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, P. 660, 1997.

OLMOS, F. Birds of Serra da Capivara National Park in the "caatinga" of north-eastern Brazil. *Bird Conservation International* 3: 21-36, 1993.

PASCALI V.L., BISOL G.D., DOBOSZ M., D' ALOJA E., PAONESSA G., MEREU U. Chimpanzee DNA profiles on trial. *Nature*, 367, p. 692-693, 1994.

PAULI, J.N., WHITEMAN, J.P., RILEY, M.D., MIDDLETON, A.D. Defining noninvasive approaches for sampling of vertebrates. *Conservation Biology* 24: 349-352, 1999.

PEREIRA, J.C.C. Melhoria genética aplicada à produção animal: aplicação da Biotecnologia Reprodutiva no Melhoramento Animal. 4.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, p.195- 221, 2004.

PIACENTINI. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Rev. Bras. de Ornitologia*, 23(2): 91-298, 2015.

PIERCE, S.K., MASSEY, S.E., CURTIS, N.E., SMITH, G.N, OLAVARRIA, C., MACEGEL, T.K. Microscopic biochemical and molecular characteristics of the chilean bood and comparison with the remains of other sea monsters; nothing but whales. *The Biological Bulletin* 206: 125-133, 2004.

POUGH, F.H., HARVEY, A. A vida dos vertebrados. 2ª. ed., Editora Atheneu, São Paulo, SP, Brasil, 1999.

PRADO, Luiz Regis. Direito penal ambiental. São Paulo, Revista dos Tribunais, 1992.

PRIMACK, R.B., RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. Londrina, PR, Brasil, 2001.

REDFORD, K. H. The empty forest. *Bioscience* 42: 6, 1992.

REGUEIRA, R. F. S; BERNARD, E. Wildlife sinks: Quantifying the impact of illegal bird trade in street markets in Brazil. *Biological conservation*. vol. 149, issue 1, pg 16-22, 2012.

REIS, J. *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 2002.

_____ O ordenamento jurídico ambiental. *Verbo Jurídico*, 2005.

RENTAS - Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres - 1º. Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre. Brasília, Brasil, 2002.

RIDLEY, M. *Evolução*. 3. Ed., Porto Alegre, Artmed, 2006.

RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação: ciência da crise*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 23, n. 2, p. 261-272, jul./dez. 2002.

RODRIGUEZ, M. A., GARCIA, T., GONZALEZ, I., ASENSIO, L., FERNANDEZ, A., LOBO, E., PABLO E. HERNANDEZ, MARTIN., R. Identification of Goose (*Anser anser*) and

Mule Duck (*Anas platyrhynchos* x *Cairina moschata*) Foie Gras by Multiplex Polymerase Chain Reaction Amplification of the 5S rDNA. *GeneAgric. Food Chem*, Vol. 49, No. 6, 2001.

ROE, D.E.; SPERLING, F.A.H. Patterns of evolution of mitochondrial cytochrome *c* oxidase I and II DNA and implications for DNA barcoding. *Molecular phylogenetics and evolution* – Elsevier, 2007.

RUBINOOF, D. Utility of mitochondrial DNA barcode in species conservation. *Conservation Biology* 4: 1026-1033, 2006.

RUSSELEO M.A., AMATO, G. Application of a noninvasive, PCR-based test for sex identification in an endangered parrot, *Amazona guildingui*. *Zoo Biology* 20: 41-45, 2001.

SAMBROOK, J., RUSSEL, D.W. *Molecular cloning: a laboratory manual*. CSHL Press, New York, USA, 2001.

SEIXAS, R. C., MOURAO, G. M. Assessment of restocking blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva*) in the Pantanal of Brazil. Ararajuba. *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 8, n.2, p. 73-78, 2000.

SICK, H. *Ornitologia Brasileira, uma introdução*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 1985.

SICK, H. *Birds in Brazil: A natural history*. Princeton University Press. Princeton, USA, 1993.

SICK H. *Ornitologia Brasileira*. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.

SILVA, J. A. *Curso de direito constitucional positivo*. 16^a ed. São Paulo:Malheiros, 1999.

SIMON, J. E. *Registro de aves raras com a frutificação de taquaras na região de Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil*, 2004.

