

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**FALSIFICAÇÕES POR TROCA DE ESPÉCIES DE PEIXES: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DAS ESPÉCIES MAIS PREVALENTES**

Autora: Carolina Laipelt Matias

PORTO ALEGRE

2021/2

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**FALSIFICAÇÕES POR TROCA DE ESPÉCIES DE PEIXES: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DAS ESPÉCIES MAIS PREVALENTES**

Autora: Carolina Laipelt Matias

**Trabalho apresentado à Faculdade de
Veterinária como requisito parcial para a
obtenção da graduação em Medicina
Veterinária**

Orientador: Profa. Dra. Andrea Troller Pinto

PORTO ALEGRE

2021/2

CIP - Catalogação na Publicação

Matias, Carolina Laipelt

Falsificações por troca de espécies de peixes: uma
revisão sistemática das espécies mais prevalentes /
Carolina Laipelt Matias. -- 2022.

52 f.

Orientadora: Andrea Troller Pinto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Veterinária, Curso de Medicina Veterinária, Porto
Alegre, BR-RS, 2022.

1. Falsificações por troca de espécies de peixes.
2. Inspeção de produtos de origem animal. 3. Inspeção
de pescado. I. Pinto, Andrea Troller, orient. II.
Título.

Carolina Laipelt Matias

FALSIFICAÇÕES POR TROCA DE ESPÉCIES DE PEIXES: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA DAS ESPÉCIES MAIS PREVALENTES

Aprovado em

APROVADO POR:

Profa. Dra. Andrea Troller Pinto
Orientadora e Presidente da Comissão

Profa. Dra. Susana Cardoso
Membro da Comissão

Médica Veterinária Alessandra Teresinha Wolter
Membro da Comissão

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que sempre me incentivou a estudar, em especial à minha mãe Angelita, ao meu pai Volnei, ao meu irmão Pedro e ao meu cachorrinho Simba por sempre me fornecerem todo o amor e suporte necessários para chegar até aqui. Agradeço ao meu namorado Leonardo Vernier Finamor, que me auxiliou com a revisão ortográfica e que foi o meu maior companheiro e melhor amigo ao longo desse caminho, compartilhando dos bons e maus momentos. Compartilhar a vida com vocês é o que dá sentido às minhas conquistas.

Agradeço à família do meu namorado, que também fez parte dessa trajetória e que sempre me acolheu com muito carinho. Agradeço às minhas amigas de infância, Agnes, Timm, Mari e Vit, que se tornaram minhas irmãs do coração, e com quem por muitos anos também compartilhei muitas experiências no meio acadêmico. Agradeço aos meus amigos Brenda e Henrique, com quem sempre consigo me divertir, mesmo nos momentos mais difíceis. Agradeço às amigas que a faculdade me trouxe, Cami, Nati, Ket, Lana, Lau, Marie, May, Tha e Vero. Se irei lembrar com carinho dos anos de faculdade, vai ser por causa de vocês e de todos os bons momentos que vivenciamos juntas ao longo desses anos. Agradeço à Poli, a amizade que apareceu no momento em que eu mais precisava. Em meio à solidão da pandemia e à tristeza de me formar depois das minhas amigas da faculdade, essa amizade me proporcionou a força que eu precisava para chegar ao final da graduação. Agradeço ao meu psicólogo Daniel Bratta Mazzali, por me acompanhar ao longo dessa trajetória e por auxiliar no desenvolvimento da minha autoconfiança.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Andrea Troller Pinto, por ser uma orientadora sempre presente, por acreditar em mim desde o início, por me dar a oportunidade da bolsa de extensão, por me dar a oportunidade de escrever artigos científicos e por me dar a oportunidade de escrever o meu trabalho de conclusão de curso sobre um assunto do meu interesse. Em um mundo dominado pelos homens, ter uma mulher competente como a Profa. Andrea como uma referência na área de inspeção é uma inspiração para outras mulheres que, como eu, desejam seguir nessa área. Agradeço à médica veterinária Juliana Querino Goulart, que também sempre acreditou em mim e com quem eu aprendi muito, sem os seus ensinamentos a elaboração do TCC teria sido muito mais árdua. Agradeço à querida colega e médica veterinária Alessandra Wolter e à Profa. Susana Cardoso por aceitarem fazer parte da banca. E, por fim, agradeço ao LeiteCia, grupo de estudos e pesquisas que contribuiu muito para o meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é determinar quais são as espécies de peixes mais prevalentes em relatos e em revisões sobre falsificações por troca de espécies em artigos científicos publicados entre 2002 e 2022, assim como quais países e continentes mais publicaram sobre o assunto durante esse período, e qual a relação entre os anos de publicação dos artigos e a crescente preocupação dos consumidores com a origem e com a qualidade dos seus alimentos. Este trabalho também pretende expor quais são os fatores que levam à ocorrência de casos de falsificação, quais os danos sociais que tal prática ilegal pode gerar, em que tipo de estabelecimentos as falsificações normalmente são detectadas e quais os métodos de detecção utilizados. Assim, por meio de uma revisão sistemática da literatura, foi verificado que as espécies de peixes mais prevalentes foram *Anoplopoma fimbria*, *Gadus morhua*, *Solea solea*, *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson*, *Lates calcarifer* e *Rastrelliger brachysoma*. A Itália, a Espanha e os Estados Unidos foram os países que apresentaram um maior número de artigos publicados. Com relação aos anos das publicações, os últimos dez anos apresentaram um maior número de artigos publicados. As motivações por trás das falsificações intencionais foram predominantemente econômicas, e foram observados impactos negativos das falsificações na economia, na saúde pública e no meio ambiente. A maioria das falsificações foi encontrada no final da cadeia produtiva, em locais como varejos, restaurantes e peixarias, sendo que o DNA *barcoding* foi identificado como o método de detecção mais utilizado atualmente. Dessa forma, sabendo como as falsificações ocorrem e os seus porquês, torna-se possível combater os fatores que levam à sua ocorrência e agir diretamente nos pontos da cadeia produtiva onde elas são mais evidentes.

Palavras-chave: Falsificação. Espécies. Peixes.

ABSTRACT

*The objective of this work is to determine the most prevalent fish species in reports and reviews about falsifications due to species mislabeling described in scientific articles published between 2002 and 2022, as well as which countries and continents published the most during this period about this subject, and what is the relationship between the years of publication of the articles and the growing concern of consumers with the origin and the quality of their food. This work also intends to present which factors lead to the occurrence of counterfeiting, which social harms this illegal practice can create, in which kind of establishments counterfeits are usually detected and which detection methods are used. Thus, through a systematic literature review, it was verified that the most prevalent fish species were *Anoplopoma fimbria*, *Gadus morhua*, *Solea solea*, *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson*, *Lates calcarifer* and *Rastrelliger brachysoma*. Italy, Spain and the United States of America were the countries with the highest number of published articles. Regarding the years of publications, the last ten years had shown a greater number of published articles. Most counterfeits were located at the end of the production chain, in places such as retails, restaurants and fishmongers, and DNA barcoding was identified as the most used detection method today. By this way, knowing how counterfeits happen and why, it is possible to fight the factors that lead to their occurrence and act directly at the points of the production chain where they occur the most.*

Keywords: *Counterfeiting. Species. Fish.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Países em que foram publicados os artigos.....	17
Figura 2 — Anos em que foram publicados os artigos.....	18
Figura 3 — <i>Anoplopoma fimbria</i>	21
Figura 4 — <i>Gadus morhua</i>	22
Figura 5 — <i>Solea solea</i>	23
Figura 6 — <i>Thunnus albacares</i>	24
Figura 7 — <i>Scomberomorus commerson</i>	24
Figura 8 — <i>Lates calcarifer</i>	25
Figura 9 — <i>Rastrelliger brachysoma</i>	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Seleção final dos artigos para o estudo.....	18
Tabela 2 — Número de amostras das espécies mais prevalentes declaradas nos rótulos dos casos de falsificação por troca de espécies.....	26
Tabela 3 — Espécies declaradas no rótulo e espécies reais identificadas.....	28
Tabela 4 — Locais nos quais foram identificados os casos de falsificação por troca de espécies.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 METODOLOGIA.....	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
3.1 Países com maior número de artigos publicados.....	14
3.2 Anos com maior número de artigos publicados.....	17
3.3 Espécies mais prevalentes.....	18
3.4 Fatores que levam à ocorrência das falsificações.....	29
3.5 Consequências das falsificações.....	31
3.6 Estabelecimentos em que mais são detectados os casos de falsificações.....	32
3.7 Métodos de detecção.....	34
4 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, entende-se por pescado os peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os répteis, os equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana (BRASIL, 2017). O peixe é um alimento essencial em todo o mundo (TIDWELL; ALLAN, 2001). Sua carne é altamente benéfica para o consumo humano, pois possui altos teores de proteínas e de ácidos graxos poli-insaturados somada à boa digestibilidade, sendo capaz de prevenir doenças cardiovasculares e de auxiliar no desenvolvimento do sistema nervoso em fetos e em crianças (GOMES *et al.*, 2018). É possível perceber que, recentemente, os consumidores têm se preocupado mais em incluir alimentos saudáveis em sua dieta, de modo que a demanda por pescado está aumentando há décadas (FAO, 2018; DIOUF, 2009 *apud* DO *et al.*, 2019).

O Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020, define que as matérias-primas e os produtos que tenham sido elaborados de espécie diferente da declarada no rótulo, ou divergente da indicada no registro, são considerados falsificados (BRASIL, 2020a). Com o aumento do consumo e do comércio mundial de pescado, níveis discrepantes de oferta e demanda de determinadas espécies de peixes levaram ao surgimento de casos de falsificação por troca de espécies, uma vez que alimentos ricos em proteínas e com alto valor biológico são mais propensos a sofrer as trocas de espécies (CARRERA *et al.*, 2014; CAWTHORN *et al.*, 2015). Dessa forma, esse tipo de falsificação tornou-se um dos principais problemas na indústria do pescado, com padrões de falsificação que variam conforme o país e conforme a passagem dos anos (GALAL-KHALLAF *et al.*, 2014; KUSCHE; HANEL, 2021). Há muita variedade no que tange à prevalência das espécies em casos de falsificação, havendo algumas espécies mais propensas a serem rotuladas incorretamente do que outras (BÉNARD-CAPELLE *et al.*, 2015; HORREO *et al.*, 2019). Dessa forma, a persistência desse problema já foi documentada para espécies comerciais importantes (MUÑOZ-COLMENERO *et al.*, 2016).

