**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP**

**CÂMPUS DE BAURU**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS**

# DNA BARCODE NA IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE TUBARÕES COMERCIALIZADOS E APREENDIDOS PELO AEROPORTO INTERNACIONAL DE GUARULHOS.

**Verônica Dallacqua-Cruz**

**Bauru - SP**

**2025**

**Verônica Dallacqua-Cruz**

# DNA BARCODE NA IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE TUBARÕES COMERCIALIZADOS E APREENDIDOS PELO AEROPORTO INTERNACIONAL DE GUARULHOS.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências - Bauru, para a Defesa de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Biociências

Área de Concentração: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica.
Orientador: Prof. Assoc. Fabio Porto-Foresti

**Bauru - SP**

**2025**

Dallacqua-Cruz, Verônica.
DNA Barcode na identificação de espécies de tubarões comercializados e apreendidos pelo Aeroporto Internacional de Guarulhos / Verônica Dallacqua-Cruz. – Bauru, 2025
66 f.

Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientador: Fabio Porto-Foresti

- Comércio ilegal. 2. Elasmobrânquios. 3. Genética molecular. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. NA Barcode na identificação de espécies de tubarões comercializados e apreendidos pelo Aeroporto Internacional de Guarulhos.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE VERÔNICA DALL'ACQUA CRUZ, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 21 dias do mês de março do ano de 2025, às 9h, no(a) Espaço DCB do Departamento de Ciências Biológicas, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de VERÔNICA DALL'ACQUA CRUZ, intitulada **DNA Barcode na identificação de espécies de tubarões comercializados e apreendidos pelo Aeroporto Internacional de Guarulhos**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. FABIO PORTO FORESTI (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências - Unesp/Câmpus de Bauru, Prof. Dr. DANILLO PINHAL (Participação Presencial) do(a) Departamento de Ciências Químicas e Biológicas / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP, Dra. VANESSA PAES DA CRUZ (Participação Presencial) do(a) Departamento de Morfologia / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final:_ _ _ _aprovado_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. FABIO PORTO FORESTI

gov.br Documento assinado digitalmente
FABIO PORTO FORESTI
Data: 02/04/2025 20:29:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

**Agradecimentos**

Agradeço à toda minha família pelo apoio incondicional em todos o momentos, em especial à minha mãe, Mônica, e à minha avó, Vera Lucia por serem a personificação da palavra “lar”. Sou eternamente grata a elas e ao meu avô, Sérgio Vitor (*in memorian*), por investirem em toda a minha educação, sempre acreditando em mim e incentivando o conhecimento.

Aos meus amigos de Mogi Guaçu, que fizeram parte da minha infância e adolescência, contribuindo para quem eu sou. À Julinha, que está presente desde as minhas primeiras lembranças de criança. À Isa, ao Rafa e ao Edu, pelas noites de jogos e de cinema. E às gêmeas, Laura e Gabi, pelo acolhimento e todas as conversas presenciais e virtuais. Apesar da distância física e da dificuldade de nos encontrarmos, levo vocês sempre comigo!

Aos amigos que fiz durante a graduação e que marcaram minha estadia em Bauru. Às Biomanas, com quem compartilhei histórias e momentos de descontração desde o primeiro ano. À Giullia, por me acompanhar na vida acadêmica e pessoal, e por ser uma amiga para todas as horas. Obrigada pelas festas, jantares, cafés, conversas e por partilharmos todas as nossas conquistas. À Carol, por se fazer presente mesmo estando em outro continente, por todas as nossas noites de vinhos, por sempre me ouvir, me aconselhar e me ajudar com dúvidas de biologia molecular. Tenho muito orgulho das realizações de vocês!

À Verinha, minha professora e orientadora da graduação, pela primeira oportunidade de ter contato com a pesquisa, por todos os ensinamentos e por me apoiar e incentivar a seguir a carreira acadêmica, mesmo que em outra área.

Aos meus colegas do Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LAGENPE), em especial à Camila, Mel, Analu, Tadaka, Giovana, Vitor, Amanda, Natália e Auany, pelos momentos que compartilhamos dentro e fora do laboratório, nossas conversas, nossas confraternizações e nossos rolês gastronômicos.

Às minhas amigas Camila, Mel e Bia por todas as nossas *girls nights*, pelo apoio e por tornarem tudo mais leve. Quem diria que o estágio de IC no LAGENPE uniria as duas duplas neste quarteto? À Camila, por partilhar o dia-a-dia comigo desde a graduação até o mestrado, por estar presente em momentos bons e ruins, por todos os nossos cafés, jantares, filmes, nossas longas conversas e por ser uma amiga tão leal. À Mel, por ser minha

companheira de mesa e bancada, por me ajudar com as extrações de DNA, me ouvir e me dar conselhos, e por dividir as aulas de dança e os palcos. À Bia, por me inspirar a ter coragem, pelos nossos momentos juntas, nossas conversas e risadas. É um privilégio dividir a vida com vocês!

Ao IBAMA, representado pelo Daniel e Egberto, por viabilizarem a parceria com o LAGENPE e permitirem o desenvolvimento deste estudo.

À Prof. Dra. Fernanda Dotti do Prado e à Dra. Letícia Rafaela de Morais por integrarem a banca examinadora da minha qualificação e pelas colaborações.

À Profa. Dra. Vanessa Paes da Cruz e ao Prof. Dr. Danillo Pinhal por aceitarem compor a banca examinadora da minha defesa e pela disposição em contribuir com meu trabalho e com a pesquisadora que eu quero ser.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabio Porto Foresti, pela a oportunidade de realizar meu estágio de IC no LAGENPE, por confiar em mim para desenvolver o trabalho que eu escolhi no mestrado, por me dar autonomia e apoiar minhas ideias, permitindo meu crescimento profissional. Agradeço pela preocupação, acolhimento e conselhos quando precisei, pelas conversas e ensinamentos tanto na vida acadêmica quanto pessoal. Obrigada pela parceria nesses três anos, pelos momentos de descontração e por me incentivar a seguir na carreira acadêmica.

Ao Programa de Pós-graduação em Biociências e à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" pela formação concedida e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo financiamento do meu projeto de pesquisa.

Obrigada a todos por contribuírem de alguma maneira com a minha formação e com meu crescimento pessoal!

**Resumo**

Os tubarões sofrem com a exploração pesqueira em virtude do comércio de sua carne e seus subprodutos, com destaque para as nadadeiras que são muito visadas pelo mercado asiático, para o uso culinário. Apesar das evidências do comércio, há lacunas nas estatísticas pesqueiras agravadas pela difícil identificação de tubarões no desembarque, por estarem descaracterizados. Perante este cenário, a técnica molecular DNA Barcode viabiliza a identificação das espécies e o monitoramento do comércio. No presente trabalho, realizou-se a investigação de um segmento específico do comércio internacional de nadadeiras, que tem o Aeroporto Internacional de Guarulhos como um dos pontos da rota de transporte. As amostras analisadas foram provenientes de apreensões realizadas pelo IBAMA em três contextos: no controle aduaneiro dos correios, na fiscalização de bagagens de passageiros e no Terminal de Cargas. Dentre as amostras de nadadeiras coletadas, foram identificadas 10 espécies de tubarões, das quais oito estão em situação de ameaça de acordo com o Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE e com a União Internacional da Conservação da Natureza - IUCN. A espécie mais frequente foi *P. glauca* (tubarão-azul) representando 55,05% das amostras, o que é esperado devido sua ampla distribuição. A presença de tubarões-martelo (Família Sphyrnidae), correspondendo 19,03% das amostras identificadas, é preocupante, uma vez que as espécies são classificadas como criticamente em perigo (CR) em escalas nacional e global e já apresentaram declínios populacionais em decorrência da exploração pesqueira. A análise das áreas de ocorrência indica que os principais centros de abundância das espécies identificadas concentram-se em regiões costeiras do Norte e Nordeste do Brasil, que são consideradas berçários de diversas espécies de tubarões, sendo mais um fator que ameaça a manutenção populacional desses animais. Adicionalmente, a comparação com estudos anteriores desenvolvidos pelo Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LaGenPe) revelou alterações nas frequências das espécies ao longo dos últimos 15 anos. Neste sentido, os trabalhos de identificação configuram iniciativas de monitoramento do comércio de recursos pesqueiros e contribuem para o entendimento da cadeia produtiva, norteando o desenvolvimento de ações de manejo em prol da conservação dos tubarões e dos ambientes marinhos.

**Palavras-chave:** comércio ilegal, elasmobrânquios, genética molecular

**Abstract**

Sharks are exploited by trade in their meat and by-products, especially their fins, which are highly sought after by the Asian market for culinary use. Despite evidence of trade, there are gaps in knowledge regarding fisheries statistics, exacerbated by the difficulty of identifying sharks at landing sites, as they are not properly identified. In this scenario, the DNA barcoding technique enables species identification and the monitoring of their trade. In this study, an investigation was conducted into a specific segment of the international trade in shark fins, which uses Guarulhos International Airport as one of the points along the transport route. As a result of IBAMA's inspection of possible irregularities and illegalities, there were seizures of fins that did not comply with the legislation. The seizures occurred in three situations: at the postal customs control, at the passenger baggage inspection and at the Cargo Terminal. Among the fin samples collected, 10 shark species were identified, eight of which are classified as threatened according to the Biodiversity Extinction Risk Assessment System (SALVE) and the International Union for Conservation of Nature (IUCN). The most common species was P. glauca (blue shark), accounting for 55.05% of the samples, which is expected given its wide distribution. The presence of hammerhead sharks (Family Sphyrnidae), accounting for 19.03% of the identified samples, is concerning, as these species are classified as critically endangered (CR) at both the national and global levels and have already experienced population declines due to fishing exploitation. Analysis of the areas of occurrence indicates that the main centers of abundance for the identified species are concentrated in the coastal regions of northern and northeastern Brazil, which are considered nurseries for various shark species, representing yet another factor threatening the population stability of these animals. In addition, the results of this study were compared with identification work on commercialized sharks carried out at the Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LaGenPe), and changes were noted in the frequencies of species present in the trade over these 15 years. Therefore, the identification work is an initiative to monitor the trade in fishery resources and contributes to understanding the production chain, guiding the development of management actions for the conservation of sharks and marine environments.

**Keywords:** illegal trade, elasmobranch, molecular genetics

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO..... 10**
1.1 Caracterização dos tubarões..... 10
1.2 Ameaças às populações de tubarões..... 12
1.3 Gestão pesqueira: relevância na conservação e dificuldades..... 16
1.4 Genética molecular na identificação de espécies..... 23
**2 OBJETIVOS..... 28**
2.1 Objetivo geral..... 28
2.2 Objetivos específicos..... 28
**3 MATERIAL E MÉTODOS..... 29**
3.1 Amostragem..... 29
3.2 Técnicas laboratoriais..... 31
3.2.1 Extração de DNA..... 31
3.2.2 Amplificação do gene COI..... 32
3.2.3 Sequenciamento..... 33
3.3 Identificação de espécies por similaridade..... 33
**4 RESULTADOS..... 34**
4.1 Resultados gerais..... 34
4.2 Resultados por coleta..... 36
4.3 Resultados por apreensão..... 37
4.4 Características das espécies constatadas nas apreensões..... 39
**5 DISCUSSÃO..... 48**
5.1 Espécies identificadas no presente trabalho..... 48
5.2 Revisão da atuação do LaGenPe na identificação de tubarões comercializados..... 51
**6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 59**
**7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 60**

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização dos tubarões

A classe Chondrichthyes, pertencente ao Filo Chordata, é conhecida pelos peixes cartilaginosos e caracterizada pela presença de esqueleto constituído por cartilagens mineralizadas, com deposição de cálcio, ao invés de ossos. Demais características desta classe são: ausência de pulmões ou vesícula gasosa, pares de nadadeiras peitorais e pélvicas, nadadeira caudal, corpo coberto por dentículos dérmicos, dentes orais dispostos em série, focinho pré oral com fendas nasais e narinas localizadas na face ventral (Compagno, 1990). Os peixes cartilaginosos são divididos em duas subclasses, Elasmobranchii, representado por tubarões e raias, e Holocephali, representado pelas quimeras (Compagno, 1990; Grogan; Lund, 2004; Gadig *et al*., 2023).

Os elasmobrânquios diferem das quimeras pela presença de cinco a sete pares de fendas branquiais, dispostas na lateral da cabeça e que são independentes na comunicação com o meio externo (Gadig *et al*., 2023). Considerado um grupo bem adaptado ao ambiente em que vivem, os elasmobrânquios estão presentes na Terra há mais de 400 milhões de anos e fósseis revelam que o processo evolutivo desses animais inclui modificações pequenas, comparadas a outros grupos (Compagno, 1990; Grogan; Lund, 2004; Gadig *et al*., 2023).

Atualmente são conhecidas cerca de 1.296 espécies de elasmobrânquios ao redor do mundo, sendo 569 espécies de tubarões e 727 de raias, representando 96% dos Chondrichthyes (WoRMS, 2025). Enquanto no Brasil, há 203 espécies de elasmobrânquios, compreendendo 99 de tubarões e 104 de raias. Abordando especificamente os tubarões, as 99 espécies pertencem a 46 gêneros, 26 famílias e nove ordens (Gadig; Rosa, 2023). Em

decorrência da grande diversidade, as características deste grupo são bem vastas quando se trata de distribuição, morfologia, reprodução e alimentação.

Com relação à sua distribuição, os tubarões ocupam, em geral, o ecossistema marinho, mas podem adentrar ambientes de água doce, além de estuários. Estão presentes em todos os oceanos, principalmente, nas regiões tropicais e subtropicais, mas também vivem em regiões temperadas e frias e até mesmo nos polos (Compagno, 1990; Gadig, 2001).

Quanto ao *habitat*, há espécies com distribuição cosmopolita, bem como aquelas que ocorrem em um ou dois oceanos e também as que se restringem a pequenos trechos costeiros. A distribuição vertical, por sua vez, é igualmente ampla, com espécies presentes na superfície e outras que se encontram em profundidades maiores que 2.000 metros (Compagno, 1990; Gadig *et al*., 2023).

Referindo-se às características morfológicas dos tubarões, são animais com corpo alongado e fusiforme, com um par de nadadeiras peitorais bem destacadas do tronco, uma ou duas nadadeiras dorsais, uma nadadeira anal e um par de nadadeiras pélvicas. Nos machos, há um órgão copulador, denominado clásper, que é associado às nadadeiras pélvicas (Compagno, 1990; Gadig, 2001; Grogan; Lund, 2004).