SIRVINSKAS, P. L. *Manual de Direito Ambiental*. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

SONG, H.; BUHAY, E. Many species in one: DNA barcoding overestimates the number of species when nuclear mitochondrial pseudogenes are coamplified. *National Acad Sciences*, 2008.

SOULÉ, M.E., WILCOX, B.A. *Conservation Biology. An evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates, Sunderland, 1980.

STOTZ, D.F., FITZPATRICK, J.W., PARKER, T.A. AND MOSKOVITS, D.K. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago, 1996.

TAVARES, E.S.; BAKER, A.J. Single mitochondrial gene barcodes reliably identify sister-species in diverse clades of birds. *BMC Evol Biol*. 8:81, 2008.

TAYLOR, V.J., DUNSTONE, N. *The exploitation of mammal population*. Londres, Reino Unido, 415p, 1996.

- TELL, L.A., LASLEY, B.L. An Automated Assay for Fecal Estrogen Conjugates in the Determination of sex in Avian Species. *Zoo Biology* 10: 361-367, 1991
- THOMPSON J.D. BALiBASE: a benchmark alignment database for the evaluation of multiple alignment programs. *Bioinformatics* 15: 87-88, 1999.
- TOUFEXIS, A. All God's creatures priced to sell. v.142, p. 36-41, 1993.
- VALENTINI, A.; POMPANON, F.; TABERLET, P. DNA barcoding for ecologists. *Ecology & Evolution*, Elsevier, 2009.
- VELHO, J. A.; GEISER, G., A.; ESPIDULA, A. Ciências Forenses – Uma introdução às principais áreas da Criminalística moderna. Ed. Millennium, 3 ed, 2017.
- VUCICEVIC, M., STEVANOV-PAVLOVIC, M., STEVANOVIC, J., BOSNJAK, J., GAJIC, B., ALEKSIC, N., STANIMIROVIC, Z. Sex determination in 58 bird species and evaluation of CHD gene as a universal molecular marker in bird sexing. *Zoological Biology* 2: 1-13, 2012.
- WANJTAL, A. SILVEIRA, F.L. A soltura de aves contribui para sua conservação. *Atualidades Ornitológicas* 98, 2000.
- WASKO, A. P., MARTINS, C., WRIGHT, J. M., GALETTI, P. M. Molecular organization of 5S r DNA in fishes of the genus *Brycon*, *Genome*, v.44, p. 893-902, 2001.
- WASKO, A. P., MARTINS, C., OLIVEIRA, C., SENHORINI, J. A., FORESTI, F. Genetic monitoring of the amazonian fish Matrinchã (*Brycon cephalus*) using RAPD markers: insights into supportive breeding and conservation programmes, *Journal of Applied Ichthyology*. V.20, p.48-52, 2004.
- WARD, R.D., ZEMLAK T.S., INNES, B.H., LAST P.R., HEBERT, P.D.N. DNA barcoding Australia's fish species. *Phil. Trans. R.Soc. B.*, 360, 1847-1857, 2005.
- WAUGH, J. DNA barcoding in animal species: progress, potential and pitfalls. *BioEssays*, Wiley Online Library, 2007.
- WEBB, J. Prosecuting wildlife traffickers: important cases, many tools, good results. 1ª. Conferência Sul Americana Sobre o Comércio Ilegal de Fauna Silvestre. Brasília, Brasil, 2001.
- WETTON, J.H., TSANG, C.S., RONEY, C. A. An extremely sensitive ARMs PCR test for the presence of tiger bone DNA. *Forensic Science International* 140: 139-145, 2004.
- WEY DE BRITO, M.C. Unidades de conservação: intenções e resultados *Annablume*, 1998.
- WILSON, E. O. *Diversidade da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, P. 447, 1994.
- WOOLFE, M.; PRIMROSE, S. Food forensics: using DNA technology to combat misdescription and fraud. *Trends in Biotechnology*, v. 22,p. 222-226, 2004.
- WRIGHT, T.F. Nest poaching in neotropical parrots. *Conservation Biology* 15: 710-720, 2001.