O pescado pode ser rotulado erroneamente ao longo de toda a cadeia de abastecimento (HORREO *et al.*, 2019). Além disso, o fluxo comercial do setor pesqueiro é muito complexo, sendo difícil rastrear a origem de um produto pescado (STERLING; CHIASSON, 2014). A identificação do ponto principal no qual ocorrem as substituições deve ser realizada de forma única a cada caso, pois cada país e cada grupo de peixes possuem circunstâncias diferentes, como preço e público-alvo (MUÑOZ-COLMENERO *et al.*, 2016). Além disso, a identificação das espécies de peixes costuma ser baseada em características morfológicas

(XIONG *et al.*, 2018). Assim, a substituição tende a ser mais prevalente em produtos altamente processados, pois as características morfológicas não são mais visíveis (ARMANI *et al.*, 2012; ARMANI *et al.*, 2013; DECONINCK *et al.*, 2020).

A falsificação por troca de espécies pode ocorrer de forma intencional ou não intencional (MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021). A rotulagem incorreta pode ocorrer de forma não intencional quando é causada por erro humano devido a dificuldades na identificação das espécies (CHRISTIANSEN *et al.*, 2018). A confusão também pode ocorrer devido ao fato de que diferentes espécies de peixes podem ser referidas pelo mesmo nome vernáculo ou por nomes vernáculos diferentes, a depender da região (BUCK, 2009 *apud* CAWTHORN; STEINMAN; WITTHUHN, 2012).

Ainda assim, a estratégia de substituir espécies de maior valor por outras de menor valor não é incomum (HSIEH *et al.*, 2007). Nos casos em que a falsificação por troca de espécies é realizada de forma intencional, geralmente o produto é uma espécie mais barata ou de maior disponibilidade (BÉNARD-CAPELLE *et al.*, 2015). Como a carne de diversas espécies de peixes apresenta uma aparência semelhante, a substituição de espécies de alto valor comercial por espécies de menor valor torna-se relativamente fácil (CAWTHORN; STEINMAN; WITTHUHN, 2012). Após um aumento constante desde a década de 1950, a produção mundial de pescado atingiu o pico de 171 milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018 *apud* DECONINCK *et al.*, 2020). Esse fator, associado às mudanças climáticas, teve como consequência uma intensificação da pressão sobre os estoques de peixe, o que gerou um aumento nas falsificações (WORM *et al.*, 2006; CHEUNG; WATSON; PAULY, 2013; SMALÅS *et al.*, 2019; BRYNDUM-BUCHHOLZ *et al.*, 2019; DECONINCK *et al.*, 2020).

São diversas as repercussões da falsificação por troca de espécies, o que inclui preocupações com finanças, com saúde pública e com a conservação das espécies de pescado (CAWTHORN *et al.*, 2015). No que se refere às preocupações com saúde pública, as falsificações representam uma ameaça à população humana, uma vez que algumas espécies ou procedências podem se apresentar danosas à saúde das pessoas (JACQUET; PAULY, 2008; ACUTIS *et al.*, 2019). Os problemas de saúde podem ocorrer se os substitutos forem de espécies provenientes de áreas contaminadas ou de espécies que contenham toxinas ou fatores alérgicos (BERRY; BIN HASSAN, 1973; GARCIA-VAZQUEZ *et al.*, 2011; CARVALHO; DRUMMOND; FRIGO, 2015 *apud* DO *et al.*, 2019). Além disso, as falsificações podem gerar problemas importantes para a conservação de espécies, uma vez que elas podem ocorrer como consequência da pesca ilegal, não regulamentada e subnotificada, e podem incluir espécies protegidas, espécies ameaçadas e espécies com quota de captura (WARD *et al.*,

2008; HORREO *et al.*, 2019; BLANCO-FERNANDEZ *et al.*, 2021). Esse tipo de pesca, além de contribuir com o declínio das populações de peixes, aumenta as imprecisões nas estatísticas (HELYAR *et al.*, 2014).

Outro fator importante consiste nos consumidores modernos estarem cada vez mais conscientes da importância dos cuidados com a sua saúde e das suas responsabilidades sociais buscando, assim, maior segurança quanto à origem, à composição e aos impactos ambientais de seus alimentos (CAWTHORN *et al.*, 2015). Assim, a designação da espécie é essencial para permitir que os consumidores façam uma escolha informada e, portanto, deve ser correta e confiável (BÉNARD-CAPELLE *et al.*, 2015). Entretanto, a falsificação por troca de espécies impede que os consumidores conheçam a qualidade e sustentabilidade de seus alimentos (MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021). Além disso, essa situação causa perdas financeiras para os consumidores, uma vez que eles pagam por espécies de alta qualidade, mas obtêm espécies substitutas de qualidade inferior (DO *et al.*, 2019; HORREO *et al.*, 2019). Por fim, quando a rotulagem incorreta é descoberta e torna-se pública, a confiança entre os consumidores e os fornecedores pode ser reduzida (BÉNARD-CAPELLE *et al.*, 2015).

Dessa forma, por meio de uma revisão sistemática da literatura, objetiva-se determinar quais são as espécies de peixes mais prevalentes em relatos e revisões sobre falsificações por troca de espécies em artigos científicos publicados entre 2002 e 2022, assim como quais países e quais continentes mais publicaram sobre o assunto durante esse período, em que tipo de estabelecimentos as falsificações normalmente são detectadas, e quais os métodos de detecção utilizados. O trabalho também pretende analisar a relação entre os anos de publicação dos artigos e a crescente preocupação dos consumidores com a origem e qualidade dos seus alimentos, além de expor quais são os fatores que levam à ocorrência casos de falsificação, e quais os danos sociais que tal prática ilegal pode gerar. Espera-se encontrar mais publicações da Europa, da América do Norte e da Ásia, pois Chen *et al.* (2019) relatam que os estudos sobre identificação de espécies de peixes estão mais concentrados nesses locais. Também é esperado que haja um maior número de artigos acerca desse assunto publicados recentemente, visto que a preocupação dos consumidores com a origem e com a qualidade dos alimentos está aumentando (CAWTHORN *et al.*, 2015). Acredita-se, também, que as principais espécies de peixes alvo das falsificações serão de alto valor comercial, que o final da cadeia produtiva é onde a maioria das falsificações poderá ser encontrada, e que o método de detecção mais utilizado atualmente nos casos de falsificação será o DNA *barcoding*. Também é pressuposto que as motivações por trás das falsificações intencionais

serão predominantemente econômicas, e que essas falsificações irão impactar negativamente na economia, na saúde pública e no meio ambiente.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos publicados nos últimos 20 anos. A base de dados utilizada foi a *Web of Science*. Foram usadas as palavras-chave “*fish fraud*”, “*fish mislabeling*” e “*fish species substitution*”, as quais deviam estar incluídas no título das publicações. Um refinamento dos artigos foi feito a partir da seleção de publicações que estivessem escritas na língua inglesa, na língua espanhola ou na língua portuguesa. Os artigos foram selecionados por meio da leitura dos seus resumos e, posteriormente, foi realizada a leitura integral dos artigos para a seleção final. Os seguintes critérios de inclusão deveriam ser satisfeitos para a seleção dos artigos para este estudo: o artigo deveria apresentar um relato de caso de falsificação, ou uma revisão de falsificações por troca de espécies em peixes, além de relatar os nomes científicos das espécies envolvidas nos casos de falsificação; o artigo deveria ter a sua data de publicação situada entre 2002 e 2022; e o artigo deveria estar publicado na língua inglesa, na língua espanhola ou na língua portuguesa. Os critérios de exclusão que foram utilizados para descartar os artigos foram: o artigo não relatar um caso de falsificação, não apresentar uma revisão de falsificações por troca de espécies em peixes, ou não relatar os nomes científicos das espécies envolvidas nos casos de falsificação; o artigo não ter a sua data de publicação situada nos últimos vinte anos; e o artigo não estar escrito em língua inglesa, espanhola ou portuguesa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão trabalhados os resultados obtidos conforme a metodologia aplicada. Será discutido quais os países com maior número de artigos publicados, assim como quais os anos com maior número de artigos publicados, as espécies de peixe mais prevalentes nos artigos científicos selecionados para este estudo, os fatores que levam à ocorrência das falsificações, as consequências das falsificações, os estabelecimentos em que mais são detectados os casos de falsificações e os métodos de detecção mais utilizados atualmente.

3.1 Países com maior número de artigos publicados

Após a realização da pesquisa na *Web of Science* com as palavras-chave selecionadas, foram obtidos 58 artigos como resultado inicial. Os países e os anos nos quais foram publicados tais artigos foram analisados a fim de se traçar um perfil dos trabalhos relacionados ao assunto de interesse deste estudo. Indo ao encontro da hipótese levantada, os países que apresentaram o maior número de artigos publicados acerca de falsificações por troca de espécies em peixes pertenciam à Europa ou à América do Norte. A Itália, a Espanha e os Estados Unidos foram os países que ficaram em primeiro, segundo e terceiro lugar, respectivamente (Figura 1).

Na Itália, a produção da pesca e da aquicultura foi de 538 mil toneladas em 2006, e as importações de peixes, moluscos e crustáceos ultrapassaram 900 mil toneladas (FAO, 2006). Em relação ao consumo, em 2015, a Itália foi o quarto país europeu com o maior gasto *per capita* em alimentos à base de peixe (EUMOFA, 2016). Como consequência, em decorrência da importância desses alimentos no país, a substituição por troca de espécies é frequente nos mercados italianos (BARBUTO *et al.*, 2010).

Já a Espanha é o país com as maiores despesas domésticas com pesca e aquicultura na União Europeia, cujo consumo de pescado por pessoa por ano é de 42,4 kg (EUMOFA, 2017 *apud* HORREO *et al.*, 2019; BLANCO-FERNANDEZ *et al.*, 2021). Um estudo realizado por Horreo *et al.* (2019) demonstrou que, em Madrid, capital da Espanha, os erros de rotulagem também não eram incomuns, uma vez que 28,12% das amostras de pratos de peixes vendidos em restaurantes que foram analisadas estavam rotuladas erroneamente. O mesmo estudo aponta que a rotulagem incorreta é mais comum em algumas espécies de peixes do que em outras, além de apontar que este problema está presente na maioria dos bairros da cidade,

independentemente do seu nível econômico, e que ocorre em diferentes níveis da hierarquia de vendas.