No tocante à reprodução, a fecundação é interna (Grogan; Lund, 2004) e a quantidade de embriões é variável de acordo com as espécies. Após a fecundação, a nutrição embrionária é classificada em três tipos: ovípara, vivípara placentária e vivípara ovofágica. Nas espécies ovíparas, a fêmea produz cápsulas ovígeras (ovos), que são desovadas no substrato, e o embrião se nutre de uma bolsa de vitelo dentro dos ovos, até o rompimento da casca e sua saída para o ambiente externo. Nas espécies vivíparas

placentárias, o embrião é nutrido por meio de uma ligação placentária, diferente dos mamíferos, dentro do útero da mãe. Já nas espécies vivíparas ovofágicas, a nutrição do embrião ocorre a partir da ingestão de ovos liberados pela mãe durante a gestação (Gadig, 2001).

Ainda sobre a reprodução e o ciclo de vida, apesar da pluralidade entre as espécies, os tubarões apresentam, de modo geral, crescimento lento, maturidade sexual tardia e baixa produção de descendentes (Dulvy *et al*., 2021). Estes três atributos prejudicam o repovoamento de populações, já que a taxa de natalidade é pequena ao ser comparada com a mortalidade, e os caracterizam como um grupo delicado ao se tratar da manutenção das populações (Gadig *et al*., 2023).

A alimentação dos tubarões é baseada em uma ampla variedade de presas e diferentes estratégias para a caça, que inclui principalmente a visão e o olfato, para a percepção de estímulos luminosos e químicos, respectivamente (Compagno, 1990). Outros órgãos sensoriais que auxiliam na busca por alimentos são a linha lateral, que consiste em um conjunto de poros que percebem vibrações na água, e as ampolas de Lorenzini, que são câmaras compostas por células nervosas capazes de sentir estímulos eletromagnéticos (Gadig *et al*., 2023).

Diante dos mecanismos para a caça e a diversidade de presas, os tubarões são considerados predadores de topo da cadeia alimentar e, assim, possuem relevância trófica atuando no controle de populações marinhas. Neste sentido, ao exercerem pressão sobre as presas, os tubarões desempenham um serviço ecossistêmico, uma vez que colaboram na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas marinhos (Gadig *et al*., 2023). Sob tal perspectiva, em caso de redução destes animais as relações ecológicas são afetadas.

## 1.2 Ameaças às populações de tubarões

As ações antrópicas são as principais causas de atividades que ameaçam as populações de tubarões, dentre elas têm-se a exploração pesqueira, degradação e poluição de *habitats* e ataques de tubarões (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Kotas *et al*., 2023).

A exploração pesqueira é considerada a principal ameaça aos tubarões (Dulvy *et al*., 2014; Pacoureau *et al*., 2021), e ocorre em função do comércio da carne e dos subprodutos desses animais, como as nadadeiras, pele, cartilagem, óleo e dentes. Os dois produtos mais procurados são a carne, utilizada na alimentação humana, e as nadadeiras, que são muito visadas na Ásia para a produção de pratos, como sopas vistas como uma iguaria culinária (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Wilcox *et al*., 2021; Kotas *et al*., 2023).

Há dois tipos de pesca predatória, tendo os tubarões como alvo, a industrial e artesanal, que se distinguem entre si pelos agentes envolvidos e tipos de embarcações. A pesca industrial é praticada por pessoa física ou jurídica, com a participação de pescadores profissionais, com vínculo empregatício ou em regime de cooperativa, a partir do uso de embarcações de pequeno, médio ou grande porte e visando o comércio dos produtos capturados. Em contrapartida, na pesca artesanal, a prática é realizada por um pescador profissional, de forma autônoma ou em regime de economia familiar, em que são utilizadas embarcações de pequeno porte, sejam elas de propriedade do pescador ou firmadas por parcerias (Kotas *et al*., 2023).

Apesar das diferenças, as pescas industrial e artesanal são analisadas como complementares espacialmente, já que as pescas industriais ocorrem, em geral, em regiões oceânicas e as pescas artesanais atuam em regiões costeiras. Além disso, efetuam a captura

de tubarões em diferentes estágios de vida. A pesca industrial impacta indivíduos grandes e/ou adultos, e a pesca artesanal, por sua vez, indivíduos juvenis e de pequeno porte (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014).

Ao referir-se às nadadeiras, é um produto com valor comercial maior que a carne. Seu valor elevado, junto com a demanda do mercado asiático, incentiva a prática de *finning*, que consiste na remoção das nadadeiras do tubarão seguido do descarte do restante do seu corpo em alto-mar, o animal estando morto ou vivo, mas sem chances de sobrevivência. Esta prática é ilegal em diversos países, inclusive no Brasil (IBAMA, 1998b), e ocasiona no desembarque somente das nadadeiras, o que impossibilita a identificação da espécie. Estes dois fatos resultam na omissão de dados estatísticos relativos às espécies exploradas (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Kotas *et al*., 2023).

Vale destacar que a proibição da prática de *finning* auxiliou no aumento de registros concernentes à exploração dos tubarões, ao coagir a retenção do indivíduo todo, e desta forma a carne do animal é destinada, comumente ao mercado nacional e as nadadeiras para a exportação (Worm *et al*., 2013; Alvarenga *et al*., 2024). A relação entre estes dois eventos é conhecida por "*fin laundering*" (lavagem de nadadeiras) (Alvarenga *et al*., 2024).

Para além da pesca que tem os tubarões como alvo, há outras duas formas de exploração destes animais: fauna acompanhante e captura incidental. Os tubarões são considerados fauna acompanhante quando, ainda que não sejam alvos, podem ser usufruídos para comércio. Na captura incidental, as espécies que são ameaçadas de extinção, e têm o comércio proibido, deveriam ser descartadas (Kotas *et al*., 2023).

A respeito dos demais riscos às populações de tubarões, a degradação e poluição do *habitat* é derivada de atividades antrópicas como a construção de edifícios em regiões

costeiras, como estuários, manguezais, enseadas e baías. Tais áreas são apontadas como sensíveis, por servirem como berçários para algumas espécies e, então, são fundamentais para a sobrevivência de indivíduos juvenis (Kotas *et al*., 2023).

Outra atividade humana é o descarte inadequado de resíduos domésticos, agrícolas e industriais, que em adição ao vazamento de óleos de embarcações, contaminam os ambientes marinhos e acarretam danos à saúde dos tubarões e até levam a óbito. No caso de resíduos domésticos, há a possibilidade dos animais se prenderem, impedindo sua mobilidade, bem como a ingestão, o que é prejudicial para os hábitos alimentares dos indivíduos (Kotas *et al*., 2023).

Há também descrito como perigo os incidentes entre tubarões e humanos, que são decorrentes da intervenção humana nos *habitats* destes animais, que ocupam regiões costeiras. Os ataques foram registrados, principalmente, na Costa Nordeste e motivou que grupos de pessoas executassem a captura de tubarões como uma maneira de acabar com tais episódios (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Kotas *et al*., 2023).

Diante do exposto, é evidente que todas as ações causam a morte de uma quantidade elevada de tubarões, tendo a pesca como principal fator. Ressalta-se que as características alusivas ao ciclo de vida - crescimento lento, maturidade sexual tardia e baixa produção de descendentes - colocam os tubarões em uma situação de maior vulnerabilidade em relação às pressões antrópicas. Isto significa que há um entrave no repovoamento destas populações, uma vez que a taxa de mortalidade supera a de natalidade (Gadig, 2001; Worm *et al*., 2013; Bunholi *et al*., 2018; Ferrette *et al*., 2019; Martins *et al*., 2021; Pacoureau *et al*., 2021; Gadig *et al*., 2023).

Sob tal cenário, uma forma de reduzir os impactos das ameaças aos tubarões, em especial, da sobrepesca é realizar levantamentos estatísticos referentes à exploração pesqueira e o comércio destes animais, a fim de contribuir para o desenvolvimento de práticas de manejo e conservação (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Bunholi *et al*., 2018; Ferrette *et al*., 2019; Martins *et al*., 2021; Barreto *et al*., 2023; Santos *et al*., 2023).

### 1.3 Gestão pesqueira: relevância na conservação e dificuldades

A pesca é uma atividade substancial no Brasil, presente em 8.500 km do litoral e nas bacias hidrográficas. Esta prática, com alta significância nos setores econômico e social, oportuniza empregos e garante o sustento de muitas famílias, auxilia na segurança alimentar ao fornecer fontes de proteínas, além de contribuir com a preservação da herança cultural de comunidades ribeirinhas (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2024).

Até meados da década de 1950, a atividade pesqueira apresentava tendências extrativista e utilitarista, tendo apenas o objetivo de satisfazer os interesses humanos. Os ideais de conservação foram integrados alguns anos depois, fomentando discussões acerca da necessidade de administrar os recursos pesqueiros, o que é conhecido por gestão pesqueira (Barreto *et al*., 2023).

Em termos mais específicos, a gestão pesqueira é definida como um conjunto de atividades de manejo dos recursos pesqueiros, das ações econômicas e responsáveis sociais incluídos no processo de exploração e aplicação (Barreto *et al*., 2023). Desta forma, a gestão pesqueira possui o viés da sustentabilidade, ao efetivar o manejo dos recursos pesqueiros considerando o tripé ambiente-sociedade-economia.

Os objetivos da gestão pesqueira são conservação e/ou manutenção de recursos pesqueiros, produção de alimentos, geração de empregos associados à pesca, geração de renda para pescadores e demais envolvidos na atividade pesqueira, e geração de riqueza econômica. Para a consecução desses objetivos, há atividades que integram um processo de gestão pesqueira eficaz, as quais são monitoramento, avaliação, planejamento e implementação, formando um ciclo e uma relação de interdependência, uma vez que após a implementação é necessário realizar monitoramento para verificação dos resultados das ações desenvolvidas (Barreto *et al*., 2023).

Ademais, o aperfeiçoamento da gestão pesqueira, precisamente dos elasmobrânquios, é um dos objetivos específicos do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias marinhos ameaçados de extinção (PAN Tubarões), que foi instituído em dezembro de 2014, através da Portaria ICMBio nº 575/2014, após mais de dois anos de planejamento. O principal objetivo do PAN Tubarões é "Mitigar os impactos sobre os elasmobrânquios marinhos ameaçados de extinção no Brasil e de seus ambientes, para fins de conservação em curto prazo" (Brasil, 2014a; Kotas *et al*., 2023).

A primeira autarquia responsável pela gestão pesqueira no Brasil foi a Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), que foi criada em 1962 e atuou no intenso aumento da capacidade das pescarias, na estatística pesqueira e na criação de grupos de estudos para o manejo da pesca. A SUDEPE foi extinta em 1989, e desde então diversas instituições estiveram no gerenciamento da gestão pesqueira, dentre elas o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Departamento de Pesca e Aquicultura (DPA), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP). Além destas

instituições, em determinados períodos, ministérios estiveram à frente da gestão pesqueira, mesmo sem associação com as instituições, sendo o caso do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Houve períodos, a partir da década de 1990, de gestão conjunta e compartilhada dos recursos pesqueiros e, assim, cada instituição era encarregada de competências específicas (Barreto *et al*., 2023).

A evidente instabilidade institucional é decorrente das transformações no cenário político no Brasil, em que ocorreu a criação e a extinção de instituições e ministérios de acordo com os projetos governamentais e enfoque de cada chefe de Estado (Barreto *et al*., 2023). Esta conjuntura, portanto, prejudicou a implementação de atividades de manejo integradas e contínuas, apesar de existirem alguns marcos legais, que serão abordados mais adiante.

Independente da instituição atribuída à gestão pesqueira, é essencial o conhecimento da ciência pesqueira para a elaboração de práticas de manejo e políticas públicas que sejam eficazes para a conservação. Com relação à ciência pesqueira, deve-se ter entendimento da biologia dos recursos pesqueiros, principalmente seu ciclo de vida, as interações ecológicas entre eles e com o ecossistema, os estoques pesqueiros e as cotas de captura. Logo, é necessário realizar levantamentos estatísticos referentes às espécies consideradas recursos pesqueiros (Ferrette *et al*., 2019; Barreto et al., 2023).

Há algumas formas de amostragem dos dados pesqueiros, embora haja dificuldade de execução em função do ambiente aquático ser complexo, com ampla distribuição da biodiversidade, variações sazonais alusivas ao clima e oceanografia, e pressões ecológicas. Os métodos amostrais mais utilizados e julgados menos onerosos são as informações

dependentes da pesca, que são provenientes de três fontes principais: os pescadores; os observadores científicos, que podem operar embarcados ou no desembarque; e pesquisadores científicos (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Barreto *et al*., 2023).

Para além das informações relacionadas à estimativa dos estoques pesqueiros, os dados sobre as capturas, petrechos, embarcações e frotas cooperam com o planejamento de práticas de manejo. O processo integrado de coletar essas informações constitui o monitoramento, que é uma atividade presente no sistema de gestão pesqueira, já mencionado anteriormente (Barreto *et al*., 2023; Santos *et al*., 2023). Contudo, no Brasil, não há coleta destes dados de forma integrada desde 2007, e diante disso, não há o conhecimento das populações que estão em declínio e que devem ser priorizadas pelas ações de conservação e pela legislação (Barreto *et al*., 2023).

Os elasmobrânquios são animais que apresentam alguns impasses no monitoramento e, como apontado previamente, sofrem com os impactos das ações antrópicas, sobretudo com a pesca exploratória. As adversidades relatadas são a difícil identificação a nível de espécie pelos pescadores, generalizando esses organismos como "cação", bem como a árdua identificação de indivíduos que são desembarcados já eviscerados, como consequência da prática de *finning* (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Barreto *et al*., 2023; Kotas *et al*., 2023; Santos *et al*., 2023).

Outro obstáculo para o monitoramento é o descarte de tubarões no mar, que não possuem chance de sobrevivência. Isto acontece como sucessão do *finning*, quando os animais são jogados no mar após a retirada das nadadeiras (Barreto *et al*., 2023), ou como resultado da captura incidental, em que os indivíduos devem ser devolvidos ao oceano por pertencerem a espécies ameaçadas e por isso não podem ser desembarcadas e

comercializadas. Na condição de descarte pós captura incidental, há a possibilidade do organismo não sobreviver, seja na embarcação ou após a soltura, devido ao petrecho de pesca empregado (Leite JR *et al*., 2023). Nestas situações, os tubarões descartados não são incluídos nas estatísticas da exploração (Santos *et al*., 2023).