ANEXO I

LAUDO DE SEXAGEM MOLECULAR EMITIDO PELO LABORATÓRIO DE GENÉTICA ANIMAL DO INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DA UNESP

	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" Campus de Botucatu	
LABORATÓRIO DE GENÉTICA ANIMAL Sexagem Molecular de Aves		
<p>Através da técnica de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase), com amplificação de segmentos de DNA específicos dos cromossomos sexuais Z e W, foi determinado o sexo da seguinte ave:</p>		
Espécie: <i>Amazona aestiva</i> Nome Comum: Papagaio-verdadeiro	Amostra: PENA Data de Coleta: 28/03/2015	
Proprietário: CEMPAS Identificação: CEMPAS 216	SEXO: FÊMEA Confiabilidade: 99,9%	
Data de Emissão: 05/04/2015		
Profa. Dra. Adriane Pinto Wasko Docente Responsável	Bianca Picado Gonçalves Discente Responsável	
<small>Instituto de Biociências - Departamento de Genética Distrito de Rubião Júnior s/nº, CEP: 13619-670 - Botucatu, SP Brasil Phone: 55 14 38119228 E-mail: awasko@ibb.unesp.br</small>		

ANEXO II

O presente material pertence às atividades práticas da disciplina de Trabalho de Curso (TCC) do Curso de Graduação em Direito da Instituição Toledo de Ensino (ITE) da aluna Bianca Picado Gonçalves. Este também é parte do projeto de Doutorado desta aluna, dado seu vínculo ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética) da UNESP, que tem como objetivo avaliar conhecimentos prévios dos alunos de graduação em Direito da ITE de Botucatu nas áreas de Forense e Conservação Biológica.

SEXO: () FEMINO () MASCULINO IDADE: _____

Ano de Graduação: 1ºANO () 2ºANO () 3ºANO () 4ºANO () 5ºANO ()

1. Sobre o Papagaio, pode-se dizer que este é um animal _____. Assinale **UMA** das alternativas.

() Doméstico () De estimação () Silvestre () Exótico

2. Você tem Papagaio em sua residência?

() SIM () NÃO

3. Existem espécies de Papagaios ameaçados de extinção no Brasil?

() SIM () NÃO

4. Em que posição de *ranking* o Tráfico de Animais Silvestres figura como uma das atividades ilícitas mais lucrativas do Brasil? Assinale **UMA** das alternativas.

() 1º () 3º () 2º () 4º () 6º () 8º

5. Manter animais silvestres em sua residência sem autorização do IBAMA configura crime ambiental?

() SIM () NÃO

6. Qual(ais) ciência(s)/atividade(s) pode(m) auxiliar a minimizar os problemas causados pelo Tráfico de Animais Silvestres? Assinale **UMA ou MAIS DE UMA** das alternativas abaixo.

Educação Ambiental Genética Forense Biologia da Conservação
Direito Ambiental

7. A Constituição Federal de 1988 prevê, em seu artigo 225, que a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado é dever de todos. Diante disso, o sujeito passivo da relação jurídica no caso de crimes contra a fauna é _____. Assinale **UMA** das alternativas.


União Município Coletividade Estado

8. A Constituição Federal de 1988, prevê em seu artigo 225, que ao Poder Público, incumbe-se, proteger a fauna e a flora, sendo vedada na forma da lei, práticas que coloquem em risco a função ecológica, provoquem extinção das espécies ou submetam animais a crueldade. Garantindo assim aos animais o direito à vida, ao respeito e à dignidade. Diante disso, na sua opinião, qual é ou quais são a(s) melhor (res) solução (ões) para conservação de espécies brasileiras?

Campanhas educativas Maior fiscalização do Poder Público Penas administrativas
mais severas

Penas criminais mais severas Nenhuma das alternativas

ANEXO III

<p style="text-align: center;">2016</p> <p style="text-align: center;">O Ano do Papagaio</p>	<p>Ciência Forense no combate ao tráfico de aves silvestres / Adriane Pinto Wasko (Editor). Botucatu, IBB/UNESP. 2016. 21p. ISBN:</p> <p style="text-align: center;">Autores</p> <p style="text-align: center;">Bianca Picado Gonçalves Janaina Regis da Fonseca Adriane Pinto Wasko</p> <p>Contato: awasko@ibb.unesp.br</p> <p style="text-align: center;"><i>"A compaixão para com os animais é das mais nobres virtudes da natureza humana"</i></p> <p style="text-align: right;">Charles Darwin</p> <p>Todas as imagens foram retiradas de sites onde os direitos autorais são livres. Este material é de caráter educacional e, portanto, sem fins lucrativos.</p> <p style="text-align: center;">Versão online: www.museuescola.ibb.unesp.br</p>
<p style="text-align: center;">Ciência Forense no combate ao tráfico de aves silvestres</p>	
	

2016. O Ano do Papagaio



2016 foi eleito o **Ano do Papagaio**, uma campanha realizada pela Sociedade de Zoológicos e Aquários do Brasil (SZB) visando a conservação destas aves.