Os Estados Unidos da América (EUA) foram o terceiro maior país produtor de pescado do mundo até 1975, mas desde então a produção cresceu moderadamente, sendo que o país não se encontra mais entre os dez maiores produtores (ANDERSON; ASCHE; GARLOCK, 2019). Em 2017, os EUA importaram mais de 90% do pescado que consumiram, com grande parte sendo proveniente da produção de aquicultura de países em desenvolvimento (NMFS, 2017). Os EUA, juntamente com a União Europeia, são os maiores importadores de pescado (FAO, 2014 *apud* KYROVA *et al.*, 2017). As importações de pescado pelos EUA cresceram mais de 50% desde 1980 (NOAA, 2020). Em 2017, estimou-se que 7,3 kg de peixe e marisco foram consumidos por pessoa nos EUA (NOAA, 2018). Dessa forma, para atender à demanda dos consumidores, os EUA importaram mais de 90% de pescado, mas apenas 2% do pescado importado estava sujeito a inspeção (PRAMOD *et al.*, 2014). O *National Seafood Inspection Labor*, do *National Marine Fisheries Service*, relatou que 37% de peixes e 13% de pescado que entraram nos Estados Unidos durante um período de nove anos (1988-1997) foram rotulados erroneamente (BUCK, 2010 *apud* VELEZ-ZUAZO *et al.*, 2021). Além disso, uma pesquisa em grande escala, realizada pela Organização Internacional Oceana entre 2010 e 2012, relatou erros de rotulagem em um terço de 1.247 amostras de pescado coletadas em 674 pontos de venda em 21 estados dos EUA (WARNER; TIMME; LOWELL; HIRSHFIELD, 2013 *apud* ISAACS; HELLBERG, 2020).

Além da Itália e da Espanha, outros dois países europeus que apresentaram um maior número de artigos publicados acerca de falsificações por troca de espécies em pescado foram a Alemanha e a Inglaterra. Na Europa, o peixe estava em segundo lugar na lista dos produtos que ocorreram maiores riscos de fraude alimentar, atrás apenas do azeite (COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT, PUBLIC HEALTH AND FOOD SAFETY, EUROPEAN PARLIAMENT, 2013). Assim, na Alemanha não foi diferente, e as declarações incorretas de espécies de peixes são frequentes, com espécies de peixes mais baratas sendo, muitas vezes, vendidas como mais caras (KAPPEL; SCHRÖDER, 2016). No Reino Unido, por sua vez, estudos destacam que o tamanho e complexidade das cadeias de suprimentos em vários países facilitam a substituição fraudulenta de produtos alimentícios (MUELLER *et al.*, 2015).

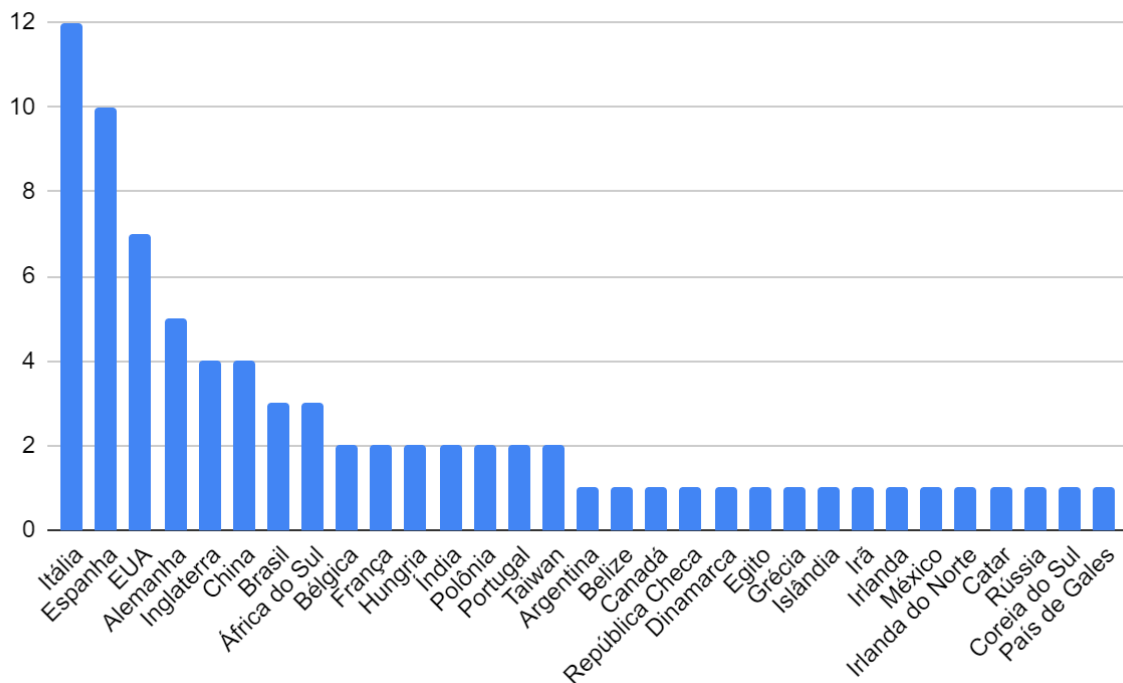
Outros países que também apresentaram um grande número de artigos publicados foram a China, o Brasil e a África do Sul. A produção global de pescado é dominada por países em desenvolvimento como a China que, sozinha, responde por mais de 30% da produção total de pescado, sendo também o maior país exportador de pescado (KYROVA *et*

al., 2017). Entretanto, ainda não estejam disponíveis nem disposições específicas para a rotulagem dos produtos da pesca, nem uma nomenclatura padronizada de pescados no país, o que induz qualquer pessoa na cadeia de suprimentos a rotular incorretamente os produtos com nomes de maior valor comercial (IMMERMAN; GOETZ, 2014; XIONG *et al.*, 2019).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de alimentos (TIBOLA *et al.*, 2018). Estima-se que, em 30 anos, o Brasil será responsável pela produção de 40% dos alimentos que serão consumidos por uma população mundial de nove bilhões de pessoas (CAMARGO *et al.*, 2017). O volume total da pesca extrativista no Brasil atingiu 803.270,2 t em 2011 (MPA, 2011 *apud* DA SILVA *et al.*, 2019). Dessa forma, as oportunidades de fraude e adulteração de alimentos são grandes, devido à grande quantidade de alimentos produzidos e ao alto valor agregado de produtos específicos (TIBOLA *et al.*, 2018). Diante desse problema, o Brasil iniciou medidas para reduzir a falsificação por troca de espécies em peixes, como a Instrução Normativa nº 53, de 1º de setembro de 2020, publicada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que correlaciona os nomes comuns e científicos das principais espécies-alvo do setor pesqueiro brasileiro, apesar de não exigir a inclusão dos nomes científicos nos rótulos das embalagens (BRASIL, 2020b). Além disso, o MAPA também publicou um manual identificando as principais espécies de peixes comerciais colhidas no Brasil, o qual inclui um diagnóstico morfológico das espécies, a fim de evitar a substituição de peixes inteiros e de produtos processados (BRASIL, 2016).

A África do Sul é um país definido por seus oceanos produtivos e por sua vida aquática diversificada, os quais, por sua vez, sustentam muitos pescadores comerciais e artesanais (CAWTHORN *et al.*, 2015). A captura marinha doméstica do país atingiu, em média, mais de 690 mil toneladas por ano na última década, colocando sua pescaria entre as mais importantes da África (FAO, 2013 *apud* CAWTHORN *et al.*, 2015). O valor anual das exportações africanas de pescado foi, durante 2002, de US\$ 2,7 bilhões, e a África do Sul contribuiu com mais de US\$ 890 milhões para este valor (VON DER HEYDEN *et al.*, 2010). Contudo, as autoridades locais desse país reconhecem que o pescado é, frequentemente, rotulado erroneamente como resultado de políticas de fiscalização inadequadas (JACQUET; PAULY, 2008).

Figura 1 — Países em que foram publicados os artigos



Fonte: o próprio autor (2022)

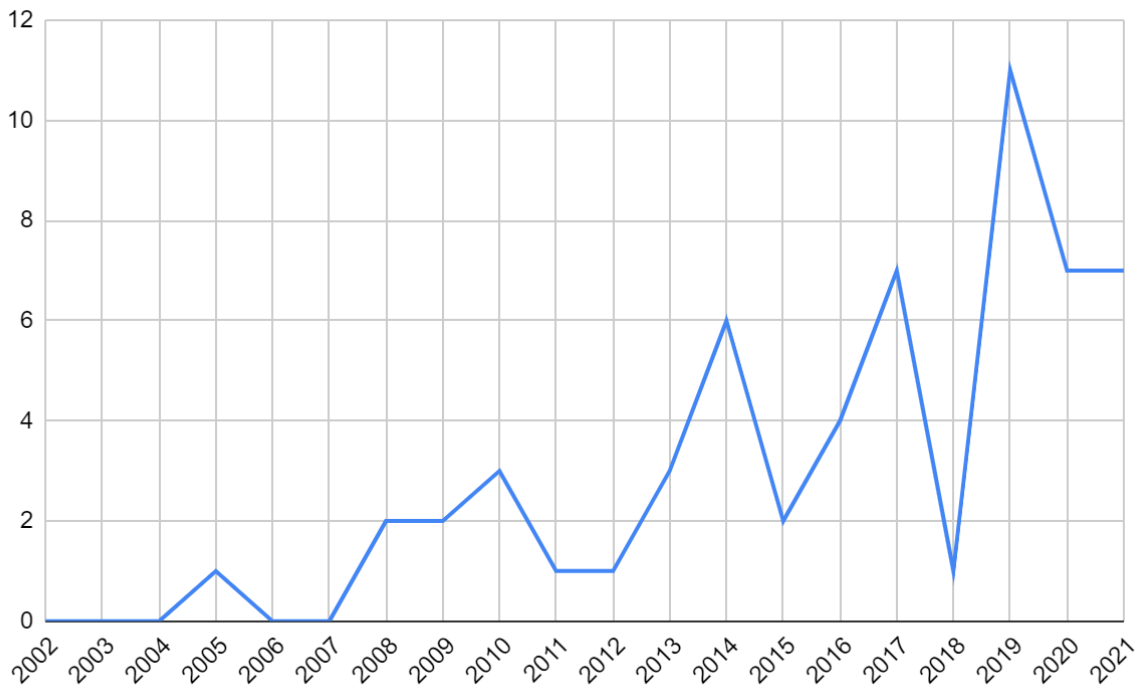
3.2 Anos com maior número de artigos publicados

Já com relação aos anos em que os artigos foram publicados, também conforme o esperado, os últimos dez anos apresentaram um maior número de publicações. O ano com maior número de artigos publicados foi o de 2019, seguido dos anos de 2017, 2020 e 2021 (Figura 2).