Não obstante a circunstância da complicada gestão pesqueira dos elasmobrânquios, a estatística pesqueira, no Brasil, foi institucionalizada após a década de 1950, havendo alternância de maior ou menor atividade, a depender do período e da instituição responsável. Atualmente, há algumas iniciativas de monitoramento em alguns estados, e usualmente, são vinculados a universidades, organizações da sociedade civil e órgãos estaduais. Os dados coletados, sistematizados e analisados procedem das capturas e desembarques pesqueiros, preenchimento e entrega de mapas de bordo, observadores científicos de programas governamentais e rastreamento de embarcações por satélite (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; Santos *et al*., 2023).

Estas informações contribuem para a elucidação a respeito dos estoques pesqueiros de tubarões e servem de respaldo para alguns marcos legais no Brasil, como a Portaria IBAMA nº 121/1998, que proíbe a prática do *finning* (Brasil, 1998b) e Instrução Normativa MMA nº 05/2004, que estabelece espécies ameaçadas de extinção (listadas no Anexo I) e espécies sobre-explotadas ou ameaçadas de sobre-explotação (listadas no Anexo II). As espécies presentes no Anexo I tiveram sua captura e, consequentemente, o comércio proibidos e planos de recuperação devem ser desenvolvidos. Enquanto para as espécies constantes no Anexo II, haverá a elaboração de planos de gestão (Brasil, 2004).

Considerando o que estava previsto na Instrução Normativa de 2004, as listas deveriam ser revisadas periodicamente e por isso houve a alteração, pela Instrução

Normativa MMA nº 52/2005 (Brasil, 2005), e a revogação, através da Portaria MMA nº 445/2014. Este último marco legal certifica as espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos", as quais são categorizadas como Extintas na Natureza (EW), Criticamente em Perigo (CR), Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU) e têm a proteção integral assegurada, não podendo ser capturadas, transportadas, armazenadas e comercializadas. Há uma ressalva para a categoria Vulnerável (VU), que tem a permissão para uso sustentável, com autorização do IBAMA, para fins científicos e de conservação (Brasil, 2014a).

Os marcos legais expostos amparam as ações de comando e controle executadas por instituições federais, que aplicam punições em contexto de descumprimento das regras produtivas e ambientais. O IBAMA é o principal órgão responsável pela fiscalização desde a sua criação, em 1989, e a promulgação da Lei 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) (Brasil, 1998a), atuando, no que tange à gestão pesqueira, na fiscalização do cumprimento das normas da pesca (Santos *et al*., 2023).

A partir do suporte legislativo, notou-se um aumento das operações públicas que envolvem a coleta de material biológico para a identificação de espécies em episódios relativos a atos ilícitos de cunho ambiental, questões sanitárias ou de fraude ao consumidor. A fiscalização, também atua na verificação de irregularidades e ilegalidades ocorridas na captura ou no comércio de recursos pesqueiros (Santos *et al*., 2023).

Nos quadros de comércio nacional ou exportação de nadadeiras de tubarão, há a Instrução Normativa IBAMA nº 16/2015, que dispõe sobre a necessidade de um Registro de Exportação (RE), acompanhado da carga, além da comunicação da data, horário e número

do voo em que a carga será embarcada. Adicionalmente, é previsto o direito de solicitação ou coleta, por parte do IBAMA, das nadadeiras durante a cadeia de custódia, para a identificação de espécies através de análises genéticas (Brasil, 2015).

Em atos de fiscalização que continham elasmobrânquios em embarcações, pontos de desembarques e mercados consumidores, foram apreendidas espécies que são foco do PAN Tubarões (Alvarenga *et al.*, 2024; Santos *et al*., 2023). Um exemplo de grande operação, com repercussão na mídia, foi a Operação Makaira, realizada entre maio e junho de 2023, que confiscou 28.7 toneladas de nadadeiras de tubarão que estavam sendo exportadas para a China. Do total, 27.6 toneladas foram encontradas em uma empresa exportadora de Santa Catarina e 1.1 tonelada foi apreendida no Aeroporto Internacional de Guarulhos. Nesta operação, continham nadadeiras de tubarão-azul (*Prionace glauca*) e tubarão-mako (*Isurus oxyrinchus*), sendo que este último foi incluído na lista de animais ameaçados de extinção em maio de 2023 (G1, 2023).

As operações de comando e controle, associadas à identificação de espécies, permitem a assimilação da cadeia produtiva, que é constituída das etapas de desembarque, conservação, transporte, processamento, armazenamento e comercialização. A identificação com base na morfologia animal não é considerada tão segura, principalmente em casos de evisceração dos tubarões, requerendo métodos mais precisos, como as técnicas genéticas e bioquímicas. O conhecimento das espécies exploradas é crucial para embasar as ações que integram o processo de gestão pesqueira (Santos *et al*., 2023).

Em vista do que foi abordado, é notável o quanto uma gestão pesqueira de qualidade, fundamentada por dados científicos, é imprescindível para a conservação dos elasmobrânquios, ao visar a manutenção ou até a recuperação de estoques pesqueiros

sobreexplotados ou ameaçados de extinção (Worm *et al*., 2013; Ferrette *et al*., 2019; Pacoureau *et al*., 2021; Barreto *et al*., 2023; Alvarenga *et al*., 2024). As ações da gestão pesqueira viabilizam, além do esclarecimento da cadeia produtiva, o aperfeiçoamento da fiscalização, a percepção dos impactos e a posterior determinação de práticas de mitigação destes efeitos (Barreto *et al*., 2023).

No entanto, independentemente da forma que ocorre o monitoramento e das demais atividades que integram o regime da gestão pesqueira no Brasil, o comércio da carne e nadadeiras é uma evidência de que a captura de elasmobrânquios continua ocorrendo, possivelmente, sem o conhecimento das espécies de tubarões que sofrem exploração. Diante desta perspectiva, a identificação específica dos tubarões comercializados auxilia na compreensão das espécies exploradas, mesmo o comércio sendo a etapa final da cadeia produtiva.

### 1.4 Genética molecular na identificação de espécies

O comércio de recursos pesqueiros, em especial de tubarões, é frequentemente composto pela descaracterização dos produtos, que costumam ser comercializados na forma de charutos, postas e nadadeiras (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014). Este contexto impossibilita a identificação morfológica das espécies, em decorrência da perda das características fenotípicas necessárias para a diferenciação, e por isso a genética molecular torna-se uma aliada ao permitir que pequenas amostras sejam utilizadas para a identificação de espécies através das técnicas moleculares.

Para realizar a identificação baseada no DNA, a amplificação convencional por Reação em Cadeia da Polimerase (PCR - *Polymerase Chain Reaction*) permite a execução das

técnicas de PCR-*Multiplex*, com *primers* espécie-específicos; a PCR quantitativa em tempo real (qPCR); e o sequenciamento de marcadores moleculares, que pode ser único, como gene Citocromo C Oxidase subunidade I (COI), ou a combinação de dois ou mais, como o COI e a Desidrogenase subunidade 2 (NADH2) (Domingues *et al*., 2021).

Cada uma das técnicas possui uma especificidade, bem como vantagens e desvantagens. A PCR-*Multiplex*, por exemplo, é uma ótima opção para a identificação de um grupo alvo (Domingues *et al*., 2021), o que foi demonstrado pelo trabalho de Silvério (2010) com a identificação de seis espécies de tubarões comercializadas no norte do litoral paulista. A PCR quantitativa é uma técnica rápida, sendo viável para aplicação em campo, como foi realizado no trabalho de Cardeñosa *et al*. (2018), que identificou nove espécies de tubarões constantes na lista da Convenção sobre o Comércio de Espécies Silvestres Ameaçadas de Extinção (CITES).

Com relação aos métodos que envolvem o sequenciamento de marcadores moleculares, o gene mitocondrial COI, que fundamenta o sistema denominado *DNA Barcode* (Hebert *et al*., 2003), é o mais utilizado para a identificação de elasmobrânquios (Domingues *et al*., 2021; Alvarenga *et al*., 2024). Contudo, em situações de difícil identificação devido à hibridização ou recente divergência entre as espécies, é recomendado o uso de dois ou mais marcadores moleculares, como o COI e o NADH2, que contemplam uma ampla gama de tempos de história evolutiva dos elasmobrânquios (Domingues *et al*., 2021). Feitosa *et al*. (2018) realizaram a identificação, a partir do *Barcode* multi-lócus, de 17 espécies de tubarões comercializadas na costa norte do Brasil. Em casos de amostras de baixa qualidade, com o DNA degradado, uma possibilidade é o emprego da técnica de *Mini-Barcode*, que foi formulada para a identificação de nadadeiras de tubarões processadas (Fields *et al*., 2015).

Além das técnicas apresentadas, a identificação em larga escala, conhecida como *Metabarcode*, é uma abordagem relativamente recente e com potencial a ser explorado, (Domingues *et al*., 2021).

Ao analisar o método de *DNA Barcode*, desenvolvido por Hebert *et al*. (2003), constata-se que é uma técnica amplamente difundida na identificação de elasmobrânquios, com elevada representatividade do gene COI nas bases de dados (Domingues *et al*., 2021; Alvarenga *et al*. 2024). A proposição do uso do COI como marcador molecular decorre de algumas características importantes. É um gene mitocondrial constituído por 650 pares de base (pb), sem íntrons e com herança exclusivamente materna, o que inibe a recombinação gênica. Este gene apresenta vasto conjunto de sinais filogenéticos e evolução rápida o suficiente para a diferenciação de espécies e até mesmo de grupos filogeográficos pertencentes à mesma espécie (Hebert *et al*., 2003).

Sob tal perspectiva, as sequências do COI são exclusivas para cada espécie e estruturadas a partir da alternância dos quatro nucleotídeos, simbolizados pelas bases nitrogenadas (Adenina, Timina, Citosina e Guanina), presentes no DNA. Examinando apenas 15 posições das sequências nucleotídicas, origina-se 1 bilhão de possibilidades, o que representa muito mais do que já foi descrito da biodiversidade animal. A individualidade das espécies assemelha-se com a singularidade dos códigos de barras do mercado varejista, e por isso a técnica molecular recebe este nome. A diferença é no emprego de dez números variando em 11 posições para a formação de 100 bilhões de identificadores de produtos (Hebert *et al*., 2003).

Para o bom desempenho do sistema de *DNA Barcode*, foi determinante a organização de um banco de dados *online* para armazenar todas as informações referentes

às espécies, incluindo as sequências nucleotídicas do gene COI, de forma estruturada e contínua, para permitir comparações. O BOLD *Systems* (*Barcode of Life Database*) foi desenvolvido para o depósito e acúmulo das informações relativas às espécies, como os dados taxonômicos; a foto e o número de espécimes; data, local e responsável pela coleta; instituição em que a amostra está acondicionada; e *primers* para a amplificação e sequenciamento (Ratnasingham; Hebert, 2010).

Alvarenga *et al*. (2024) apresentaram uma revisão de trabalhos que aplicaram a genética molecular para a identificação de elasmobrânquios comercializados no Brasil, em um período de 15 anos. Das 3784 amostras reportadas, nos 27 artigos analisados, 1419 eram referentes a 36 espécies de tubarões.

Alguns exemplos de estudos que identificaram espécies de tubarões constantes no comércio, a partir do *DNA Barcode* foram Holmes; Stanke; Ward (2009), que detectaram 20 espécies presentes em embarcações australianas; Ramos (2016), que verificou três espécies ameaçadas entre as oito comercializadas no litoral norte de São Paulo; Bunholi *et al*. (2018), ao relatarem duas espécies ameaçadas de extinção no comércio do litoral paulista; Ferrette *et al*. (2019), que apontaram 9 espécies ameaçadas das 19 que foram encontradas em apreensões de nadadeiras, advindas do *finning*; Daneluz (2020), que comprovou o comércio de uma espécie ameaçada entre as três presentes na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais (CEAGESP); Bernardo *et al*. (2020), ao descrever 12 espécies nos mercados de peixe da região Sul; e Martins *et al*. (2021), que evidenciaram o comércio de 13 espécies ameaçadas entre as 20 presentes nos mercados da costa Amazônica.

Destaca-se, portanto, a magnitude do desenvolvimento de trabalhos de identificação de espécies de tubarões comercializados, auxiliando no monitoramento do comércio ilegal,

além de amparar as ações de gestão pesqueira voltadas ao manejo e conservação destes animais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Tendo em vista a importância econômica dos tubarões, sua crescente exploração comercial, a falta de dados oficiais de captura e as características biológicas do grupo, o presente estudo tem como objetivo aplicar a técnica de *DNA Barcode* para a identificação de espécies de tubarões, comercializadas na forma de nadadeiras, que foram apreendidas pelos agentes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no Aeroporto Internacional de Guarulhos a fim de caracterizar parte da exploração pesqueira e fundamentar práticas de conservação e manejo dos tubarões.

### 2.2 Objetivos específicos

- Indicar as espécies presentes no comércio de nadadeiras através da amplificação e do posterior sequenciamento do gene COI, e da identificação por similaridade;
- Verificar a existência de espécies ameaçadas de extinção nas apreensões realizadas pela fiscalização ambiental do Aeroporto Internacional de Guarulhos;
- Sintetizar os dados obtidos, fornecendo subsídios referentes à exploração e comércio de tubarões, para a execução de práticas de manejo adequadas.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Amostragem

A amostragem deste trabalho é resultado de uma colaboração entre o Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LaGenPe) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em que os agentes do IBAMA realizaram operações de apreensões no Centro de Encomendas Internacional (CEINT/SP) da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (Correios), na unidade situada no Aeroporto Internacional de Guarulhos; no Terminal de Cargas (TECA); e nas bagagens despachadas em voos comerciais.

Nestas operações, os materiais apreendidos caracterizados como biopirataria, são direcionados à Unidade Técnica do IBAMA, no próprio aeroporto, e dentre estes materiais, estão as nadadeiras de tubarão, que são objeto de estudo deste trabalho.