Essa **campanha** busca soluções para diminuir os efeitos do **tráfico de aves** que ameaça uma das nossas maiores riquezas – a **fauna brasileira**.

O Brasil é considerado um dos países mais importantes em relação a investimentos em **conservação biológica** devido a sua **grande biodiversidade**.

1

Apesar da ampla biodiversidade brasileira, diversos grupos de animais vêm sofrendo um **declínio no número de exemplares** devido a **intervenções humanas**.

O **tráfico de animais silvestres** está diretamente relacionado ao declínio no número de exemplares e é um dos **crimes ambientais** mais largamente realizados no Brasil. Esse tipo de tráfico movimenta, anualmente, de **10 a 20 bilhões de dólares** no mundo.

Dentre os animais traficados, as AVES são as mais atingidas.



2

O tráfico de animais silvestres é o **terceiro maior negócio ilegal do mundo**, ficando atrás apenas do tráfico de drogas e armas.



O Brasil é um dos países que mais exporta ilegalmente animais silvestres.

O tráfico de animais silvestres no Brasil é estruturado sobre uma rede formada por um emaranhado de rotas para o escoamento de animais do interior das regiões **Norte, Nordeste e Centro-Oeste** para os estados do **Rio de Janeiro e São Paulo**, onde geralmente ocorrem a exportação e o comércio ilegal.

3

Os animais são transportados em **péssimas condições**, o que resulta em um **número alto de mortes**. São escondidos, por exemplo, em fundos de malas e caixotes, em pequenos espaços, sem ventilação, e ficam vários dias sem comer e sem beber.

De cada 10 papagaios retirados da natureza, 9 morrem no transporte, de forma cruel.

Uma das aves mais comumente traficadas no país é o **papagaio-verdadeiro**. Embora este não esteja ameaçado de extinção, merece uma **ATENÇÃO** especial, pois sua população vem diminuindo rapidamente devido ao **comércio ilegal**.

O papagaio-verdadeiro também é conhecido como **juru-etê, ajuruetê, ajurujurá, curau, trombeteiro, papagaio-comum, papagaio-grego e louro**.

4

Os **papagaios** pertencem à ordem Psittaciformes – o grupo de aves mais **ameaçado do mundo**. É por isso que são a **estrela da campanha do “Ano do Papagaio”**.



O **papagaio-verdadeiro** (*Amazona aestiva*) tem ampla distribuição no Brasil, sendo encontrado nas regiões nordeste, sudeste, centro-oeste e sul, além do leste da Bolívia, norte da Argentina e sul do Paraguai.

É uma ave sociável, inteligente e capaz de imitar a fala humana. Tais características tornam essa espécie de papagaio interessante **como animal de estimação** e um **alvo constante dos traficantes**.

5

Na natureza, o papagaio-verdadeiro se alimenta de folhas, flores, frutos e sementes; em cativeiro, recebe ração balanceada, banana, maçã, milho e talos de couve.

A espécie é monogâmica, ou seja, machos e fêmeas se reproduzem sempre com o mesmo parceiro, no período de setembro a março. Cada fêmea faz a postura de 2 a 3 ovos e os filhotes são dependentes do cuidado parental por um longo período.



A **captura de filhotes** para abastecer o comércio ilegal vem causando **alterações significativas na manutenção e evolução das populações naturais**.

6

As aves apreendidas pela Polícia Ambiental ou pelo IBAMA que foram vítimas de maus tratos e sofreram estresse necessitam ser **alojadas, alimentadas** e, muitas vezes, também precisam receber **cuidados médico-veterinários**.



Depois, são encaminhadas a zoológicos, criadouros científicos, comerciais ou conservacionistas para sua **manutenção, reprodução em cativeiro** e posterior **reintrodução na natureza**.