O consumo de pescado tem aumentado em todo o mundo durante os últimos anos, como demonstrado por dados emitidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a qual estima o valor do comércio de pescado em mais de centenas de bilhões de dólares a cada ano (FAO, 2009 *apud* FILONZI *et al.*, 2021; FAO, 2016 *apud* FILONZI *et al.*, 2021). Nos últimos anos, a indústria pesqueira passou por diversas mudanças, como a comercialização mundial dos produtos, as inovações e avanços tecnológicos, e o aumento da produção (MARKO *et al.*, 2004). Por conta disso, a rotulagem incorreta de pescados tem sido um problema generalizado, principalmente no que diz respeito à substituição de espécies, intensificando-se em sincronia com a redução dos estoques de peixes

do mundo (CUTARELLI *et al.*, 2014; CAWTHORN *et al.*, 2015). Dessa forma, muitos consumidores estão tornando-se cada vez mais conscientes das questões nutricionais e ambientais relacionadas à pesca, como locais e métodos de captura (POTTS *et al.*, 2011).

Figura 2 — Anos em que foram publicados os artigos



Fonte: o próprio autor (2022)

3.3 Espécies mais prevalentes

Após a aplicação dos critérios de inclusão, foram selecionados 23 artigos para dar continuidade ao estudo (Tabela 1). Então, foi analisado o número da amostragem das espécies de pescado com maior prevalência de declaração nos rótulos dos casos de falsificação relatados nos artigos selecionados (Tabela 2). As espécies declaradas nos rótulos com maior número de amostras foram *Anoplopoma fimbria* (36 amostras), *Gadus morhua* (18 amostras), *Solea solea* (18 amostras), *Thunnus albacares* (15 amostras), *Scomberomorus commerson* (14 amostras), *Lates calcarifer* (12 amostras) e *Rastrelliger brachysoma* (12 amostras). Assim, também foram analisadas quais as reais espécies identificadas nessas amostras (Tabela 3).

Tabela 1 — Seleção final dos artigos para o estudo

Autores	Título
(1) Acutis <i>et al.</i> (2019)	Detection of fish species substitution frauds

-
- in Italy: A targeted national monitoring plan
- (2) Bénard-Capelle *et al.* (2015) Fish mislabelling in France: Substitution rates and retail types
- (3) Filonzi *et al.* (2010) Molecular barcoding reveals mislabelling of commercial fish products in Italy
- (4) Muñoz-Colmenero *et al.* (2016) DNA authentication of fish products reveals mislabeling associated with seafood processing
- (5) Horreo *et al.* (2019) Amplification of 16S rDNA reveals important fish mislabeling in Madrid restaurants
- (6) Galal-Khallaf *et al.* (2014) DNA barcoding reveals a high level of mislabeling in Egyptian fish fillets
- (7) Sameera *et al.* (2021) Species substitutions revealed through genotyping: Implications of traceability limitations and unregulated fishing
- (8) Chen *et al.* (2019) DNA barcoding of fish species reveals low rate of package mislabeling in Qatar
- (9) Changizi *et al.* (2013) Species identification reveals mislabeling of important fish products in Iran by DNA barcoding
- (10) Do *et al.* (2019) Assessment of marine fish mislabeling in South Korea's markets by DNA barcoding
- (11) Von Der Heyden *et al.* (2010) Misleading the masses: Detection of mislabelled and substituted frozen fish products in South Africa
- (12) Helyar *et al.* (2014) Fish product mislabeling: Failings of traceability in the production chain and implications for Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) fishing
- (13) Cawthorn *et al.* (2015) Fish species substitution and misnaming in South Africa: an economic, safety and sustainability conundrum revisited
- (14) Yan *et al.* (2016) DNA barcoding reveals mislabeling of imported fish products in Nansha new port of

- Guangzhou, Guangdong province, China
- (15) Kappel e Schröder (2016) Substitution of high-priced fish with low-priced species: Adulteration of common sole in German restaurants
- (16) Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012) DNA barcoding reveals a high incidence of fish species misrepresentation and substitution on the South African market
- (17) Cutarelli *et al.* (2014) Italian market fish species identification and commercial frauds revealing by DNA sequencing
- (18) Filonzi *et al.* (2021) Efficiency of DNA mini-barcoding to assess mislabeling in commercial fish products in Italy: An overview of the last decade
- (19) Delpiani *et al.* (2020) Are we sure we eat what we buy? Fish mislabelling in Buenos Aires province, the largest sea food market in Argentina
- (20) Blanco-Fernandez *et al.* (2021) Fraud in highly appreciated fish detected from DNA in Europe may undermine the development goal of sustainable fishing in Africa
- (21) Gomes *et al.* (2019) Forensic analysis reveals fraud in fillets from the “Gurijuba” *Sciades parkeri* (Ariidae – Siluriformes): a vulnerable fish in Brazilian Coastal Amazon
- (22) Xiong *et al.* (2016) DNA barcoding reveals substitution of Sablefish (*Anoplopoma fimbria*) with Patagonian and Antarctic Toothfish (*Dissostichus eleginoides* and *Dissostichus mawsoni*) in online market in China: how mislabeling opens door to IUU fishing
- (23) Deconinck *et al.* (2020) A high-quality genetic reference database for European commercial fishes reveals substitution fraud of processed Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common sole (*Solea solea*) at different steps in the Belgian supply chain

A espécie *Anoplopoma fimbria* é denominada comumente no Brasil como Peixe-Carvão-do-Pacífico, ou Gindara (BRASIL, 2020b). O *A. fimbria* é um peixe grande, de vida longa e altamente migratória, que habita as águas do Oceano Pacífico Norte (MCCRANEY; SASKI; GUYON, 2012). A sua distribuição estende-se do México ao Alasca, e da costa oeste da América do Norte ao Japão (FRIESEN *et al.*, 2013). É um peixe que é rico em ômega-3 e que apresenta uma carne branca firme, com qualidade e sabor superiores, sendo consumido na Ásia como sushi, sashimi ou de várias formas marinadas (GOETZ *et al.*, 2021). O valor excepcional do *A. fimbria* e a diminuição das suas populações selvagens estimularam o desenvolvimento da aquicultura comercial desta espécie (GOETZ *et al.*, 2021). Atualmente, esse peixe representa um importante recurso pesqueiro no Japão, na Rússia, no Canadá, no Alasca e na costa oeste dos EUA (HANSELMAN *et al.*, 2011 *apud* HEAD; KELLER; BRADBURN, 2014; NMFS, 2011 *apud* OROZCO-RUIZ *et al.*, 2018). O Japão é o maior importador e consumidor mundial desse pescado, tendo registrado um consumo médio de 26.900 toneladas métricas por ano no período de 1987 a 2012, o que corresponde a 88% da produção mundial de *A. fimbria* nesse intervalo de tempo (HEAD; KELLER; BRADBURN, 2014). No entanto, também tem havido um aumento na demanda em outros mercados asiáticos, como na Coreia do Sul e em Hong Kong, onde esse peixe é um item de iguaria (SONU, 2000 *apud* FRIESEN *et al.*, 2013). O *A. fimbria* também tem sido apreciado na China, onde, em 2013, se importou 212 toneladas dos EUA (SONU, 2014 *apud* XIONG *et al.*, 2016). A China, inclusive, já ocupou o sétimo lugar entre os principais países importadores dessa espécie (GRILLY *et al.*, 2015). Assim, o valor de mercado, o aumento da procura dos consumidores e a diminuição das unidades populacionais tornaram a criação de *A. fimbria* uma importante aquicultura (VASQUEZ *et al.*, 2020).

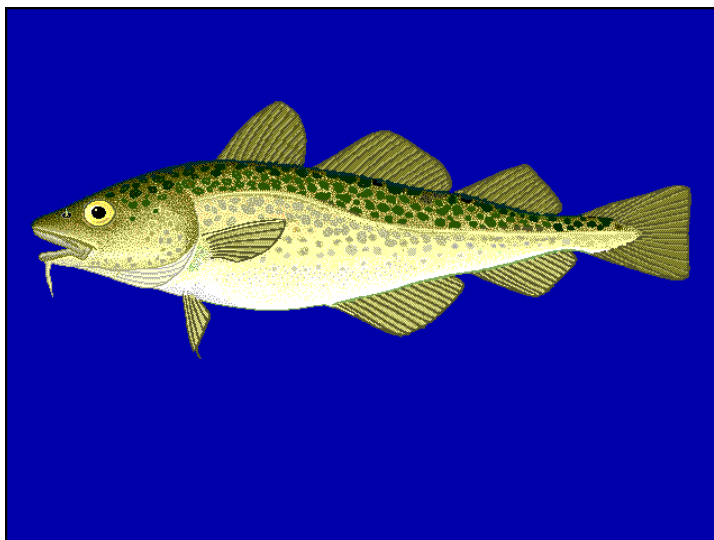
Figura 3 — *Anoplopoma fimbria*



A espécie *Gadus morhua* é denominada comumente no Brasil como Bacalhau, Bacalhau-do-Porto, Bacalhau-do-Atlântico, Cod e Cod-do-Atlântico (BRASIL, 2020b). Essa espécie está amplamente distribuída nas plataformas continentais do Atlântico Norte e, por muitos séculos, tem sido uma das espécies econômicas mais importantes para as comunidades pesqueiras dessa região (KURLANSKI, 1998 *apud* MAGNADÓTTIR *et al.*, 2001; MOREY *et al.*, 2012). O cultivo experimental desse pescado tem sido realizado com sucesso no Canadá, na Islândia, na Noruega e na Escócia (BJÖRNSSON *et al.*, 2001). Na Noruega, em 2005, foram produzidas 7.410 toneladas métricas de *G. morhua* (PATEL *et al.*, 2007). Já na Escócia, era prevista a produção de 6 mil toneladas em 2005 (SOLSLETTEN, 2001 *apud* HALL; SMITH; JOHNSTON, 2004). Com relação à produção mundial de *G. morhua*, analistas previram uma produção de 400 mil toneladas por ano até 2020 (SOLSLETTEN, 2001 *apud* HALL; SMITH; JOHNSTON, 2004).

Além disso, o Bacalhau é uma das espécies de peixe branco mais consumidas em toda a Europa (ROSE, 2004). O aumento do consumo mundial e os altos níveis de exploração provocaram diminuição dos estoques e limitações de captura (HERRERO *et al.*, 2010). O declínio dos estoques naturais e o seu alto valor de mercado levaram a um aumento do interesse no cultivo intenso desta espécie (NORBERG *et al.*, 2004). Os mesmos motivos também explicam a razão pela qual o Bacalhau é frequentemente substituído por espécies mais baratas ou tem a sua captura ilegal ocultada pelo uso de nomes de outras espécies (MILLER; MARIANI, 2010; HELYAR *et al.*, 2014).