Realizaram-se duas coletas de nadadeiras confiscadas para compor esta amostragem, sendo que a primeira coleta ocorreu em setembro de 2022 e teve 307 amostras coletadas, e a segunda em maio de 2023, com 286 amostras coletadas. Assim, este estudo contou com 593 amostras (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização da amostragem

| | Apreensão | Local da Apreensão | Nº de amostras |
|---|---|---|---|
| Coleta 1 | A | CEINT/SP | 80 |
| | B | | 80 |
| | C | | 67 |
| | D | | 80 |
| Coleta 2 | E | Bagagens de passageiros | 47 |
| | F | Bagagem de passageiros | 67 |
| | G | CEINT/SP | 18 |
| | H | TECA | 154 |
| | | **TOTAL** | 593 |

Na coleta de setembro de 2022, as amostras eram provenientes de quatro diferentes apreensões do CEINT/SP. Enquanto na segunda coleta, em maio de 2023, os materiais foram coletados de duas apreensões de bagagens despachadas (n = 114); de uma advinda do CEINT/SP (n = 18) e de uma apreensão do Terminal de Cargas, com uma tonelada de nadadeiras (n = 154).

Durante a coleta, foi retirado um pequeno fragmento de cada nadadeira, que foram acondicionados em álcool 100%, a fim de assegurar a qualidade das análises moleculares, e transportados para o Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LaGenPe), em Bauru - SP, onde integrou o banco de tecidos.

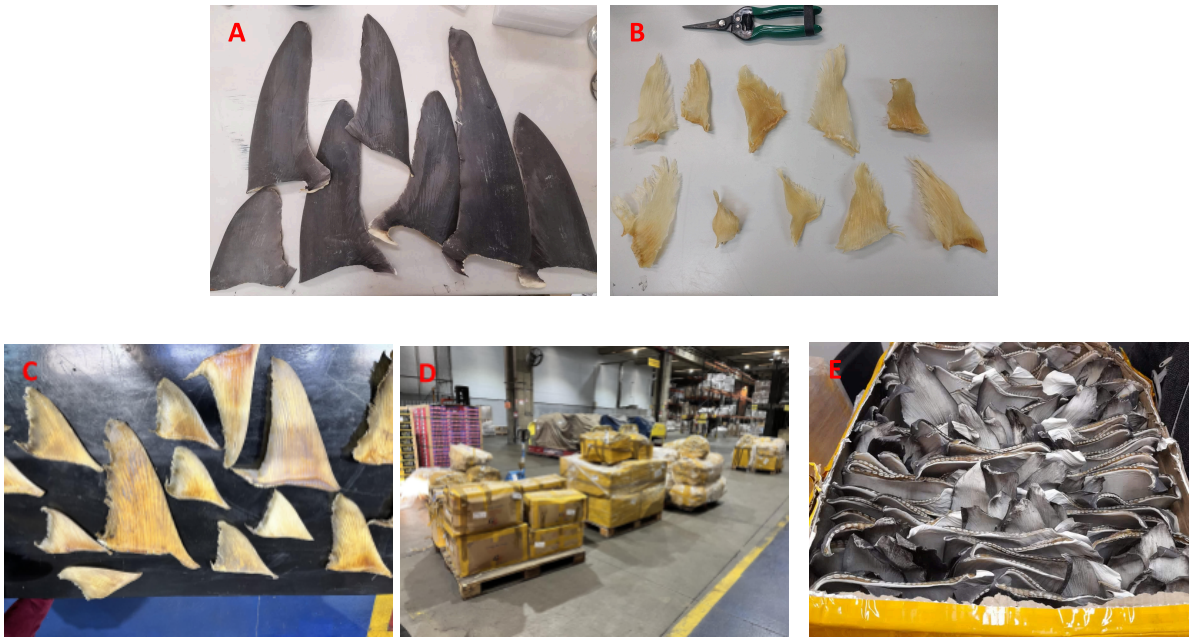



**Figura 1.** Coleta das nadadeiras. A, B e C: Nadadeiras em diferentes tratamentos. D: Terminal de Exportação de Cargas. E: Caixa advinda do CEINT/SP

## 3.2 Técnicas laboratoriais

### 3.2.1 Extração de DNA

Os fragmentos de nadadeiras foram submetidos ao processo de extração de DNA, utilizando o Kit comercial "Wizard Genomic DNA Purification Kit – Promega", de acordo com o seguinte protocolo:

1. Numerar duas séries de tubos de microcentrífuga (1,5ml);

2. Retirar um fragmento de tecido, secar em papel toalha para retirar o álcool, colocar no tubo de microcentrífuga e levar para estufa, a 37ºC, por aproximadamente 10 min;

3. Adicionar 500 µL de *Nuclei Lysis Solution* ao tecido;

4. Adicionar 17 µL de *Proteinase K* e passar pelo vórtex;

5. Incubar em banho-maria, a 55ºC, *overnight* (vortexar sempre que possível);

6. Retirar do banho-maria e deixar voltar à temperatura ambiente;

7. Adicionar 3 µL de *RNAse*, misturar por inversão (5x) e levar para estufa (ou em banho-maria), a 37ºC, por 30 min;

8. Retirar da estufa e deixar voltar à temperatura ambiente, por 5 min;

9. Adicionar 200 µL de *Protein Precipitation Solution* e vortexar por 20s;

10. Levar ao gelo por 5 min;

11. Centrifugar por 4 min a 14.000 rpm;

12. Transferir o sobrenadante para a segunda série de microtubos e adicionar 600 µL de Isopropanol gelado e misturar por inversão (5x), até formar "fios brancos";

13. Centrifugar por 6 min a 14.000 rpm e descartar o sobrenadante, deixando os microtubos virados em papel toalha, até escorrer o isopropanol;

14. Adicionar 600 µL de Etanol 70% gelado e misturar por inversão (5x)

15. Centrifugar por 6 min a 13.000 rpm;

16. Descartar o sobrenadante, deixando os microtubos virados em papel toalha em temperatura ambiente *overnight* ou em estufa, a 37ºC, por cerca de 1h;

17. Adicionar 35 µL de *DNA Rehydration Solution* e incubar a 65ºC por 1h ou *overnight* a 37ºC.

### 3.2.2 Amplificação do gene COI

Subsequentemente a extração, a técnica de *Polymerase Chain Reaction* (PCR) foi executada com a finalidade de amplificar fragmentos de aproximadamente 650 pb do gene mitocondrial Citocromo C Oxidase I (COI), utilizando os *primers* COI Fish F1 (5' - TCA ACC AAC CAC AAA GAC ATT GGC AC - 3') e COI Fish R1 (5' - TAG ACT TCT GGG TGG CCA AAG AAT CA - 3'), descritos por Ward *et al*. (2005).

A PCR foi realizada em um termociclador (*Applied Biosystems*), com um volume final de 12,5 µL, de modo que a reação e o programa aplicados estão representados a seguir:

| Reagente | Concentração final |
|---|---|
| 8,03 µL de H2O *MilliQ* | |
| 1,25 µL de PCR *buffer* | 10 X |
| 0,57 µL de MgCℓ2 | 50 mM |
| 0,50 µL de dNTP mix | 100 mM |
| 0,25 µL de COI Fish F1 | 10 µM |
| 0,25 µL de COI Fish R1 | 10 µM |
| 0,15 µL de *Taq Polymerase* | 5 U/µL |
| 1,50 µL de DNA | 10-30 ng/µL |
| 12,5 µL | |

| Etapa | Temperatura | Tempo | |
|---|---|---|---|
| Desnaturação inicial | 95º C | 5 min | |
| Desnaturação | 94º C | 30 s | 35 x |
| Anelamento | 52º C | 45 s | |
| Extensão inicial | 68º C | 1 min | |
| Extensão final | 68º C | 7 min | |

Os produtos da PCR foram submetidos à eletroforese em gel de agarose, com concentração 2%, para verificar em quais amostras houve a amplificação positiva. Nesta etapa, *Gel Red Nucleic Acid* (*Biotium*) e *Blue Juice Loading Buffer* (*Invitrogen*) foram aplicados junto a cada produto da PCR para assegurar a coloração e o peso molecular, respectivamente, e assim possibilitar a visualização em um transiluminador, bem como o registro fotográfico com uma câmera OLYMPUS, C-5060. Vale evidenciar que usufruiu-se de um marcador de peso molecular e concentração, *MassRuler DNA Ladder Low Range*, para comparação visual dos tamanhos de fragmentos amplificados.

### 3.2.3 Sequenciamento

As amplificações positivas foram enviadas ao Instituto de Biotecnologia (IBTEC) da Unesp de Botucatu para a realização da reação de purificação utilizando as enzimas *ExoSAP-IT® PCR Product Cleanup* (*ThermoFischer Scientific™*) e, posteriormente, a reação de sequenciamento com o kit *BigDye Terminator* v3.1 *Cycle Sequencing Ready Reaction* (*Applied Biosystems*). Os produtos da reação de sequenciamento foram analisados no sequenciador de DNA automático, modelo ABI 3500 *Genetic Analyzer* (*Applied Biosystems*).

## 3.3 Identificação de espécies por similaridade

Os eletroferogramas resultantes do sequenciamento foram analisados e editados no *software GENEIOUS* v. 4.8.5 (Kearse *et al*. 2012), e as sequências submetidas à comparação com aquelas já depositadas no banco de dados BOLD *Systems* (Ratnasingham; Hebert, 2010) e NCBI (*National Center for Biotechnology Information*). Para a identificação precisa, o parâmetro empregado foi o valor igual ou maior a 98% de similaridade entre as sequências.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados gerais

Ao todo, alcançou-se 336 identificações a nível de espécie a partir das nadadeiras de tubarão coletadas das apreensões realizadas no Aeroporto Internacional de Guarulhos, pelos agentes do IBAMA (Tabela 2).

**Tabela 2.** Espécies identificadas dentre as amostras coletadas

| Ordem | Família | Espécie | Nome popular | Amostras | Frequência relativa (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Carcharhiniformes | Carcharhinidae | *Carcharhinus acronotus* | Cação-flamengo | 10 | 2,98 |
| | | *Carcharhinus falciformis* | Tubarão-lombo-preto | 6 | 1,78 |
| | | *Carcharhinus leucas* | Cabeça-chata | 3 | 0,89 |
| | | *Carcharhinus porosus* | Cação-azeiteiro | 20 | 5,96 |
| | | *Prionace glauca* | Tubarão-azul | 185 | 55,05 |
| | Galeocerdonidae | *Galeocerdo cuvier* | Tubarão-tigre | 5 | 1,49 |
| | Sphyrnidae | *Sphyrna lewini* | Tubarão-martelo | 30 | 8,93 |
| | | *Sphyrna mokarran* | Tubarão-martelo-grande | 30 | 8,93 |
| | | *Sphyrna tudes* | Tubarão-martelo | 5 | 1,49 |
| Lamniformes | Lamnidae | *Isurus oxyrinchus* | Tubarão-mako | 42 | 12,5 |
| | | | **TOTAL** | **336** | **100** |

Ao considerar o número total de amostras identificadas, foram verificadas duas ordens, quatro famílias, cinco gêneros e dez espécies. A ordem mais abundante é Carcharhiniformes, com nove espécies atribuídas a 294 exemplares (87,5%). Os outros 42 exemplares (12,5%) pertencem à ordem Lamniformes, representada por apenas uma espécie, o tubarão-mako (Figura 2). Referindo-se à família Carcharhinidae, as amostras identificadas referem-se à cinco espécies pertencentes aos gêneros *Carcharhinus e Prionace*. Os tubarões-martelo, da família Sphyrnidae, foram representados por três espécies,

somando 65 amostras (19,35%) e a família Galeocerdonidae foi representada pela sua única espécie, o tubarão-tigre, com cinco identificações (1,49%) (Figura 2).

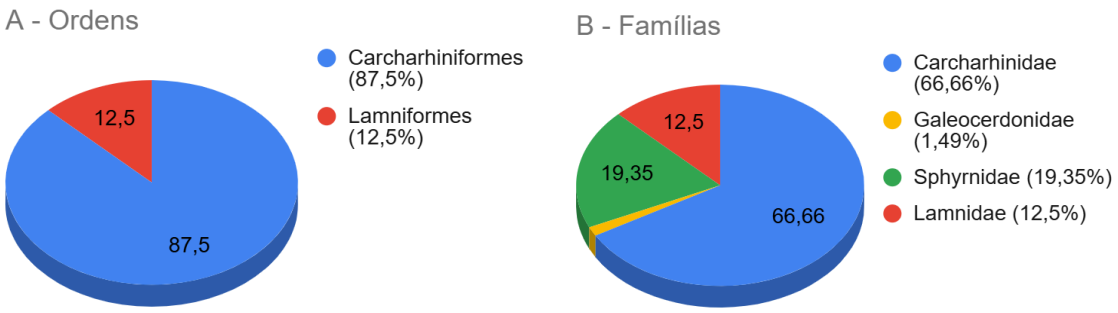



**Figura 2:** Frequência relativa (A) das ordens e famílias (B) identificadas

Com 185 amostras identificadas, *Prionace glauca* (tubarão-azul) foi a espécie mais frequente, configurando 55,05% das identificações. Já a espécie com menor abundância foi *Carcharhinus leucas* (cabeça-chata), com três espécimes (0,89%) (Figura 3).

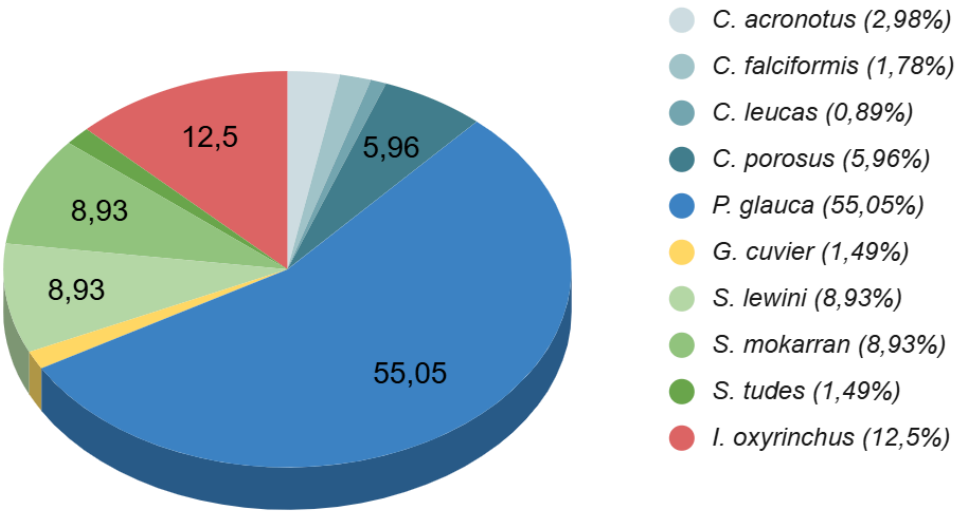



**Figura 3:** Frequência relativa das espécies identificadas

### 4.2 Resultados por coleta

Quando os resultados das duas coletas são analisados separadamente, observa-se 182 identificações referentes à primeira coleta e 154 à segunda (Tabela 3). Há espécies que estão presentes em ambas as coletas, como *P. glauca*, *C. falciformis*, *G. cuvier*, *S. lewini* e *S. mokarran*, assim como espécies que estão presentes em apenas uma delas. Com relação à riqueza de espécies, há maior diversidade na segunda coleta (9 espécies) ao comparar com a primeira (6 espécies).