7

A **conservação** dessas aves envolve conhecimentos técnicos de grandes áreas, como: **Biologia da Conservação, Genética da Conservação, Direito Ambiental e Educação Ambiental**. Essas áreas podem estar associadas à Ciência Forense e, assim, de forma interdisciplinar, é possível **minimizar os efeitos causados pelo comércio ilegal**.



8

Ciência Forense

A **Ciência Forense (que trata de questões judiciais)** é uma ciência **interdisciplinar** e envolve estudos em diversas áreas como Física, Biologia, Química e Matemática, com o objetivo de dar suporte às **investigações relativas à justiça civil e criminal**.



As investigações acontecem perante um **crime** que precisa ser desvendado. A interdisciplinaridade pode ser um caminho para o sucesso na busca de soluções e resultados para determinados crimes contra a vida humana. Pode ser também uma ferramenta importante na **minimização dos efeitos causados por outros crimes**, como os **crimes ambientais**.

9

Genética da Conservação

Inserida no contexto da **Biologia da Conservação**, encontra-se a área da **Genética da Conservação**, atualmente bastante interligada com temas de Ecologia e Biologia Molecular.

Estudos na área de Genética da Conservação baseiam-se em análises genéticas com o intuito de compreender os processos populacionais e evolutivos relevantes à **conservação de diferentes espécies**, especialmente aquelas ameaçadas.

Análises forenses e populacionais utilizam dados de **DNA** no sentido de subsidiar problemas de **questionamentos jurídico-policiais** e associados à **conservação da biodiversidade**.



10

Genética da Conservação

A **Genética da Conservação**, associada à área forense, pode ajudar a **solucionar e a minimizar efeitos de crimes ambientais** por meio de análises de **DNA**. As análises genéticas possibilitam a **identificação de espécies, subespécies, machos e fêmeas, verificação do local de origem de animais traficados, determinação de paternidade e outros níveis de parentesco**.

A **identificação de espécies**, por exemplo, é essencial no momento processual da sentença judicial, em casos de **crimes contra a fauna**. No Direito Ambiental, a pena para o crime que configura o **comércio ilegal de animais** pode ser aumentada se este for praticado **contra espécie rara** ou considerada **ameaçada de extinção**.

11

Genética Forense

A **Genética Forense** permite **gerar dados** confiáveis **acerca das amostras biológicas** encontradas como forma de vestígios ou coletadas de cada indivíduo/animal. As amostras biológicas podem ser: sangue, pêlos, penas, ossos e ovos.

De tais amostras, é extraído o **DNA** que será analisado em laboratórios especializados em Genética auxiliando, portanto, a Justiça.




Existem leis associadas a crimes ambientais.

12

Direito Ambiental

No Brasil, os impactos ambientais ocasionados pela intervenção humana fizeram surgir a necessidade de constitucionalização do meio ambiente, dando origem ao **Direito Ambiental** – ramo voltado à **proteção jurídica da qualidade do meio ambiente**, por meio de um conjunto de **normas e princípios jurídicos**.

A Constituição Federal de 1988 deu status constitucional de ciência autônoma e tutela necessária ao meio ambiente, prevendo, em seu **artigo 225**:


“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

13

Direito Ambiental

A **Lei de Proteção à Fauna** (Lei 5.197/67) trouxe ao ordenamento jurídico a proteção aos animais silvestres e destaca que a **fauna é um fator de bem-estar do homem** e não apenas um bem do Estado.

A **Lei de Crimes Ambientais** (Lei 9.605/98) define, em seu artigo 29 §3º, o que são **espécimes da fauna silvestre**: todos aqueles pertencentes às **espécies nativas, migratórias e quaisquer outras, aquáticas ou terrestres, que tenham todo ou parte de seu ciclo de vida ocorrendo dentro dos limites do território brasileiro ou em águas jurisdicionais brasileiras**.



14

Direito Ambiental

A previsão dos tipos penais ambientais para as condutas consideradas **crimes contra a fauna** está no **artigo 29 da Lei 9.605/98**. Juridicamente, **não há** um crime intitulado **tráfico de animais**, uma vez que este é um **conjunto de ações** que, por si só, constitui crime.



Artigo 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. Pena – detenção de 6 (seis) meses a 1 (um) ano, e multa".

A expressão "tráfico de animais" está associada ao **transporte e/ou à manutenção em cativeiro**, sendo **ambos ilegais**, por não apresentarem autoridade competente.