Figura 4 — *Gadus morhua*



Fonte: Cada (1990)

A espécie *Solea solea* não foi mencionada na Instrução Normativa nº 53, de 1º de setembro de 2020, publicada pelo MAPA, mas, em Portugal, essa espécie é denominada comumente como Linguado Legítimo (TEIXEIRA, 2007). O *Solea solea* é um peixe chato, de importância comercial na Europa, cuja distribuição se estende da Noruega e do Mar Báltico Ocidental ao Senegal, incluindo o Mar Mediterrâneo (TANNER *et al.*, 2011). Devido ao seu alto valor de mercado, à alta qualidade da carne e à crescente demanda dos consumidores, é superexplorado na maior parte de sua área de distribuição (CUVELIERS *et al.*, 2010; PARMA *et al.*, 2013). Acredita-se que o estoque de Linguado Legítimo do Mar do Norte está em risco de exploração insustentável (ICES, 2011 *apud* LACROIX *et al.*, 2013).

Figura 5 — *Solea solea*



Fonte: Souto (2002)

Já a espécie *Thunnus albacares* é denominada comumente no Brasil como Atum, Albacora-de-Lage ou Atum-Galha-Amarela (BRASIL, 2020b). O *T. albacares* é uma espécie de atum grande e migratório, amplamente distribuída em águas tropicais e subtropicais em todo o mundo (COLLETTE; NAUEN, 1983 *apud* LI *et al.*, 2015). É um peixe importante na pesca comercial dos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico (LI *et al.*, 2015). Indivíduos maduros podem produzir carne com qualidade de sashimi, e os animais mais jovens são, frequentemente, processados como atum enlatado de alta qualidade (MACFADYEN; DEFAUX, 2016 *apud* ANDERSON *et al.*, 2019). Em 1998, a captura global desse pescado foi superior a 1,1 milhão de toneladas métricas (FAO, 2000 *apud* WEXLER *et al.*, 2003). Assim como diversas outras espécies, essa está atualmente sobrepescada e é considerada uma espécie quase ameaçada de extinção (COLLETTE *et al.*, 2011).

Figura 6 — *Thunnus albacares*



Fonte: Archambalt (2001)

Os peixes do gênero *Scomberomorus* spp. são denominados comumente, no Brasil, Cavala (BRASIL, 2020b). A *S. commerson* é uma espécie de alto valor comercial, distribuída em águas tropicais costeiras da região do Indo-Pacífico (DINESHBABU *et al.*, 2012). A sua popularidade e o seu alto preço de mercado resultam em uma forte exploração dos seus estoques (DUDLEY; AGHANASHINIKAR; BROTHERS, 1992; SIDDEEK; AL-HOSNI, 1998; AL-HOSNI; SIDDEEK, 1999). Devido à alta demanda, a captura anual global desse pescado aumentou, em um ritmo constante, de 70 mil toneladas métricas, na década de 1970, para mais de 220 mil toneladas métricas em 2008 (COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT, PUBLIC HEALTH AND FOOD SAFETY, EUROPEAN PARLIAMENT, 2013 *apud* FILONZI *et al.*, 2021). Assim, houve um declínio substancial dessa espécie devido à superexploração e às práticas de pesca não regulamentadas (FILONZI *et al.*, 2021). Um exemplo desse declínio é a diminuição drástica da captura anual de *S. commerson* nas águas de Taiwan, que diminuiu de 6.600 toneladas métricas, em 2002, para 517 toneladas métricas em 2019 (CÉSPEDES *et al.*, 1999).

Figura 7 — *Scomberomorus commerson*



Fonte: Randall (1997)

Os peixes do gênero *Lates* spp. são denominados comumente no Brasil como Perca-de-Água-Doce (BRASIL, 2020b). A faixa de distribuição da espécie *Lates calcarifer* estende-se do norte do Oceano Índico ao Pacífico Ocidental (SAGHAFIANKHO *et al.*, 2020). É um dos peixes de aquacultura marinha mais importantes da Austrália e dos países asiáticos (YANG *et al.*, 2020). Essa espécie é cultivada comercialmente na Austrália, na Tailândia, na Malásia, na Indonésia, em Taiwan e em Hong Kong (THOPHON *et al.*, 2003). A demanda de mercado e o preço desse pescado são altos devido ao seu sabor, textura e aroma desejáveis (RAM *et al.*, 2019; BANERJEE *et al.*, 2021). Além da alta preferência do consumidor e do preço de mercado competitivo, essa espécie apresenta uma rápida taxa de crescimento, além da capacidade de ser cultivada em uma ampla variedade de ambientes, sendo, por esses motivos, cultivada em diversos países (SCHIPP; BOSMANS; HUMPHREY, 2007 *apud* BANERJEE *et al.*, 2021). Na Austrália, a produção desse pescado em 2011 foi de 4.352 toneladas, avaliadas em AUD\$ 35,7 milhões (SKIRTUN *et al.*, 2013 *apud* CHOTNIPAT *et al.*, 2015).

Figura 8 — *Lates calcarifer*



Fonte: Khan (2000)

A espécie *Rastrelliger brachysoma* não é mencionada na Instrução Normativa nº 53, entretanto, em inglês, essa espécie é denominada “*short mackerel*”, o que, traduzido para o português, significa “Cavala Curta” (TAN *et al.*, 2017). O *R. brachysoma* é um peixe migratório nativo da região centro-oeste do Indo-Pacífico (COLLETTE; NAUEN, 1983 *apud* KONGSENG; PHOONSAWAT; SWATDIPONG, 2020). Essa espécie apresenta uma alta preferência entre os consumidores devido ao seu preço acessível e ao fato de ser amplamente disponível durante todo o ano em muitos países do sudeste asiático, incluindo Tailândia, Malásia, Camboja, Filipinas e Indonésia (TAN *et al.*, 2017). Na Tailândia, a produção total desse pescado em 2013 foi de 145.300 toneladas, diminuindo em 2017 para 25.259 toneladas

(KONGSENG *et al.*, 2021). A redução dessa espécie pode estar ocorrendo devido à sobrepesca e à deterioração de seu habitat natural (DEPARTMENT OF FISHERIES, 2012 *apud* SENARAT *et al.*, 2021). Se a população de *R. brachysoma* continuar a diminuir nesse ritmo, essa espécie será extinta ou irá tornar-se ecologicamente insignificante (SENARAT *et al.*, 2021).

Figura 9 — *Rastrelliger brachysoma*



Fonte: Williams (1995)

Tabela 2 — Número de amostras das espécies mais prevalentes declaradas nos rótulos dos casos de falsificação por troca de espécies

Espécie	Número de amostras	Artigo
<i>Acanthistius patachonicus</i>	4	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
<i>Anoplopoma fimbria</i>	36	Xiong <i>et al.</i> (2016)
<i>Coryphaena hippurus</i>	5	Von Der Heyden <i>et al.</i> (2010)
	1	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
	1	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
<i>Dentex angolensis</i>	2	Filonzi <i>et al.</i> (2021)
<i>Engraulis encrasicolus</i>	2	Blanco-Fernandez <i>et al.</i> (2021)
<i>Epinephelus costae</i>	2	Acutis <i>et al.</i> (2019)
<i>Epinephelus marginatus</i>	2	Horreo <i>et al.</i> (2019)
	1	Cutarelli <i>et al.</i> (2014)
<i>Gadus morhua</i>	6	Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015)
	2	Filonzi <i>et al.</i> (2010)

	5	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
	1	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
	1	Cutarelli <i>et al.</i> (2014)
	3	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
<i>Galeorhinus galeus</i>	3	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
	1	Horreo <i>et al.</i> (2019)
	2	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
<i>Genypterus blacodes</i>	2	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
	3	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2	Filonzi <i>et al.</i> (2021)
<i>Lates calcarifer</i>	2	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	10	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
<i>Lates niloticus</i>	2	Galal-Khallaf <i>et al.</i> (2014)
<i>Lophius piscatorius</i>	6	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	8	Helyar <i>et al.</i> (2014)
<i>Mustelus mustelus</i>	2	Filonzi <i>et al.</i> (2021)
<i>Pagrus major</i>	3	Do <i>et al.</i> (2019)
<i>Pampus argenteus</i>	4	Sameera <i>et al.</i> (2021)
<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	1	Chen <i>et al.</i> (2019)
<i>Pangasius bocourti</i>	5	Galal-Khallaf <i>et al.</i> (2014)
<i>Penaeus monodon</i>	5	Sameera <i>et al.</i> (2021)
<i>Perca fluviatilis</i>	2	Filonzi <i>et al.</i> (2010)
<i>Petrus rupestris</i>	2	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	12	Yan <i>et al.</i> (2016)
<i>Sciades parkeri</i>	8	Gomes <i>et al.</i>

		(2019)
<i>Scomberomorus commerson</i>	11	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	3	Changizi <i>et al.</i> (2013)
<i>Seriola lalandi</i>	2	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
	5	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
<i>Solea solea</i>	11	Kappel e Schröder (2016)
	7	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
<i>Solea vulgaris</i>	2	Acutis <i>et al.</i> (2019)
	1	Filonzi <i>et al.</i> (2010)
<i>Thunnus alalunga</i>	1	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
	2	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
	5	Blanco-Fernandez <i>et al.</i> (2021)
<i>Thunnus albacares</i>	7	Acutis <i>et al.</i> (2019)
	1	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
	7	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
<i>Thunnus thynnus</i>	5	Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015)

Fonte: o próprio autor (2022)

Tabela 3 — Espécies declaradas no rótulo e espécies reais identificadas

Espécie declarada no rótulo	Espécie real identificada	Número de amostras	Artigo
<i>Anoplopoma fimbria</i>	<i>Dissostichus eleginoides</i>	32	Xiong <i>et al.</i> (2016)
	<i>Dissostichus mawsoni</i>	4	Xiong <i>et al.</i> (2016)
<i>Gadus morhua</i>	<i>Brama brama</i>	1	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
	<i>Gadus chalcogrammus</i>	1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
	<i>Gadus macrocephalus</i>	1	Filonzi <i>et al.</i> (2010)
		1	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	5	Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015)
		1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
		1	Filonzi <i>et al.</i> (2010)