**Tabela 3.** Espécies identificadas em cada coleta

| Espécie | Coleta 1 | | Coleta 2 | | Nº de amostras total |
|---|---|---|---|---|---|
| | Nº de Amostras | Frequência relativa (%) | Nº de Amostras | Frequência relativa (%) | |
| *Carcharhinus acronotus* | - | - | 10 | 6,49 | 10 |
| *Carcharhinus falciformis* | 4 | 2,19 | 2 | 1,29 | 6 |
| *Carcharhinus leucas* | - | - | 3 | 1,95 | 3 |
| *Carcharhinus porosus* | - | - | 20 | 12,99 | 20 |
| *Prionace glauca* | 109 | 59,9 | 76 | 49,35 | 185 |
| *Galeocerdo cuvier* | 4 | 2,19 | 1 | 0,64 | 5 |
| *Sphyrna lewini* | 2 | 1,1 | 28 | 18,2 | 30 |
| *Sphyrna mokarran* | 21 | 11,54 | 9 | 5,85 | 30 |
| *Sphyrna tudes* | - | - | 5 | 3,24 | 5 |
| *Isurus oxyrinchus* | 42 | 23,08 | - | - | 42 |
| **TOTAL** | 182 | 100 | 154 | 100 | 336 |

Nota-se que *P. glauca* é a espécie mais frequente nas duas coletas, com percentuais de 59,9% (109) e 49,35% (76). Enquanto *S. lewini* é a menos abundante na primeira coleta, com duas amostras identificadas (1,1%), e *G. cuvier* na segunda, com apenas um espécime (0,64%).

### 4.3 Resultados por apreensão

Ao explorar os dados obtidos a partir das apreensões de forma individual, deve-se atentar aos três perfis encontrados. Houve confisco de material durante o controle aduaneiro das encomendas na unidade dos Correios situada no Aeroporto Internacional de Guarulhos, além de uma apreensão no Terminal de Cargas e duas referentes à fiscalização de bagagens despachadas em voos comerciais (Tabela 4).

**Tabela 4.** Espécies identificadas em cada apreensão

| Espécie | Coleta 1 | | | | Coleta 2 | | | | Nº de amostras total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Apre A | Apre B | Apre C | Apre D | Apre E | Apre F | Apre G | Apre H | |
| *Carcharhinus acronotus* | - | - | - | - | - | 10 | - | - | 10 |
| *Carcharhinus falciformis* | - | - | 1 | 3 | - | 2 | - | - | 6 |
| *Carcharhinus leucas* | - | - | - | - | - | 3 | - | - | 3 |
| *Carcharhinus porosus* | - | - | - | - | - | 20 | - | - | 20 |
| *Prionace glauca* | 48 | 43 | 8 | 10 | - | - | 13 | 63 | 185 |
| *Galeocerdo cuvier* | - | - | 3 | - | - | 1 | - | - | 4 |
| *Sphyrna lewini* | - | - | 2 | 1 | 27 | 1 | - | - | 31 |
| *Sphyrna mokarran* | - | - | 7 | 14 | - | 9 | - | - | 30 |
| *Sphyrna tudes* | - | - | - | - | - | 5 | - | - | 5 |
| *Isurus oxyrinchus* | - | - | 32 | 10 | - | - | - | - | 42 |
| **TOTAL** | 48 | 43 | 53 | 38 | 27 | 51 | 13 | 63 | 336 |

As apreensões A, B, C e D, da primeira coleta, e a G, da segunda coleta, são provenientes dos Correios, somando 195 exemplares identificados. As apreensões E e F, da segunda coleta, originaram-se das bagagens, com a identificação de 78 amostras; e a

apreensão H, também da segunda coleta, é respectiva à coleta realizada diretamente no Terminal de Cargas, com 63 identificações registradas (Tabela 5 e Figura 4).

**Tabela 5.** Espécies identificadas por tipo de apreensão

| Espécie | Correios | Frequência relativa (%) | Bagagens | Frequência relativa (%) | TECA | Frequência relativa (%) | Nº de amostras total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *C. acronotus* | - | - | 10 | 12,82 | - | - | 10 |
| *C. falciformis* | 4 | 2,05 | 2 | 1,28 | - | - | 6 |
| *C. leucas* | - | - | 3 | 3,84 | - | - | 3 |
| *C. porosus* | - | - | 20 | 25,64 | - | - | 20 |
| *P. glauca* | 122 | 62,56 | - | - | 63 | 100 | 185 |
| *G. cuvier* | 3 | 1,54 | 1 | 1,28 | - | - | 4 |
| *S. lewini* | 3 | 1,54 | 28 | 38,47 | - | - | 31 |
| *S. mokarran* | 21 | 10,77 | 9 | 11,54 | - | - | 30 |
| *S. tudes* | - | - | 5 | 5,13 | - | - | 5 |
| *I. oxyrinchus* | 42 | 21,54 | - | - | - | - | 42 |
| **TOTAL** | 195 | 100 | 78 | 100 | 63 | 100 | 336 |

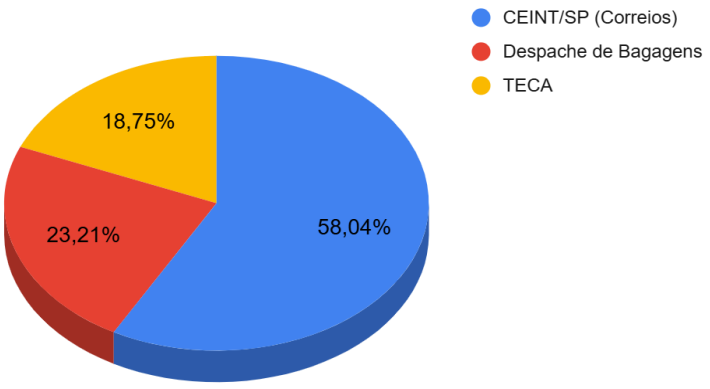



**Figura 4:** Frequência relativa das amostras identificadas nos tipos de apreensão

Independente do perfil, há apreensões que apresentaram apenas uma espécie, que foi o ocorrido com as apreensões A, B e G, advindas do controle aduaneiro dos Correios, e o

confisco referente às cargas para exportação (apreensão H) continham apenas a espécie *P.glauca*. Outra apreensão com a identificação de apenas uma espécie é a E, decorrente da fiscalização de bagagens, com amostras de *S. lewini* (Tabela 4).

As apreensões C e D, derivadas dos Correios, exibiram seis e cinco espécies, respectivamente. Na apreensão C, foram constatadas *C. falciformis*, *P. glauca*, *G. cuvier*, *S. lewini*, *S. mokarran* e *I. oxyrinchus*. Ao passo que na apreensão D, destas espécies já citadas, não foi observado *G. cuvier* (Tabela 4).

A apreensão com maior riqueza de espécies foi a F, originária da fiscalização de bagagens de voos comerciais, exibindo oito espécies: *C. acronotus*, *C. falciformis*, *C. leucas*, *C. porosus*, *G. cuvier*, *S. lewini*, *S. mokarran* e *S. tudes* (Tabela 4).

**4.4 Características das espécies constatadas nas apreensões**

Algumas famílias foram identificadas e pontuadas no presente trabalho:

FAMÍLIA CARCHARHINIDAE

*Carcharhinus acronotus* (Poey, 1860)

Conhecido como cação-flamengo ou tubarão-de-focinho-preto, com tamanho aproximado de 1,5 m, a espécie distribui-se por toda costa brasileira. Apresenta *habitat* costeiro e modo de vida pelágico, sendo eventualmente encontrada em recifes. Sua alimentação caracteriza-se por pequenos invertebrados e peixes ósseos. Com relação à reprodução e ciclo de vida, a espécie é vivípara placentária com cerca de três a seis filhotes por gestação, que nascem com 35-40 cm (Gadig, 2001).

A espécie é considerada alvo na pesca artesanal e fauna acompanhante na pesca industrial (Lessa *et al*., 1999), e foi amostrada no comércio da cidade de Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009; Martins *et al*., 2021), e em apreensões de nadadeiras realizadas no Norte (PA), Nordeste (RN) e Sudeste (SP) (Ferrette *et al*., 2019). Quanto à conservação, a espécie consta como em perigo (EN) na Lista Vermelha da Unidade Internacional para a Conservação da Natureza - IUCN (Carlson *et al*., 2021) e foi categorizada como vulnerável (VU) pelo Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE (Gadig *et al.*, 2025a).

*Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839)

A espécie popularmente conhecida como tubarão-lombo-preto, é distribuída mundialmente, estando presente em toda a costa brasileira e vivendo em regiões oceânicas, onde são capturados por barcos espinheleiros, além dos registros ocasionais em áreas costeiras. Referente à biologia, o tamanho é de aproximadamente 3,3 m, o modo de vida é pelágico e a alimentação é baseada em peixes ósseos e pequenos cefalópodes. Apresenta viviparidade placentária, nascendo de dois a 14 filhotes, com 70-80 cm, por parto (Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho-Filho; Gadig, 2020).

Com valor comercial, a espécie foi constatada no comércio do litoral paulista (Ramos, 2016), do Paraná (Bernardo *et al*., 2020) e de Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009; Martins *et al*., 2021). A respeito da conservação, o tubarão-lombo-preto é classificado como vulnerável (VU) na Lista Vermelha da IUCN (Rigby *et al*., 2021a), e criticamente em perigo (CR) segundo o SALVE (Santander Neto *et al.*, 2025).

*Carcharhinus leucas* (Müller & Henle, 1839)

Popularmente conhecida por tubarão-cabeça-chata, a espécie é estritamente costeira, com distribuição mundial, e no Brasil está presente em toda a costa brasileira, mas principalmente nas regiões norte e nordeste. É frequente em ambientes estuarinos, e há registros de incursões em água doce, como o Rio Amazonas. Relativo à biologia, apresenta tamanho aproximado de 3,5 m e alimentação constituída por uma pluralidade de organismos, como pequenos peixes ósseos, outros elasmobrânquios, mamíferos, tartarugas e pequenos invertebrados, sendo considerado um predador importante do ecossistema marinho. A reprodução é por meio de viviparidade placentária, com um a 13 filhotes por gestação, que nascem com 56-82 cm (Gadig, 2001).

A degradação ambiental nas regiões costeiras, em especial a construção de portos, é uma provável causa do início de incidentes entre tubarões e humanos na faixa litorânea, no estado de Pernambuco (Gadig, 2001; Kotas *et al*., 2023). Tais episódios incitaram a população a capturar esses animais (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014). No comércio, a espécie foi encontrada na cidade de Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009; Martins *et al*., 2021) e nas apreensões ocorridas em Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019). Atualmente, a espécie é categorizada como vulnerável (VU) pela IUCN (Rigby *et al*., 2021b) e pelo SALVE (Gadig *et al.*, 2025b).

*Carcharhinus porosus* (Ranzani, 1839)

Denominada popularmente como cação-azeiteiro, a espécie possui *habitat* costeiro e modo de vida pelágico, estando presente com mais frequência nas costas Norte e Nordeste, e menos registros nas costas central e sudeste. Seu tamanho é de aproximadamente 1,5 m,

com alimentação composta por pequenos peixes ósseos e crustáceos. A espécie tem a longevidade estimada em 12 anos, com ciclo reprodutivo bienal, gestação de 12 meses, viviparidade placentária e dois a onze filhotes de 35-40 cm (Gadig, 2001; ICMBio, 2018b).

É considerada uma das principais espécies capturadas incidentalmente nas pescarias comerciais brasileiras (Gadig; Rosa, 2023), sendo a mais abundante em um trabalho realizado no comércio de Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009), porém em outro estudo desenvolvido na mesma cidade, foi encontrada novamente, em menor quantidade (Martins *et al*., 2021). Nas apreensões de nadadeiras em Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP, foi a terceira espécie mais abundante (Ferrette *et al.*, 2019). Atualmente, é categorizada como criticamente em perigo (CR) pela IUCN (Pollom *et al*., 2020a) e pelo SALVE (Lessa *et al.*, 2025).

*Prionace glauca* (Linnaeus, 1758)

Com o nome popular de tubarão-azul, a espécie também pode ser nomeada como *Carcharhinus glaucus* (Rodrigues-Filho *et al*., 2023). No Brasil, está presente em toda a costa, em regiões oceânicas, além de apresentar ampla distribuição mundial e migrações transoceânicas. É alvo da pesca industrial, capturado pelas frotas espinheleiras no mundo todo (Lessa *et al*., 1999; Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho-Filho; Gadig, 2020). A espécie possui tamanho médio de 3,8 m, é considerada predador de topo, com alimentação composta por peixes ósseos, cefalópodes, crustáceos e cetáceos. É vivípara placentária e nascem, geralmente, 25-30 filhotes, com quadros de até 125 filhotes por gestação (Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho-Filho; Gadig, 2020).

Trabalhos realizados apresentaram o tubarão-azul constante e em altas quantidades nas capturas e nos comércios de carne e nadadeiras, como a comercialização da espécie no litoral paulista (Silvério, 2010; Ramos, 2016), no CEAGESP (Daneluz, 2020), no estado do Paraná (Bernardo *et al*., 2020), além das apreensões de nadadeiras em Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019). Apesar da elevada captura e posterior comércio, o *P. glauca* é classificado como quase ameaçado (NT) pela IUCN (Rigby *et al*., 2019b) e pelo SALVE (Santos *et al*., 2025).

FAMÍLIA GALEOCERDONIDAE

*Galeocerdo cuvier* (Péron & LeSueur in LeSueur, 1822)

A espécie popularmente conhecida como tubarão-tigre é considerada de grande porte, com tamanho médio de 6 m. Apresenta distribuição cosmopolita, com *habitat* costeiro-oceânico, vivendo desde águas rasas até 350 m de profundidade e, normalmente, os indivíduos jovens são registrados mais próximos à superfície e os adultos em áreas mais profundas. Presente ao longo de toda a costa brasileira e em regiões insulares, em especial da costa nordeste como o Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas. Sua alimentação é caracterizada por peixes ósseos, outros elasmobrânquios, aves, répteis e mamíferos marinhos, e eventualmente carcaças de animais terrestres e artefatos humanos (Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020). É uma espécie vivípara lecitotrófica, com uma gestação considerada longa, 8 a 12 meses, nascendo entre 10 e 82 filhotes, com 50-70 cm (Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020).