15

Direito Ambiental

A pena é aumentada pela metade se o crime é praticado **contra espécie rara** ou considerada **ameaçada de extinção**, durante a noite, com abuso de licença, em unidade de conservação ou com emprego de métodos ou instrumentos capazes de provocar destruição em massa (Art. 29, §4º, Lei 9.685/98).

Associam-se também, às condutas do "tráfico de animais", os chamados **maus-tratos**, previstos no **artigo 32 da Lei de Crimes Ambientais**.



Artigo 32. "Praticar ato de abuso, maus-tratos, ferir ou mutilar animais silvestres, domésticos, nativos ou exóticos. Pena – detenção de 3 (três) meses a 1 (um) ano, e multa".

16

Educação Ambiental

O artigo 225, parágrafo 1º, inciso VI, incumbe o Poder Público de promover **Educação Ambiental** em todos os níveis de ensino, assim como a conscientização pública para a **preservação do meio ambiente**.



A educação ambiental é **interdisciplinar**, comunitária, criativa e importante para a resolução de problemas locais. É essencial para o **desenvolvimento de valores éticos**, assim como para **fomentar atitudes responsáveis para o meio ambiente**. E tem como objetivo o **equilíbrio local e global**, para obtenção da melhoria da **qualidade de todos os níveis de vida**.

17

Educação Ambiental

A relação entre meio ambiente e educação ambiental assume um papel cada vez mais **desafiador**, pois deve-se resgatar **valores e comportamentos**, tais como confiança, respeito mútuo, responsabilidade, compromisso, solidariedade e iniciativa. Além disso, a educação ambiental **demonstra a crítica realidade das questões ambientais**.

Promover a Educação Ambiental é tarefa de todas as pessoas responsáveis e de boa-vontade.



18

Diante do exposto, fica claro nosso papel com o meio ambiente – **sejamos conscientes!** Os crimes contra a fauna estão fazendo com que diversas espécies desapareçam do planeta.

A utilização de instrumentos jurídicos, científicos e educacionais que objetivem, em conjunto, a **proteção de recursos biológicos** é extremamente importante para a conservação da biodiversidade.

O tráfico de animais silvestres, uma das atividades ilícitas mais cometidas no mundo, não pode ficar negligenciado e esquecido pelo Poder Público e pela sociedade.

Vamos cumprir nosso papel como cidadãos!

19

As aves representam os animais que mais sofrem com o crime ambiental e, por isso, **essa cartilha apóia a Campanha Nacional de Conservação à espécie *Amazona aestiva* (papagaio-verdadeiro)**

VOCÊ PODE DENUNCIAR CRIMES AMBIENTAIS!

Em casos de suspeita de captura ou comércio ilegal de aves silvestres, entre em contato com a Polícia Ambiental de sua cidade ou pelo telefone 0800-113560.

LUGAR DE AVE SILVESTRE É NO SEU HABITAT NATURAL

REPASSE
ESSA IDEIA!



20

Esta cartilha foi desenvolvida como parte do projeto de Doutorado de Bianca Picado Gonçalves, aluna vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética) do Instituto de Biociências da UNESP (Câmpus de Botucatu, SP), sob orientação da Profa. Adriane Pinto Wasko. Este projeto teve como um de seus objetivos a criação de material educacional com informações sobre a espécie *Amazona aestiva*, conhecida como papagaio-verdadeiro, e sua exploração no comércio ilegal, uma das atividades ilícitas mais lucrativas do país.

Visando fornecer conceitos básicos sobre a Ciência Forense e informações acerca da importância da interdisciplinaridade entre Biologia da Conservação, Genética Forense, Direito Ambiental e Educação Ambiental, este material foi editado como meio de minimizar os efeitos do comércio ilegal de aves e contou com a colaboração, no aspecto jurídico, da Profa. Ms. Janaina Regis da Fonseca (Instituição Toledo de Ensino - Botucatu, SP).

21

APOIO



Instituto de Biociências
de Botucatu - Unesp



Difundindo e Popularizando a
Ciência na UNESP: Interação
entre Pós-Graduação e
Ensino Básico



REDE NACIONAL DE
EDUCAÇÃO E CIÊNCIA
Novos Talentos da Rede Pública