	<i>Molva molva</i>	4	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
	<i>Pollachius virens</i>	1	Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015)
		1	Cutarelli <i>et al.</i> (2014)
		1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
<i>Lates calcarifer</i>	<i>Pristipomoides filamentosus</i>	2	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	<i>Seriolella brama</i>	9	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
	<i>Thyrsites atun</i>	1	Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012)
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	<i>Alepes apercna</i>	12	Yan <i>et al.</i> (2016)
<i>Scomberomorus commerson</i>	<i>Acanthocybium solandri</i>	3	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	<i>Caranx ignobilis</i>	3	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	<i>Coryphaena hippurus</i>	1	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	<i>Istiophorous platypterus</i>	3	Sameera <i>et al.</i> (2021)
	<i>Scomberomorus niphonius</i>	3	Changizi <i>et al.</i> (2013)
	<i>Xiphias gladius</i>	1	Sameera <i>et al.</i> (2021)
<i>Solea solea</i>	<i>Cynoglossus senegalensis</i>	1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
		4	Kappel e Schröder (2016)
	<i>Cynoglossus sp.</i>	1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
	<i>Limanda aspera</i>	3	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
	<i>Microstomus kitt</i>	1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
	<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	1	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
	<i>Pangasianodon hypophthalmus/Pangasius sanitwongsei</i>	5	Kappel e Schröder (2016)
	<i>Synaptura lusitanica</i>	2	Kappel e Schröder (2016)
<i>Thunnus albacares</i>	<i>Callorhynchus callorhynchus</i>	1	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
	<i>Galeorhinus galeus</i>	3	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
	<i>Mustelus schmitti</i>	2	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
	<i>Squatina guggenheim</i>	1	Delpiani <i>et al.</i> (2020)
	<i>Thunnus obesus</i>	6	Acutis <i>et al.</i> (2019)
		1	Cawthorn <i>et al.</i> (2015)
	<i>Thunnus thynnus</i>	1	Acutis <i>et al.</i> (2019)

Fonte: o próprio autor (2022)

3.4 Fatores que levam à ocorrência das falsificações

A substituição por troca de espécies pode ser não intencional, sendo ocasionada por simples erros ao longo da cadeia comercial como, por exemplo, quando espécies

morfologicamente semelhantes são capturadas juntas (MARKO *et al.*, 2004; GOLD; VOELKER; RENSHAW, 2011; UNDERWOOD, 2018 *apud* MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021). A confusão também pode surgir pelo fato de que as espécies podem ter nomes vernaculares diferentes em diferentes regiões, ou compartilharem o mesmo nome vernacular com outra espécie (DI PINTO *et al.*, 2015). Outro fator que também pode influenciar na substituição não intencional é a falta de protocolos eficazes para identificar, rastrear e rotular o pescado (UNDERWOOD, 2018 *apud* MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021).

A substituição por troca de espécies também pode ser realizada de forma intencional, para aumentar lucros, evitar tributação, ocultar espécies ilegais ou satisfazer a demanda do mercado (FEITOSA *et al.*, 2018; FOX *et al.*, 2018; CALOSSO *et al.*, 2020; REILY, 2018 *apud* MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021). O incentivo financeiro geralmente representa a maior motivação para a substituição por troca de espécies e, como a carne de muitas espécies de peixes é semelhante em aparência, sabor e textura, torna-se relativamente fácil que espécies de alto valor comercial sejam substituídas por espécies de menor valor comercial (CLINE, 2012; CAWTHORN; STEINMAN; WITTHUHN, 2012; XIONG *et al.*, 2018).

Espécies com baixa oferta e alta demanda apresentam taxas mais altas de substituição por troca de espécies (MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021). Em termos de demanda, determinadas espécies de pescado podem apresentar maior demanda por causa da sua qualidade, da sua identidade tradicional ou porque se popularizaram recentemente (MILLER; CLARKE; MARIANI, 2012; MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021). Já com relação à oferta, o nível de oferta das espécies varia muito, o que ocorre devido a diferentes fatores, de forma que certas espécies podem estar disponíveis em grandes ou pequenas quantidades ao longo do ano, seja naturalmente ou devido a outros fatores, como a pesca de captura, a aquicultura ou o fornecimento de importações (MUNGUIA-VEGA *et al.*, 2021).

A pressão sobre os estoques de peixes também foi um fator que aumentou as falsificações por troca de espécies (WORM *et al.*, 2006; CHEUNG; WATSON; PAULY, 2013; SMALÅS *et al.*, 2019; BRYNDUM-BUCHHOLZ *et al.*, 2019; DECONINCK *et al.*, 2020). A demanda por pescado aumenta há décadas e, conseqüentemente, cada vez mais estoques de peixe são sobrepescados (FAO, 2018). Em um estudo de duração de quatro anos realizado em 10 grandes ecossistemas marinhos ao redor do mundo, Worm *et al.* (2009) relataram que 63% dos estoques de peixes avaliados estavam abaixo dos níveis desejados. Além disso, dados de 2009 da FAO indicam que a sobrepesca generalizada explorou totalmente, sobreexplorou ou esgotou até 75% dos estoques globais de peixes, tendo efeitos

deletérios nos ecossistemas aquáticos (PAULY; WATSON; ALDER, 2005; WORM *et al.*, 2006; FAO, 2009 *apud* CAWTHORN, STEINMAN; WITTHUHN, 2012).

3.5 Consequências das falsificações

São diversas as consequências da falsificação por troca de espécies, o que inclui perdas financeiras para os consumidores e para o setor governamental, perda de confiança dos consumidores no comércio de pescado, problemas para a conservação de espécies já ameaçadas e sobrepescadas, e ameaças à saúde pública (JACQUET; PAULY, 2007; GAO, 2009 *apud* VON DER HEYDEN *et al.*, 2010). Uma grave consequência desse tipo de falsificação é o uso de espécies da pesca ilegal, não regulamentada e subnotificada para a substituição intencional de outras espécies a fim de aumentar o lucro do vendedor, o que causa prejuízo ao cliente (HELYAR *et al.*, 2014; SHAMSUDHEEN *et al.*, 2019). Esse tipo de pesca prejudica significativamente a biodiversidade (DO *et al.*, 2019). Além disso, uma estimativa indica que o valor global da pesca ilegal está entre 10 e 23 bilhões de dólares anuais (AGNEW *et al.*, 2009 *apud* MARTINSOHN *et al.*, 2019).

Outra consequência negativa das falsificações por troca de espécies é a ameaça à saúde dos consumidores, o que pode ocorrer quando os peixes substitutos são de espécies tóxicas, de espécies que contenham alérgenos ou de espécies que contenham altos níveis de metais pesados ou de poluentes orgânicos (TRIANAFYLLIDIS *et al.*, 2010; FOCARDI, 2012; GIUSTI *et al.*, 2016; XIONG *et al.*, 2018). Um exemplo disso foi o caso relatado por Cohen *et al.* (2009), no qual, em 2007, dois indivíduos desenvolveram sintomas consistentes com envenenamento por tetrodotoxina após a ingestão de baiacu comprado em um mercado de Chicago (EUA). O varejista alegou que o produto vendido era tamboril, entretanto uma inspeção visual e uma análise genética determinaram que o peixe era, de fato, um baiacu (família *Tetraodontidae*), além de a tetrodotoxina ter sido detectada em altos níveis nos peixes do lote implicado e nos restos da refeição ingerida. A tetrodotoxina ocorre, principalmente, em peixes membros da família *Tetraodontidae*, e é tipicamente concentrada no fígado do peixe, podendo se concentrar também em ovários, intestino e pele (ISBISTER; KIERNAN, 2005). A tetrodotoxina é uma neurotoxina estável ao calor que bloqueia a transmissão neuronal no músculo esquelético, levando à fraqueza ou à paralisia e, potencialmente, à morte, se ingerida em quantidades suficientes (ISBISTER; KIERNAN, 2005).

Outro exemplo do impacto negativo das falsificações por troca de espécies na saúde dos consumidores é o do caso descrito por Kusche e Hanel (2021), no qual falsificações por

troca de espécies foram encontradas no aeroporto de Frankfurt em 31% de 975 peixes importados para consumo humano durante um período de três anos. O caso de falsificação mais frequentemente detectado foi o da espécie *Lutjanus malabaricus*, onde 100% de rotulagem incorreta foi detectada em uma amostra de 103 espécimes, e a maioria das falsificações foi problemática em relação à ciguatera (intoxicação alimentar causada por ciguatoxina). A ciguatoxina é produzida por algas que ocorrem em habitats costeiros tropicais e subtropicais, e provavelmente se acumulam ao longo da cadeia alimentar (PARSONS *et al.*, 2012). A intoxicação por ciguatoxina é caracterizada por sintomas neurológicos, cardíacos e gastrointestinais (FRIEDMAN *et al.*, 2017).

3.6 Estabelecimentos em que mais são detectados os casos de falsificações

Foi analisado em que tipo de estabelecimentos relatados nos artigos selecionados foram detectados os casos de falsificação por troca de espécies (Tabela 4). O varejo, o restaurante e a peixaria foram os locais mais mencionados.

Em contraste com a falsificação acidental, a falsificação deliberada é mais frequente em produtos irreconhecíveis (GARCIA-VAZQUEZ *et al.*, 2012; GALAL-KHALLAF *et al.*, 2014). Nos produtos reconhecíveis, a cabeça está presente, além de todo o corpo conter características morfológicas que permitem a identificação da espécie, enquanto que, nos produtos irreconhecíveis, a espécie não pode ser apurada visualmente (BLANCO-FERNANDEZ *et al.*, 2021). Algumas das características morfológicas diagnósticas são: formato e tamanho do corpo, padrão da pele, formato e número de barbatanas, entre outras (CHANGIZI *et al.*, 2013). Entretanto, os caracteres morfológicos podem ser alterados ou apagados durante a captura, o processamento, o transporte e a embalagem (NEDUNOORI; TURANOV; KARTAVTSEV, 2017). Assim, a falsificação por troca de espécies é mais prevalente em produtos processados (fatiados, cortados, amassados ou misturados com outros ingredientes), uma vez que as características morfológicas não estão mais visíveis (MUÑOZ-COLMENERO *et al.*, 2016; DECONINCK *et al.*, 2020).

Relatórios têm mostrado um aumento no número de casos de falsificação por troca de espécies em filés de peixe (DE BRITO *et al.*, 2015; KAPPEL; SCHRÖDER, 2016; VENEZA *et al.*, 2018). Como o peixe é um alimento que se decompõe rapidamente, a principal estratégia para prolongar a sua vida útil é processar a sua carne, sendo que a forma mais comum de fazer isso é a filetagem (STAFFEN *et al.*, 2017). O filé é produzido cortando e separando a carne do osso longitudinalmente, paralelamente à espinha dorsal, e, assim, muitas

estruturas morfológicas são removidas, o que dificulta o reconhecimento da espécie e facilita que falsificações acidentais ou intencionais ocorram (CAWTHORN; STEINMAN; WITTHUHN, 2012; GALIMBERTI *et al.*, 2013; GALAL-KHALLAF *et al.*, 2014; STAFFEN *et al.*, 2017).