Além do *C. leucas*, o *G. cuvier* também sofreu com a construção de empreendimentos próximos à costa e acarretou em incidentes com os humanos, motivando

sua captura (Gadig, 2001; Bornatowski; Braga; Vitule, 2014). Para o comércio, a espécie, em geral, é capturada com espinhéis de fundo e redes de emalhe costeiras e, ocasionalmente, com barcos espinheleiros em regiões oceânicas (Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020), sendo amostrada no estado do Paraná (Bernardo *et al*., 2020) e nas apreensões de Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019). Referente ao status de conservação, a IUCN (Ferreira & Simpfendorfer, 2019) e o SALVE (Gadig *et al*., 2025c) categorizam *G. cuvier* como quase ameaçada (NT).

FAMÍLIA SPHYRNIDAE

*Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834)

Com o nome popular de tubarão-martelo, a espécie de tamanho médio de 4 m é costeiro-oceânica e encontrada em faixas litorâneas, recifes, estuários e ilhas, desde a superfície até 400 m de profundidade. Amplamente distribuída ao longo de toda a costa brasileira, são mais frequentes nas costas sudeste e sul. Em geral, os indivíduos neonatos e juvenis são registrados nas regiões mais costeiras durante o verão, enquanto os adultos são vistos tanto na plataforma continental quanto nas regiões oceânicas (Gadig, 2001; ICMBio, 2018b; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020). Sua dieta é composta por diversos peixes ósseos, crustáceos e cefalópodes. Apresenta ciclo reprodutivo anual, gestação de nove a 12 meses, viviparidade placentária, 12 a 41 filhotes de 31-57 cm, que nascem entre primavera e verão nas áreas costeiras (ICMBio, 2018b).

A espécie mais comum da família Sphyrnidae apresenta importância comercial, em especial para a exportação de suas nadadeiras (Kotas *et al*., 2023). Os indivíduos de *S. lewini* são capturados por barcos espinheleiros na plataforma continental, principalmente quando

adultos (Gadig, 2001), e pela pesca artesanal com redes de emalhe nas regiões costeiras, onde há maior presença de neonatos (Kotas *et al*., 2023).

Em trabalhos que avaliaram o comércio desta espécie, foram amostrados indivíduos no litoral paulista (Silvério, 2010; Ramos, 2016), em Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009; Martins *et al*., 2021), na costa do Paraná (Bernardo *et al*., 2020) e nas apreensões de Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019). Diante das capturas para o comércio, a espécie é listada como criticamente em perigo (CR) pela IUCN (Rigby *et al*., 2019c) e pelo SALVE (Kotas *et al*., 2024).

*Sphyrna mokarran* (Rüppel, 1837)

A espécie popularmente conhecida como tubarão-martelo-grande é a maior da família Sphyrnidae no Brasil, com tamanho aproximado de 6 m. Sua distribuição estende da costa norte até a sudeste, com maior abundância no Norte e Nordeste, vivendo tanto em regiões costeiras quanto oceânicas, desde a superfície até 100 m de profundidade (Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020). Quanto à alimentação, caracteriza-se por peixes ósseos, outros elasmobrânquios como as raias, invertebrados e casualmente mamíferos marinhos. A reprodução é bienal, com gestação de 11 meses, a nutrição embrionária é por viviparidade placentária, com 6 a 42 filhotes, de 50-70 cm, por parto (Gadig, 2001; ICMBio, 2018b; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020).

Em decorrência do seu tamanho e da demanda pelas nadadeiras, a espécie possui alto valor comercial e, consequentemente, sofre com a exploração pesqueira artesanal e industrial, principalmente com as redes de emalhe na faixa litorânea (Kotas *et al*., 2023; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020). *S. mokarran* foi identificada nas apreensões de

nadadeiras ocorridas em Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019), e no comércio de Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009; Martins *et al*., 2021). Atualmente, a espécie é classificada como criticamente em perigo (CR) pela Lista Vermelha da IUCN (Rigby *et al*., 2019d) e pelo SALVE (Gadig *et al*., 2025d).

*Sphyrna tudes* (Valencienns, 1822)

A espécie também conhecida como tubarão-martelo é distribuída da costa norte até a sudeste, com maior frequência no Norte e Nordeste, nas regiões costeiras desde águas rasas até cerca de 80 m de profundidade (Gadig, 2001). Com porte médio, de aproximadamente 1,5 m, *S. tudes* se alimenta de pequenos peixes e invertebrados, principalmente crustáceos, e é vivípara placentária com cinco a 19 filhotes que nascem com 30 cm (Gadig, 2001; Kotas *et al*., 2023).

A espécie também é ameaçada pela exploração pesqueira, sendo constatada no comércio de Bragança - PA (Rodrigues-Filho *et al*., 2009; Martins *et al*., 2021) e nas apreensões realizadas em Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019). Além disso, consta como criticamente em perigo (CR) na Lista Vermelha da IUCN (Pollom *et al.,* 2020b) e no SALVE (Gadig *et al*., 2025e).

FAMÍLIA LAMNIDAE

*Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810)

Popularmente conhecida como tubarão-mako ou tubarão-anequim, a espécie é distribuída por toda a costa brasileira, em regiões oceânicas e eventualmente mais próxima

à faixa litorânea durante o verão. Apresentando tamanho médio de 3,8 m, o *I. oxyrinchus* tem a alimentação baseada em peixes ósseos, outros elasmobrânquios, cetáceos, tartarugas marinhas e invertebrados. A reprodução ocorre por viviparidade ovofágica, com cerca de quatro a 25 filhotes, que nascem com aproximadamente 70 cm (Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho Filho; Gadig, 2020).

A espécie, com alto valor comercial, sofre com a captura por barcos espinheleiros em regiões oceânicas. É frequentemente identificada no comércio, como ocorreu no litoral paulista (Silvério, 2010), nas apreensões de nadadeiras em Belém - PA, Natal - RN e Cananéia - SP (Ferrette *et al*., 2019) e no CEAGESP (Daneluz, 2020). Relativo ao status de conservação, *I. oxyrinchus* é classificado como em perigo (EN) pela IUCN (Rigby *et al*., 2019a) e como criticamente em perigo (CR) pelo SALVE (Barreto *et al*., 2024).

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Espécies identificadas no presente trabalho

A identificação das dez espécies representa 10,11% das 99 espécies de tubarões pertencentes à biodiversidade brasileira (Gadig; Rosa, 2023). Com 185 exemplares identificados, *Prionace glauca* (tubarão-azul) foi a espécie mais frequente (55,05%). Sua liderança nas apreensões pode ser explicada pela sua ampla distribuição por toda a costa brasileira, em regiões oceânicas, além de sua taxa de fecundidade relativamente alta ao comparar com os demais tubarões (Gadig, 2001; Gadig; Rosa, 2023).

Os dados alusivos às espécies identificadas nas apreensões realizadas pela fiscalização do Aeroporto Internacional de Guarulhos são fundamentais para a compreensão da cadeia produtiva e por isso foram sumarizados na Tabela 6. Os status de conservação aqui considerados foram do Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE (ICMBio, 2025) por apresentar os dados mais recentes das populações de tubarões que residem na costa brasileira, com avaliações concluídas entre 2016 e 2023, e publicadas entre 2024 e 2025. Os dados da IUCN também foram incluídos, por mostrarem a situação das espécies em escala global (IUCN, 2025).

O Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE adotou o método da IUCN para a avaliação das populações selvagens em sua distribuição natural, determinando o risco de extinção da espécie. O método inclui análises quantitativas e qualitativas a respeito da população; distribuição geográfica; fatores intrínsecos para responder às pressões ambientais; às ameaças à sua sobrevivência, incluindo as ações antrópicas; medidas de conservação vigentes; e o seu histórico de conservação (ICMBio, 2018a). Assim, as espécies apontadas como ameaçadas são aquelas categorizadas como

vulnerável (VU), Em Perigo (EN), Criticamente em Perigo (CR) e Extintas na Natureza (EW) (ICMBio, 2018a).

**Tabela 6.** Informações das espécies constatadas nas apreensões

| Espécie | Região de ocorrência | *Habitat* | SALVE | Red List IUCN |
|---|---|---|---|---|
| *Carcharhinus acronotus* | Norte a Sul | Costeira | VU | EN |
| *Carcharhinus falciformis* | Norte a Sul | Oceânica | CR | VU |
| *Carcharhinus leucas* | Norte a Sul* | Costeira | VU | VU |
| *Carcharhinus porosus* | Norte a Sul* | Costeira | CR | CR |
| *Prionace glauca* | Norte a Sul | Oceânica | NT | NT |
| *Galeocerdo cuvier* | Norte a Sul | Costeiro-Oceânica | NT | NT |
| *Sphyrna lewini* | Norte a Sul** | Costeiro-Oceânica | CR | CR |
| *Sphyrna mokarran* | Norte a Sul* | Costeiro-Oceânica | CR | CR |
| *Sphyrna tudes* | Norte a Sudeste* | Costeira | CR | CR |
| *Isurus oxyrinchus* | Norte a Sul | Oceânica | CR | EN |

*Espécie é mais frequente nas Costas Norte e Nordeste; **Espécie é mais frequente nas Costas Sudeste e Sul
NT – Quase ameaçada, VU – Vulnerável, EN – Em Perigo, CR – Criticamente em Perigo

Ao observar a Tabela 6, nota-se que oito (80%) das dez espécies identificadas nas apreensões estão ameaçadas de extinção, em escala nacional (SALVE) e em escala global (IUCN), divergindo no grau de ameaça. No Brasil, *Carcharhinus acronotus* e *C. leucas* são classificadas como vulnerável (VU); *C. falciformis*, *C. porosus*, *S. lewini*, *S. mokarran* e *S. tudes* como criticamente em perigo (CR); e *Prionace glauca* e *Galeocerdo cuvier* foram categorizadas como quase ameaçadas (NT). No caso de *P. glauca*, embora não haja indicativos de sobre explotação no Brasil, foi definido um limite de pesca de 3.481 toneladas para assegurar a sustentabilidade de suas populações no Atlântico Sul (Ministério da Pesca e da Aquicultura, 2023).

Destaca-se que para as duas espécies que não estão em categorias de ameaça, e que possuem o comércio legal, as apreensões ocorrem por irregularidades na exportação, uma

vez que os Correios proíbem o envio de amostras de material biológico e de animais mortos (Correios, 2024), e o IBAMA requer o Registro de Exportação (RE) junto a carga (IBAMA, 2016).

Todas as espécies verificadas neste estudo estão distribuídas ao longo de toda a costa brasileira, com exceção de *S. tudes*, que não foi registrado na costa sul. No entanto, observou-se que em determinadas regiões há maior abundância das espécies, como é o caso de *C. leucas*, *C. porosus*, *S. mokarran* e *S. tudes* que são mais frequentes nos estados das costas norte e nordeste. Enquanto *S. lewini* é mais amostrado nas regiões sudeste e sul.

Com relação ao *habitat*, *C. acronotus*, *C. leucas*, *C. porosus* e *S. tudes* são espécies estritamente costeiras; *C. falciformis*, *P.glauca* e *I. oxyrinchus* são restritas às regiões oceânicas; e as espécies *G. cuvier*, *S. lewini* e *S. mokarran* vivem em ambas as regiões.

Explorando, precisamente, as espécies ameaçadas de extinção, predomina-se o *habitat* costeiro-oceânico (*S. lewini* e *S. mokarran*) e o estritamente costeiro (*C. porosus* e *S. tudes*). Quanto às regiões, há maior frequência no Norte e Nordeste considerando as espécies que possuem mais registros nestes locais, mesmo distribuídas ao longo de toda a costa brasileira. Apesar do exposto, a Região Nordeste apresenta escassez de pesquisas relacionadas à identificação de espécies de tubarões comercializadas (Alvarenga *et al*., 2024), o que dificulta o desenvolvimento de práticas de conservação.

Ao conhecer quais são as espécies mais exploradas, sua distribuição e seu *habitat*, deve-se eleger estas regiões para o monitoramento da pesca e do comércio, objetivando implementar ações voltadas ao manejo destas populações. Neste sentido, o presente trabalho aponta as regiões Norte e Nordeste e as áreas costeiras como prioridade.

Em geral, as áreas mais próximas da costa são regiões de maior ocorrência da pesca artesanal (Bornatowski; Braga; Vitule, 2014), além de berçário para espécies como *S. lewini* e *S. mokarran*, onde prevalecem a captura de tubarões neonatos e juvenis (Gadig, 2001; Bornatowski; Braga; Vitule, 2014; ICMBio, 2018b), o que é prejudicial para a manutenção destas populações.

Além de considerar as localidades, as práticas de manejo devem incluir alterações relativas às artes de pesca. Um exemplo foi a proibição, através da Portaria Conjunta MMA/ICMBio nº3 de 2018, do uso de estropo de aço na pesca com espinhel-de-superfície na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, como uma forma de reduzir a morte por captura incidental (Brasil, 2018c).

### 5.2 Revisão da atuação do LaGenPe na identificação de tubarões comercializados

O Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LaGenPe) atua na aplicação de técnicas moleculares voltadas para conservação, tendo a identificação de espécies de peixes comercializadas como uma abordagem recorrente há cerca de 15 anos. Durante este período foram desenvolvidos trabalhos a nível de graduação e pós-graduação, que empregaram as técnicas de PCR-*Multiplex* e *DNA Barcode* para a identificação de diferentes grupos de peixes em múltiplos locais (Silvério, 2010; Ramos, 2016; Rodrigues-Junior, 2016; Camacho-Oliveira, 2020; Daneluz, 2020).