Os peixes pode ser alvo de falsificação por troca de espécies ao longo de toda a cadeia de abastecimento, pois sua crescente complexidade dificulta o rastreamento da origem da falsificação (CAWTHORN *et al.*, 2015; HORREO *et al.*, 2019). Além disso, o nível de falsificação varia entre os pontos da cadeia produtiva (MUÑOZ-COLMENERO *et al.*, 2016). A partir disso, estudos sugerem que as falsificações por troca de espécies são mais importantes no final da cadeia de suprimentos, como em restaurantes, e que os esforços de controle devem ser direcionados a esse nível (BÉNARD-CAPELLE *et al.*, 2015).

Dessa forma, é essencial incluir ferramentas moleculares nos controles rotineiros do comércio de pescado (MUÑOZ-COLMENERO *et al.*, 2016). Metodologias baseadas em DNA são especialmente úteis para este propósito, pois o DNA pode ser obtido mesmo de alimentos altamente processados (TELETCHEA; MAUDET; HÄNNI, 2005).

Tabela 4 — Locais nos quais foram identificados os casos de falsificação por troca de espécies

Local	Artigo
Atacado	Acutis <i>et al.</i> (2019) Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016) Von Der Heyden <i>et al.</i> (2010) Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012) Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Evento Social	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Hipermercado	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016) Sameera <i>et al.</i> (2021)
Hotel	Sameera <i>et al.</i> (2021)
Loja de departamento	Filonzi <i>et al.</i> (2010) Changizi <i>et al.</i> (2013) Filonzi <i>et al.</i> (2021)
Loja pequena	Blanco-Fernandez <i>et al.</i> (2021)
Mercado	Galal-Khallaf <i>et al.</i> (2014) Cutarelli <i>et al.</i> (2014) Gomes <i>et al.</i> (2019) Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Mercado/vendedores online	Do <i>et al.</i> (2019) Xiong <i>et al.</i> (2016)
Mercearia	Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016)
Peixaria	Acutis <i>et al.</i> (2019) Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015)

	Filonzi <i>et al.</i> (2010) Kappel e Schröder (2016) Blanco-Fernandez <i>et al.</i> (2021) Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Porto/importação	Yan <i>et al.</i> (2016) Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Processador	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Restaurante	Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015) Muñoz-Colmenero <i>et al.</i> (2016) Horreo <i>et al.</i> (2019) Von Der Heyden <i>et al.</i> (2010) Cawthorn <i>et al.</i> (2015) Kappel e Schröder (2016)
Serviço de alimentação	Deconinck <i>et al.</i> (2020)
Supermercado	Acutis <i>et al.</i> (2019) Bénard-Capelle <i>et al.</i> (2015) Helyar <i>et al.</i> (2014) Blanco-Fernandez <i>et al.</i> (2021)
Varejo	Acutis <i>et al.</i> (2019) Sameera <i>et al.</i> (2021) Chen <i>et al.</i> (2019) Cawthorn <i>et al.</i> (2015) Cawthorn, Steinman e Witthuhn (2012) Delpiani <i>et al.</i> (2020) Deconinck <i>et al.</i> (2020)

Fonte: o próprio autor (2022)

3.7 Métodos de detecção

No passado, técnicas imunológicas, como a técnica de *Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay* (ELISA), foram usadas para a identificação de certas proteínas de pescado (CHEN *et al.*, 2019). Entretanto, tais técnicas apresentavam limitações, incluindo a incapacidade de distinguir entre algumas espécies devido à baixa especificidade (CARRERA *et al.*, 2014). Assim, a detecção de falsificações por troca de espécies beneficiou-se muito do desenvolvimento de métodos baseados em DNA para identificar as espécies quando a morfologia não pode ser utilizada, pois o DNA pode ser obtido mesmo de alimentos altamente processados (TELETCHEA; MAUDET; HÄNNI, 2005; BÉNARD-CAPELLE, 2015). A análise de DNA fornece maior especificidade, sensibilidade e desempenho confiável para a identificação das espécies, além de fornecer velocidade à rastreabilidade de alimentos a um custo acessível (BOSONA; GEBRESENBET, 2013; CHRISTIANSEN *et al.*, 2018; JOSE *et al.*, 2020; SAMEERA *et al.*, 2021). Nesse contexto, o DNA é um marcador genético que pode

ser amplificado a partir de materiais frescos, degradados, processados ou cozidos (SAMEERA *et al.*, 2021).

Atualmente, o uso de técnicas moleculares como o DNA *barcoding* para a detecção das espécies em produtos processados é um dos métodos mais utilizados e eficazes, já que apresenta maior resolução quando comparado com outros métodos (WONG; HANNER, 2008; GALAL-KHALLAF *et al.*, 2014). Inclusive, o MAPA, responsável por garantir a rotulagem precisa dos alimentos em nível federal no Brasil, adotou a metodologia de DNA *barcoding* como um método padronizado para a regulação sistemática de produtos do mar (CARVALHO *et al.*, 2017).

Os genes mitocondriais citocromo b (Cyt-b) e citocromo c oxidase I (COI) são os favoritos para atuar como um “código de barras” para a identificação das espécies (ROE; SPERLING, 2007; DAWNAY *et al.*, 2007; ARDURA *et al.*, 2010; HANNER *et al.*, 2011). Ambas as regiões permitem a identificação das espécies ao comparar as sequências com um banco de dados de referência (WARD *et al.*, 2005 *apud* DECONINCK *et al.*, 2020). Infelizmente, os bancos de dados públicos ainda contêm sequências errôneas, que estão vinculadas a nomes de espécies incorretos (LI *et al.*, 2018; MIODUCHOWSKA *et al.*, 2018 *apud* DECONINCK *et al.*, 2020). Para lidar com isso, bancos de dados de alta qualidade foram criados, como o *Barcode of Life Data Systems* (BoLD) e o *Fishtrace* (DECONINCK *et al.*, 2020).

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi de, por meio de uma revisão sistemática da literatura, determinar quais eram as espécies de peixes mais prevalentes em relatos e revisões sobre falsificações por troca de espécies em artigos científicos publicados entre 2002 e 2022, assim como quais países e continentes mais publicaram sobre o assunto durante esse período, e qual a relação entre os anos de publicação dos artigos e a crescente preocupação dos consumidores com a origem e com a qualidade dos seus alimentos. A maioria dos resultados encontrados foi ao encontro das hipóteses levantadas. As espécies de peixes mais prevalentes foram *Anoplopoma fimbria*, *Gadus morhua*, *Solea solea*, *Thunnus albacares*, *Scomberomorus commerson*, *Lates calcarifer* e *Rastrelliger brachysoma*. Acreditava-se que as principais espécies de peixe que seriam alvo das falsificações seriam de maior valor comercial e, de fato, foi verificada a conformidade dessa informação. Entretanto, também se percebeu que fatores como o esgotamento dos estoques de peixes e a oferta menor do que a demanda também influenciam na ocorrência de falsificações.

Esperava-se encontrar mais publicações da Europa, da América do Norte e da Ásia, pois Chen *et al.* (2019) relataram que os estudos sobre identificação de espécies de peixes estão mais concentrados nesses locais. A Itália, a Espanha e os Estados Unidos foram os países que ficaram em primeiro, segundo e terceiro lugar, respectivamente. Ainda, a Alemanha, a Inglaterra, a China, o Brasil e a África do Sul também apresentaram um número significativo de artigos publicados acerca de falsificações por troca de espécies em peixes.

Com relação aos anos das publicações, era esperado que houvesse um maior número de artigos acerca desse assunto publicados recentemente, visto que a preocupação dos consumidores com a origem e com a qualidade dos alimentos está aumentando (CAWTHORN *et al.*, 2015). Os últimos dez anos apresentaram um maior número de artigos publicados. O ano com maior número de artigos publicados foi o de 2019, seguido dos anos de 2017, 2020 e 2021.

Este trabalho também pretendia expor quais os fatores que levam à ocorrência de casos de falsificação, quais os danos sociais que tal prática ilegal pode gerar, em que tipo de estabelecimento as falsificações normalmente são detectadas, e quais os métodos de detecção utilizados. Com relação às falsificações intencionais, as motivações eram, predominantemente, econômicas, apesar de “ocultar espécies ilegais” e “satisfazer a demanda do mercado” também terem sido fatores que levaram à ocorrência de falsificações. Além disso, foi observado que as falsificações também ocorrem de forma acidental, devido a erros

ao longo da cadeia produtiva. Quanto aos impactos das falsificações, confirmou-se que as falsificações por troca de espécies em peixes impactam negativamente na economia, na saúde pública e no meio ambiente.

Já com relação ao tipo de estabelecimento em que as falsificações normalmente são detectadas, confirmou-se que a maioria das falsificações foi encontrada no final da cadeia produtiva, em locais como varejos, restaurantes e peixarias. O método de detecção mais utilizado também correspondeu à hipótese inicial e constatou-se que, atualmente, o DNA *barcoding* é o método mais utilizado.

Portanto, a falsificação por troca de espécies em peixes é um problema presente no mundo todo, que afeta negativamente a economia das nações, a saúde pública e o meio ambiente. Estudos como esse auxiliam na identificação do porquê das falsificações serem tão recorrentes, de onde elas costumam ser encontradas e de qual o melhor método de as detectar. Dessa forma, torna-se possível combater os fatores que levam à ocorrência das falsificações e agir diretamente nos pontos da cadeia produtiva onde elas são mais evidentes.