No que tange os trabalhos específicos para tubarões, em 2010, a PCR-*Multiplex* foi utilizada para a verificação das espécies comercializadas como “cação”, nos municípios de Cananéia, Santos e Ubatuba, no litoral paulista. Como resultado, identificou-se a presença de *Alopias vulpinus*, *Isurus oxyrinchus*, *Prionace glauca*, *Rhizoprionodon lalandii*, *R. porosus* e

*Sphyrna lewini* (Silvério, 2010). Em 2016, a técnica de *DNA Barcode* foi implementada, no laboratório, como método de identificação genética da carne e nadadeiras de tubarão comercializadas em Santos - SP e Ubatuba - SP. Foram constatadas as seguintes espécies: *Carcharhinus brevipinna*, *C. falciformis*, *C. limbatus*, *P. glauca*, *R. lalandii*, *R. porosus*, *R. terranovae* e *S. lewini* (Ramos, 2016). Já em 2020, o local de coleta das amostras de "cação" foi o CEAGESP, com três espécies verificadas: *I.* oxyrinchus, *P. glauca* e *Squalus cubensis* (Daneluz, 2020). A fim de comparar as espécies identificadas nos trabalhos anteriores com o presente estudo, os resultados foram sistematizados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Frequência absoluta das espécies de tubarões identificadas no comércio ao longo dos últimos 15 anos.

| Família | Espécie | Nº amostras 2010 | Nº amostras 2016 | Nº amostras 2020 | Nº amostras 2024 |
|---|---|---|---|---|---|
| Carcharhinidae | *Carcharhinus acronotus* | - | - | - | 10 |
| | *Carcharhinus brevipinna* | - | 1 | - | - |
| | *Carcharhinus falciformis* | - | 1 | - | 6 |
| | *Carcharhinus leucas* | - | - | - | 3 |
| | *Carcharhinus limbatus* | - | 3 | - | - |
| | *Carcharhinus porosus* | - | - | - | 20 |
| | *Prionace glauca* | 221 | 113 | 54 | 185 |
| | *Rhizoprionodon lalandii* | 250 | 41 | - | - |
| | *Rhizoprionodon porosus* | 55 | - | - | - |
| | *Rhizoprionodon terraenovae* | - | 2 | - | - |
| Galeocerdonidae | *Galeocerdo cuvier* | - | - | - | 5 |
| Sphyrnidae | *Sphyrna lewini* | 236 | 26 | - | 30 |
| | *Sphyrna mokarran* | - | - | - | 30 |
| | *Sphyrna tudes* | - | - | - | 5 |
| Lamnidae | *Isurus oxyrinchus* | 32 | - | 6 | 42 |
| Alopiidae | *Alopias vulpinus* | 43 | 1 | - | - |
| Squalidae | *Squalus cubensis* | - | - | 17 | - |
| | **TOTAL** | 837 | 188 | 77 | 336 |

No decorrer destes anos, foram identificadas 17 espécies pelos trabalhos realizados no LaGenPe, e nota-se que a única espécie presente nas quatro amostragens é *P. glauca*, o que pode ser explicado pela sua distribuição mundial, sendo a espécie mais capturada nas atividades pesqueiras (Lessa *et al*., 1999; Gadig, 2001; Vaske Junior; Carvalho-Filho; Gadig, 2020; Ministério da Pesca e Aquicultura, 2023).

Para melhor apreciação dos dados obtidos nos trabalhos, é fundamental observar as frequências relativas de cada espécie nas respectivas amostragens (Figura 5).

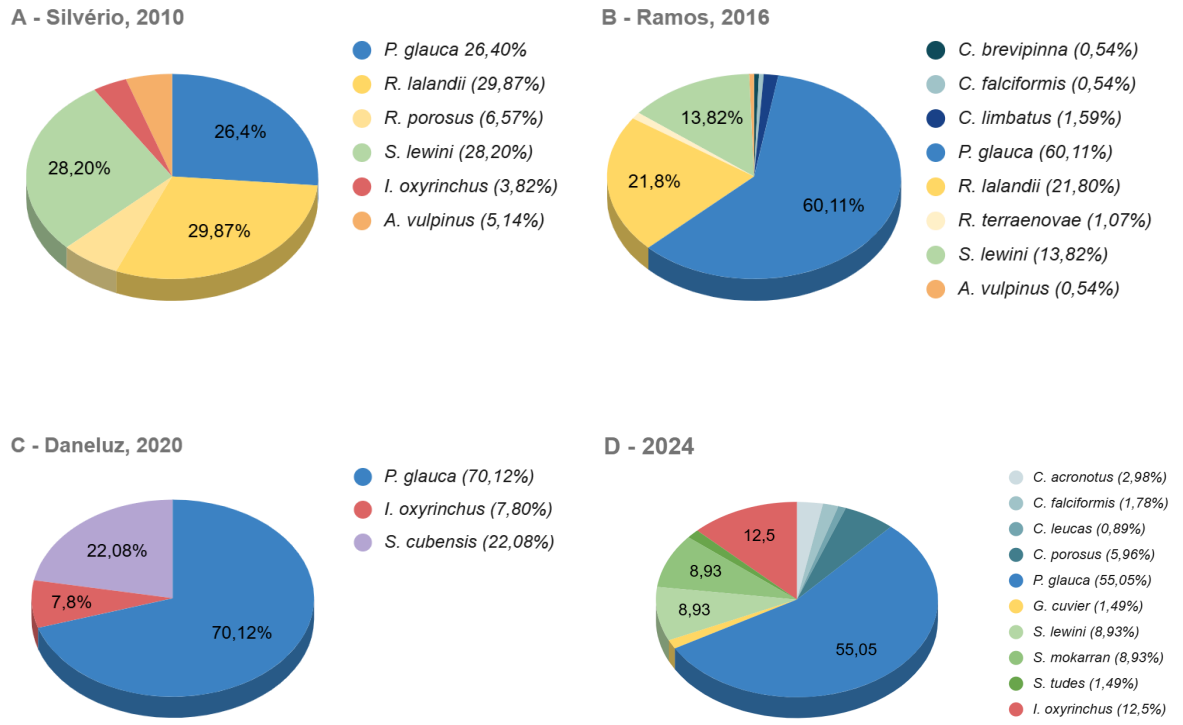



**Figura 5:** Frequência relativa das espécies identificadas em cada amostragem.
A) 2010; B) 2016; C) 2020 e D) 2024

Referente às principais observações, de 2010 para 2016, houve redução na frequência do gênero *Rhizoprionodon*, de 36,44% para 22,87%, e da espécie *Alopias vulpinus*, de 5,14% para 0,51%, com a ausência dessas espécies nas amostragens seguintes.

No caso de *S. lewini*, houve queda de 28,20% para 13,82%, entre 2010 e 2016, e a espécie foi amostrada novamente neste estudo, com a frequência de 8,93%.

Detectou-se o aumento do comércio de *P. glauca,* com 26,40% em 2010, 60,40% em 2016 e 70,12% em 2020, e a redução para 55,05% no presente trabalho. Este crescimento de 2010 para 2020, bem como a posterior queda, também foi apresentado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (2023) (Figura 6) e fundamentou a criação da cota de pesca para a espécie (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2023).




**Figura 6:** Captura do Tubarão-azul no Brasil ao longo dos anos (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2023)

Outras ponderações relativas ao aumento da frequência são das espécies *I. oxyrinchus* e *C. falciformis.* A primeira expressou aumento de 3,82% em 2010 para 7,82% em 2020, e para 12,5% no estudo atual. Já a segunda teve um crescimento de 0,54% em 2016 para 1,78% nesta amostragem.

Para realizar algumas inferências a respeito do declínio dos estoques pesqueiros destas espécies, é necessário cruzar os dados analisados nas Tabela 7 e Figura 7 com a Tabela 8, que exibe uma síntese histórica, amparada por marcos legais brasileiros, da conservação das espécies que já foram identificadas pelos trabalhos realizados no LaGenPe.

**Tabela 8.** Histórico da conservação das espécies identificadas no comércio de tubarões

| Espécie | IN MMA nº05/2004 | Livro Vermelho ICMBio (2012)* | Portaria MMA nº445/2014 | SALVE (2016-2019)** | Portaria MMA nº148/2022 | Portaria MMA nº354/2023 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *C. acronotus* | - | NT | - | VU | - | VU |
| *C. brevipinna* | - | DD | - | VU | - | VU |
| *C. falciformis* | - | NT | - | CR | - | CR |
| *C. leucas* | - | NT | - | VU | - | VU |
| *C. limbatus* | - | NT | - | NT | - | - |
| *C. porosus* | Anexo I | CR | CR | CR | CR | - |
| *P. glauca* | Anexo II | NT | NT | NT | - | - |
| *R. lalandii* | - | NT | - | DD | - | - |
| *R. porosus* | - | DD | - | DD | - | - |
| *R. terraenovae* | - | - | - | - | - | - |
| *G. cuvier* | - | NT | - | NT | - | - |
| *S. lewini* | Anexo II | CR | CR | CR | CR | - |
| *S. mokarran* | - | EN | EN | CR | CR | - |
| *S. tudes* | - | CR | CR | CR | CR | - |
| *I. oxyrinchus* | - | NT | - | CR | - | CR |
| *A. vulpinus* | - | VU | VU | CR | CR | - |
| *S. cubensis* | - | - | - | - | - | - |

*No Livro Vermelho do ICMBio, apesar de publicado em 2018, houve a conclusão das avaliações das espécies citadas neste trabalho em 2012. **As avaliações do SALVE foram realizadas entre 2016 e 2019, com exceção da espécie *P. glauca*, que teve a avaliação finalizada em 2023, contudo o resultado não interferiu na elaboração desta tabela.

De acordo com a legislação brasileira, não considerando as análises globais da IUCN, não houve o comércio ilegal de espécies ameaçadas de extinção nos trabalhos desenvolvidos em 2010 e em 2020. No caso da amostragem de 2010, a espécie *S. lewini* estava ameaçada de sobre-explotação (Anexo II), contudo sua captura e comércio eram

permitidos. Já em 2016, foi constatado o comércio ilegal desta espécie, que passou a ser considerada como criticamente ameaçada (CR), com a Portaria MMA nº 445/2014, e de *A. vulpinus*, que era categorizada na época como vulnerável (VU). No presente trabalho, como mencionado, foi verificado o comércio de oito espécies ameaçadas de extinção, dentre as dez que foram identificadas, o que representa 80%. As três espécies de tubarão-martelo (*S. lewini, S. mokarran* e *S. tudes*) e a espécie *C. porosus* não podem ser comercializadas desde a Portaria MMA nº 445/2014 e a ilegalidade de sua venda foi reafirmada com a publicação da Portaria MMA nº 148/2022. Enquanto *C. acronotus*, *C. falciformis, C. leucas* e *I. oxyrinchus* tiveram o seu comércio proibido a partir da Portaria MMA nº 354/2023.

Diante das situações, com exceção de *S. lewini*, que já teve seu declínio populacional em decorrência das atividades pesqueiras comprovado (Gadig; Rosa, 2023), não é possível inferir, de fato, uma sobrepesca de espécies que foram comparadas neste estudo, uma vez que as amostragens são diferentes no seu tamanho, no tipo de comércio, no material (nadadeiras ou a carne de tubarão) e no local de coleta. Apesar de não concluir a sobrepesca, as alterações, seja redução ou aumento, nas frequências das espécies amostradas servem de alerta para o estudo destas populações.

Outro aspecto que pode ser observado a partir da Tabela 8, e representado na Figura 8, é a comparação dos status de conservação das espécies presentes nestes quatro estudos examinados. Para o contraste dessas informações, foram verificados o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio, 2018) e os dados disponibilizados pelo Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE (ICMBio, 2025). O Livro Vermelho foi publicado em 2018, no entanto todas as avaliações das populações de

elasmobrânquios foram concluídas em 2012 (ICMBio, 2018). Ao passo que as análises do SALVE, das espécies aqui mencionadas, ocorreram entre 2016 e 2023 (ICMBio, 2025).

Estas avaliações conduzidas pelo ICMBio foram essenciais para fundamentar a alteração da legislação. Possivelmente, as avaliações de 2012 (ICMBio,2018) subsidiaram a Portaria MMA nº445/2014 (Brasil, 2014b), e as sucedidas entre 2016 e 2023 respaldam as Portarias MMA nº 148/2022 (Brasil, 2022) e nº 354/2023 (Brasil, 2023).

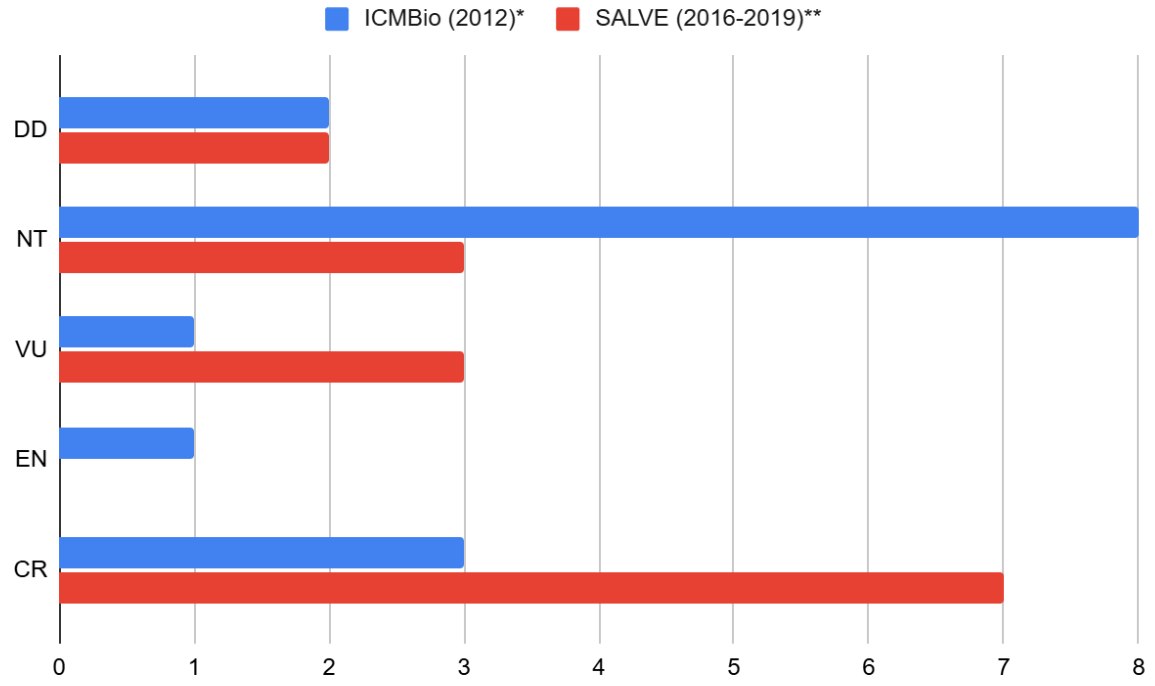



**Figura 8:** Comparação das categorias de ameaça das espécies identificadas nos trabalhos

*No Livro Vermelho do ICMBio, apesar de publicado em 2018, houve a conclusão das avaliações das espécies citadas neste trabalho em 2012. **As avaliações do SALVE foram realizadas entre 2016 e 2019, com exceção da espécie *P. glauca*, que teve a avaliação finalizada em 2023.

Ao observar a Figura 8, é notório que houve o aumento do grau de ameaça da maioria das espécies registradas nestes trabalhos ao longo dos anos e a exploração pesqueira em razão do comércio de tubarões é o principal fator de risco (Pacoureau *et al.*, 2021; Kotas *et al.*, 2023).

Neste aspecto, a identificação de espécies ameaçadas de extinção sendo comercializadas é uma evidência de que ainda há fragilidades na fiscalização destas práticas.

Por conseguinte, os feitos de monitoramento são fundamentais para uma gestão pesqueira de qualidade, que concilia a manutenção dos estoques pesqueiros e as atividades econômicas. Tais iniciativas de monitoramento do comércio de recursos pesqueiros representam uma contribuição para o entendimento da cadeia produtiva, norteando o desenvolvimento de ações de manejo em prol da conservação.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho configura uma iniciativa de monitoramento a fim de investigar as espécies de tubarões, através da técnica de *DNA Barcode*, que estão sendo comercializadas. Neste caso, a pesquisa foi delineada em um segmento específico do comércio, que é a exportação através do transporte aéreo.

As estatísticas das atividades pesqueiras com o auxílio de observadores científicos embarcados trazem maior precisão para a coleta dos dados, e podem impedir a captura de espécies ameaçadas. Todavia esta medida de conservação está inoperante desde 2010 (Barreto et al., 2023; Santos *et al*., 2023). Por isso, o monitoramento do comércio, apesar de ser a última etapa da cadeia produtiva, auxilia no levantamento de dados.

Torna-se claro a importância de instituições de pesquisa, como o Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (LaGenPe), aliadas aos órgãos públicos, como o IBAMA, para o estabelecimento dessas ações, a fim de contribuir com dados científicos necessários para subsidiar mais estudos e elaboração de atividades da gestão pesqueira em consonância com a conservação da biodiversidade.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ALVARENGA, Marcela *et al*. Fifteen years of elasmobranchs trade unveiled by DNA tools: Lessons for enhanced monitoring and conservation actions. **Biological Conservation**, v. 292, p. 110543, 2024.

BARRETO, Rodrigo *et al*. **Aperfeiçoamento do processo de gestão pesqueira e do marco legal para minimizar os impactos sobre os elasmobrânquios marinhos ameaçados de extinção: histórico e desafios**. In: ICMBIO (org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, 2023. p. 119-149.

BARRETO, Rodrigo *et al. Isurus oxyrinchus.* **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2024. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.13769.2 Acesso em: 18 fev. 2025.

BERNARDO, Cristina *et al*. The label "Cação" is a shark or a ray and can be a threatened species! Elasmobranch trade in Southern Brazil unveiled by DNA barcoding. **Marine Policy**, v. 116, p. 103920, 2020.

BORNATOWSKI, Hugo; BRAGA, Raul Rennó; VITULE, Jean Ricardo Simões. Threats to sharks in a developing country: the need for effective simple conservation measures. **Natureza & Conservação**, v. 12, n. 1, p. 11-18, 2014.

**BRASIL**. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998a.

**BRASIL**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria nº 121, de 24 de agosto de 1998. Limita o tamanho para a utilização de redes de emalhar, de superfície e de fundo, nas águas sob jurisdição nacional e estabelece critérios e cotas para barbatanas de tubarão. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 ago. 1998b.

**BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. Publica a lista das espécies de água doce e salgada [...] ameaçadas de extinção, sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexplotação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2004.

**BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 52, de 8 de novembro de 2005. Altera os Anexos I e II da Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 nov. 2005.

**BRASIL**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portaria nº 125, de 4 de dezembro de 2014. Aprova o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção [...]. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 dez. 2014a.

**BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira

ameaçadas de extinção aquelas constantes da Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção – Peixes e Invertebrados Aquáticos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 dez. 2014b.

**BRASIL.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 16, de 29 de setembro de 2015. Regulamenta o art. 4º da Instrução Normativa Interministerial MPA-MMA nº 14, de 26 de novembro de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 set. 2015.

**BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; Marinha do Brasil. Portaria Conjunta MMA/ICMBio/Marinha do Brasil nº 3, de 13 de março de 2018. Dispõe sobre a atividade de pesca na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Brasília, DF: MMA/ICMBio/Marinha do Brasil, 2018. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2018/P_conjunta_icmbio_marinha_03_2018_disciplina_pesca_apa_arquipelago_sao_pedro_sao_paulo.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

**BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, que reconhece as espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jun. 2022.

**BRASIL.** Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Portaria nº 354, de 27 de janeiro de 2023. Dispõe sobre a atualização da Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jan. 2023.

**Brasil patrocina adoção de limites para pesca do tubarão azul no Atlântico Sul**. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/brasil-patrocina-adocao-de-limites-para-pesca-do-tubarao-azul-no-atlantico-sul. Acesso em: 05 fev. 2025.

BUNHOLI, Ingrid Vasconcellos *et al*. The fishing and illegal trade of the angelshark: DNA barcoding against misleading identifications. **Fisheries Research**, v. 206, p. 193-197, 2018.

CAMACHO-OLIVEIRA, Raul Barrera. **Genética molecular na identificação de espécies de raias exploradas comercialmente no estado de São Paulo**. 2020. 96 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. 2020.

CARDEÑOSA, Diego *et al*. Multiplex real-time PCR assay to detect illegal trade of CITES-listed shark species. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 16313, 2018.

CARLSON, John K. *et al*. *Carcharhinus acronotus*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2021. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T161378A887542.en. Acesso em: 18 fev. 2025.

COMPAGNO, Leonard JV. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. **Environmental Biology of Fishes**, v. 28, p. 33-75, 1990.

DANELUZ, Cahique M. **DNA Barcode utilizado na identificação de tubarões comercializados no CEAGESP, São Paulo**. 2020. 49 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. 2020.

DOMINGUES, Rodrigo Rodrigues *et al*. From molecule to conservation: DNA-based methods to overcome frontiers in the shark and ray fin trade. **Conservation Genetics Resources**, v. 13, n. 2, p. 231-247, 2021.

DULVY, N. K. *et al*. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. **eLife**, v. 3, e00590, 2014.

DULVY, N. K. *et al*. Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. **Current Biology,** v. 31, n. 21, p. 4773-4787, 2021.

FEITOSA, Leonardo Manir *et al*. DNA-based identification reveals illegal trade of threatened shark species in a global elasmobranch conservation hotspot. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 3347, 2018.

FERRETTE, Bruno Lopes da Silva *et al*. DNA-based species identification of shark finning seizures in Southwest Atlantic: implications for wildlife trade surveillance and law enforcement. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, n. 14, p. 4007-4025, 2019.

FERREIRA, Luciana C. & SIMPFENDORFER, Colin. *Galeocerdo cuvier*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2019. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T39378A2913541.en. Acesso em 18 fev. 2025.

FIELDS, Andrew T. *et al*. A novel mini-DNA barcoding assay to identify processed fins from internationally protected shark species. **PloS one**, v. 10, n. 2, p. e0114844, 2015.

G1. **Barbatanas de tubarão apreendidas em mega operação seriam usadas para sopas e são símbolo de status social na Ásia, diz Ibama**. 19 jun. 2023. Disponível em: https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2023/06/19/barbatanas-de-tubarao-apreendidas-em-mega-operacao-seriam-usadas-para-sopas-e-sao-simbolo-de-status-social-na-asia-diz-ibama.ghtml. Acesso em: 13 dez. 2024.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano. **Tubarões da costa brasileira**. 2001. 343 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia). Instituto de Biociências de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista - UNESP. Rio Claro. 2001

GADIG, Otto Bismarck Fazzano; ROSA, Ricardo S. **Diversidade de peixes cartilaginosos do Brasil.** In: ICMBIO (org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, 2023. p. 44-85.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano *et al*. **Biologia e modo de vida dos elasmobrânquios**. In: ICMBIO (org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, 2023. p. 20-43.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano *et al*. *Carcharhinus acronotus*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2025a. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9004.2. Acesso em: 18 fev. 2025.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano *et al*. *Carcharhinus leucas.* **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2025b. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9016.2. Acesso em: 18 fev 2025.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano *et al*. *Galeocerdo cuvier*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2025c. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9389.2. Acesso em: 18 fev. 2025.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano *et al*. *Sphyrna mokarran*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2025d. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9396.2. Acesso em: 18 fev. 2025.

GADIG, Otto Bismarck Fazzano *et al*. *Sphyrna tudes*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2025e. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9398.2. Acesso em: 18 fev. 2025.

GROGAN, Eileen D.; LUND, R. The Origin and Relationships of Early Chondrichthyes. **Biology of sharks and their relatives**, v. 1, p. 3-33, 2004.

HEBERT, Paul D. N. *et al*. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: **Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313-321, 2003.

HOLMES, Bronwyn H.; STEINKE, Dirk; WARD, Robert D. Identification of shark and ray fins using DNA barcoding. **Fisheries Research**, v. 95, n. 2-3, p. 280-288, 2009.

**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1. Brasília: ICMBio/MMA, 2018a.

**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. v. 6: peixes. Brasília: ICMBio/MMA, 2018b.

**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE. 2025. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br/. Acesso em: 18 fev. 2025.

**International Union for Conservation of Nature**. The IUCN Red List of Threatened Species. 2025. Disponível em: https://www.iucnredlist.org/. Acesso em: 18 fev. 2025.

KEARSE, Matthew *et al*. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. **Bioinformatics**, v. 28, n. 12, p. 1647-1649, 2012.

KOTAS, Jorge E. *et al*. **Plano de Ação Nacional para Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção.** 2023. In: ICMBIO (org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, 2023. p. 86-117.

KOTAS, Jorge E. *et al*. *Sphyrna lewini.* **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2024. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9394.2. Acesso em: 18 fev. 2025.

LEITE JR, Nilamon de O. *et al*. **A captura incidental de elasmobrânquios no Brasil.** 2023. In: ICMBIO (org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, 2023. p. 172-196.

LESSA, R. *et al*. **Biodiversidade de elasmobrânquios do Brasil.** Recife: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 1999. 154 p. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO).

LESSA, R. *et al*. *Carcharhinus porosus*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2025. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.13016.2. Acesso em: 18 fev. 2025.

MARTINS, Thais *et al*. Intensive commercialization of endangered sharks and rays (Elasmobranchii) along the coastal Amazon as revealed by DNA barcode. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, p. 769908, 2021.

PACOUREAU, Nathan *et al*. Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. **Nature**, v. 589, n. 7843, p. 567-571, 2021.

**Pesca no Brasil.** MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/pesca/pesca-no-brasil. Acesso em: 22 out. 2024.

POLLOM, Riley *et al*. *Carcharhinus porosus*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2020a. Acesso em 18 fev. 2025.

POLLOM, Riley *et al*. *Sphyrna tudes.* **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2020b Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T60202A3091946.en. Acesso em 18 fev. 2025.

RAMOS, Maíce Giovanini. **DNA Barcoding na identificação de espécies de tubarões exploradas comercialmente no litoral de São Paulo.** 2016. 91 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. 2016.

RATNASINGHAM, Sujeevan; HEBERT, Paul DN. BOLD: The Barcode of Life Data System (http://www. barcodinglife.org). **Molecular ecology notes**, v. 7, n. 3, p. 355-364, 2007.

RIGBY, Cassandra L. *et al*. *Isurus oxyrinchus*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2019a. Disponível em:

https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T39341A2903170.en. Acesso em 18 fev. 2025.

RIGBY, Cassandra L. *et al*. *Prionace glauca*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2019b. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T39381A2915850.en. Acesso em 18 fev. 2025.

RIGBY, Cassandra L. *et al*. *Sphyrna lewin*i. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2019c. Acesso em 18 fev. 2025.

RIGBY, Cassandra L. *et al*. *Sphyrna mokarran*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2019d. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T39386A2920499.en. Acesso em 18 fev. 2025.

RIGBY, Cassandra L. *et al*. *Carcharhinus falciformis* (amended version of 2017 assessment). **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2021a. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T39370A205782570.en. Acesso em 18 fev. 2025.

RIGBY, Cassandra L. *et al*. *Carcharhinus leucas*. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2021b. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T39372A2910670.en. Acesso em 18 fev. 2025.

RODRIGUES-FILHO, Luis Fernando da Silva *et al*. Identification and phylogenetic inferences on stocks of sharks affected by the fishing industry off the Northern coast of Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, p. 405-413, 2009.

RODRIGUES JUNIOR, Carlos Egberto. **DNA Barcode na identificação de Peixes de Bico explorados comercialmente: uma abordagem forense.** 2016. 109 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. 2016

SANTANDER NETO, Jones *et al*. *Carcharhinus falciformis*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio**, 2025. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br. Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.10147.2. Acesso em 18 fev. 2025.

SANTOS, Roberta A. *et al*. **Monitoramento, comando e controle na pesca de elasmobrânquios ameaçados de extinção: desafios e proposições.** In: ICMBIO (org.). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, 2023. p. 250-278.

SANTOS, Roberta A. *et al*. *Prionace glauca*. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio,** 2025. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.37002/salve.ficha.9391.3. Acesso em: 18 fev. 2025.

SILVÉRIO, Juliana. **Identificação genética de espécies de tubarões e monitoramento da pesca no litoral de São Paulo.** 2010. 83 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. 2010

VASKE-JUNIOR, Teodoro; CARVALHO-FILHO, Alfredo; GADIG, Otto Bismarck Fazzano. **Grandes Peixes Oceânicos da Costa Brasileira**. 2020. São Vicente: Campus do Litoral Paulista – Instituto de Biociências. 147p.

WILCOX, C. *et al.* A review of illegal, unreported and unregulated fishing issues and progress in the Asia-Pacific Fishery Commission region, 2021.

WORM, Boris *et al*. Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. **Marine Policy**, v. 40, p. 194-204, 2013.

**WoRMS Editorial Board.** World Register of Marine Species. Ostend: VLIZ (Vlaams Instituut voor de Zee). Disponível em: https://www.marinespecies.org. Acesso em: 07 maio 2025.