REFERÊNCIAS

- ACUTIS, P. *et al.* Detection of fish species substitution frauds in Italy: A targeted National Monitoring Plan. **Food Control**, [S.l.], v. 101, p. 151-155, July 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.02.020>
- AL-HOSNI, A. H. S.; SIDDEEK, S. M. Growth and mortality of the narrowbarred Spanish Mackerel, *Scomberomorus commerson* (Lacepede), in Omani waters. **Fisheries Management and Ecology**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 145-160, Apr. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.1999.00134.x>
- ANDERSON, G. *et al.* Close kin proximity in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) as a driver of population genetic structure in the tropical western and central Pacific Ocean. **Frontiers in Marine Science**, [S.l.], v. 6, p. 341, July 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00341>
- ANDERSON, J. L.; ASCHE, F.; GARLOCK, T.. Economics of aquaculture policy and regulation. **Annual Review of Resource Economics**, [S.l.], v. 11, p. 101-123, Oct. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093750>
- ARCHAMBAULT, C. *Thunnus albacares*. [Hawaii], 2001. Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/Thunnus-albacares.html>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- ARCHIPELAGO MARINE RESEARCH LTD. *Anoplopoma fimbria*. [Canada], 1999. Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/Anoplopoma-fimbria.html>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- ARDURA, A. *et al.* Application of barcoding to Amazonian commercial fish labelling. **Food Research International**, [S.l.], v. 43, n. 5, p. 1549-1552, June 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.03.016>
- ARMANI, A. *et al.* A rapid PCR–RFLP method for the identification of *Lophius* species. **European Food Research and Technology**, [S.l.], v. 235, n. 2, p. 253-263, Aug. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1754-3>
- ARMANI, A. *et al.* What is inside the jar? Forensically informative nucleotide sequencing (FINS) of a short mitochondrial COI gene fragment reveals a high percentage of mislabeling in jellyfish food products. **Food Research International**, [S.l.], v. 54, n. 2, p. 1383-1393, Dec. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.003>
- BANERJEE, I. *et al.* Nutritional consequences of sun-drying, freezing, and frying of *Lates calcarifer* on human health. **Journal of the Indian Chemical Society**, [S.l.], v. 98, n. 10, p. 100158, Oct. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100158>
- BARBUTO, M. *et al.* DNA barcoding reveals fraudulent substitutions in shark seafood products: the Italian case of “palombo” (*Mustelus* spp.). **Food research international**, [S.l.], v. 43, n. 1, p. 376-381, Jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.009>

BÉNARD-CAPELLE, J. *et al.* Fish mislabelling in France: substitution rates and retail types. **PeerJ**, [S.l.], v. 2, p. e714, Mar. 2015. DOI: 10.7717/peerj.714

BERRY, P. Y.; BIN HASSAN, A. A. Comparative lethality of tissue extracts from the Malaysian puffer fishes, *Lagocephalus lunaris lunaris*, *L. l. spadiceus* and *Arothronstellatus*. **Toxicon**, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 249-254, Apr. 1973. DOI: [https://doi.org/10.1016/0041-0101\(73\)90051-2](https://doi.org/10.1016/0041-0101(73)90051-2)

BJÖRNSSON, B.; STEINARSSON, A.; ODDGEIRSSON, M. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). **ICES Journal of Marine science**, [S.l.], v. 58, n. 1, p. 29-38, Jan. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0986>

BLANCO-FERNANDEZ, C. *et al.* Fraud in highly appreciated fish detected from DNA in Europe may undermine the Development Goal of sustainable fishing in Africa. **Scientific Reports**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 1-10, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91020-w>

BOSONA, T.; GEBRESENBET, G.. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. **Food control**, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 32-48, Sept. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 5, 19 ago. 2020a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.468-de-18-de-agosto-de-2020-272981604>. Acesso em: 07 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 30 mar. 2017. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2017/decreto-9013-29-marco-2017-784536-publicacaooriginal-152253-pe.html>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 53, de 1º de Setembro de 2020. Define o nome comum e respectivos nomes científicos para as principais espécies de peixes de interesse comercial destinados ao comércio nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, edição 171, p. 2, 04 set. 2020b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-53-de-1-de-setembro-de2020-275906964>. Acesso em: 06 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de inspeção para identificação de espécies de peixes e valores indicativos de substituições em produtos da pesca e aquicultura. Brasília, DF: MAPA, 2016. 188p. ISBN 978-85-7991-101-9. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/pescadoweb.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

- BRYNDUM-BUCHHOLZ, A. *et al.* Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure across ocean basins. **Global change biology**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 459-472, Feb. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14512>
- CADA, R. N. *Gadus morhua*. [Philippines], 1990. Disponível em: <https://www.fishbase.se/photos/PicturesSummary.php?StartRow=13&ID=69&what=species&TotRec=17>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- CALOSSO, M. C. *et al.* Global footprint of mislabelled seafood on a small island nation. **Biological Conservation**, [S.l.], v. 245, p. 108557, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108557>
- CAMARGO, F. A. O. *et al.* Brazilian agriculture in perspective: great expectations vs reality. **Advances in agronomy**, [S.l.], v. 141, p. 53-114, Jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.003>
- CARRERA, E. *et al.* ELISA-based detection of mislabeled albacore (*Thunnus alalunga*) fresh and frozen fish fillets. **Food and Agricultural Immunology**, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 569-577, Nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09540105.2013.858310>
- CARVALHO, D. C. *et al.* Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 191, p. 30-35, July 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.021>
- CAWTHORN, D. *et al.* Fish species substitution and misnaming in South Africa: an economic, safety and sustainability conundrum revisited. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 185, p. 165-181, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.113>
- CAWTHORN, D.; STEINMAN, H. A.; WITTHUHN, R. C. DNA barcoding reveals a high incidence of fish species misrepresentation and substitution on the South African market. **Food Research International**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. 30-40, Apr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.011>
- CÉSPEDES, A. *et al.* Application of polymerase chain reaction–single strand conformational polymorphism (PCR–SSCP) to identification of flatfish species. **Journal of AOAC International**, [S.l.], v. 82, n. 4, p. 903-907, July 1999. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoac/82.4.903>
- CHANGIZI, R. *et al.* Species identification reveals mislabeling of important fish products in Iran by DNA barcoding. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 783-791, Nov. 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1834/11666>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- CHEN, K. *et al.* DNA barcoding of fish species reveals low rate of package mislabeling in Qatar. **Genome**, [S.l.], v. 62, n. 2, p. 69-76, Feb. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1139/gen-2018-0101>
- CHEUNG, W. W. L.; WATSON, R.; PAULY, D.. Signature of ocean warming in global fisheries catch. **Nature**, [S.l.], v. 497, n. 7449, p. 365-368, May 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature12156>

CHOTNIPAT, S. *et al.* Molecular and morphological evidence for the widespread distribution of *Laticola paralatesi* infecting wild and farmed *Lates calcarifer* in Australia. **Diseases of Aquatic Organisms**, [S.l.], v. 113, n. 3, p. 195-205, Apr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.3354/dao02848>

CHRISTIANSEN, H. *et al.* Seafood substitution and mislabeling in Brussels' restaurants and canteens. **Food control**, [S.l.], v. 85, p. 66-75, Mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.005>

CLINE, E.. Marketplace substitution of Atlantic salmon for Pacific salmon in Washington State detected by DNA barcoding. **Food Research International**, [S.l.], v. 45, n. 1, p. 388-393, Jan. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.043>

COHEN, N. J. *et al.* Public health response to puffer fish (tetrodotoxin) poisoning from mislabeled product. **Journal of Food Protection**, [S.l.], v. 72, n. 4, p. 810-817, Apr. 2009. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.4.810>

COLLETTE, B. B. *et al.* High value and long life—double jeopardy for tunas and billfishes. **Science**, [S.l.], v. 333, n. 6040, p. 291-292, July 2011. DOI: DOI: 10.1126/science.1208730

COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT, PUBLIC HEALTH AND FOOD SAFETY, EUROPEAN PARLIAMENT. **Draft Report on the food crisis, fraud in the food chain and the control thereof. De Lange, E. (Rapporteur)**. [Strasbourg, France], 2013. Disponível em: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+COMPARL+PE-519.759+02+DOC+PDF+V0//EN&language=EN>. Acesso em: 06 abr. 2022.

CUTARELLI, A. *et al.* Italian market fish species identification and commercial frauds revealing by DNA sequencing. **Food Control**, [S.l.], v. 37, p. 46-50, Mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.009>

CUVELIERS, E. L. *et al.* Microchemical variation in juvenile *Solea solea* otoliths as a powerful tool for studying connectivity in the North Sea. **Marine Ecology Progress Series**, [S.l.], v. 401, p. 211-220, Feb. 2010. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps08439>

DA SILVA, C. F. *et al.* DNA Barcode reveals mislabelling in the identification of marine fish swimming bladders for commercialization. **Forensic science international**, [S.l.], v. 299, p. 41-43, June 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.03.001>

DAWNAY, N. *et al.* Validation of the barcoding gene COI for use in forensic genetic species identification. **Forensic science international**, [S.l.], v. 173, n. 1, p. 1-6, Nov. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.09.013>

DE BRITO, M. A. *et al.* DNA barcoding reveals high substitution rate and mislabeling in croaker fillets (*Sciaenidae*) marketed in Brazil: The case of “pescadabranca” (*Cynoscion leiarchus* and *Plagioscion squamosissimus*). **Food Research International**, [S.l.], v. 70, p. 40-46, Apr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.031>

DECONINCK, D. *et al.* A high-quality genetic reference database for European commercial fishes reveals substitution fraud of processed Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common sole

(*Solea solea*) at different steps in the Belgian supply chain. **Food and Chemical Toxicology**, [S.l.], v. 141, p. 111-417, July 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111417>

DELPIANI, G. *et al.* Are we sure we eat what we buy? Fish mislabelling in Buenos Aires province, the largest sea food market in Argentina. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 221, p. 105373, Jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105373>

DI PINTO, A. *et al.* Species identification in fish fillet products using DNA barcoding. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 170, p. 9-13, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.05.006>

DINESHBABU, A. P. *et al.* Impact of non-selective gears on kingseer, *Scomberomorus commerson* fishery in Karnataka. **NISCAIR–CSIR, India**, [S.l.], v. 41, n. 3, p. 265-271, June 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/14173>. Acesso em: 12 abr. 2022.

DO, T. D. *et al.* Assessment of marine fish mislabeling in South Korea's markets by DNA barcoding. **Food Control**, [S.l.], v. 100, p. 53-57, June 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.002>

DUDLEY, R. G.; AGHANASHINIKAR, A. P.; BROTHERS, E. B. Management of the Indo-pacific Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Oman. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 15, n. 1-2, p. 17-43, Oct. 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(92\)90003-C](https://doi.org/10.1016/0165-7836(92)90003-C)

EUMOFA. **The EU fish market**. [S.l.], 2016. Disponível em: https://ec.europa.eu/fisheries/eu-fish-market-2016-edition_en. Acesso em: 06 abr. 2022.

FAO. **The global fish trade. Fact sheet: The international fish trade and world fisheries**. [S.l.], 2006. Disponível em: www.fao.org/newsroom/common/ecg/1000850/en/fishtradefacts08b.pdf. Acesso em: 06 abr. 2022.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2018 - meeting the sustainable development goals**. [Rome], 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2022.

FEITOSA, L. M. *et al.* DNA-based identification reveals illegal trade of threatened shark species in a global elasmobranch conservation hotspot. **Scientific reports**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 1-11, Feb. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21683-5>

FILONZI, L. *et al.* Efficiency of DNA Mini-Barcoding to Assess Mislabeling in Commercial Fish Products in Italy: An Overview of the Last Decade. **Foods**, [S.l.], v. 10, n. 7, p. 1449, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10071449>

FILONZI, L. *et al.* Molecular barcoding reveals mislabelling of commercial fish products in Italy. **Food Research International**, [S.l.], v. 43, n. 5, p. 1383-1388, June 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.016>

FOCARDI, S. Levels of mercury and polychlorobiphenyls in commercial food in Siena Province (Tuscany, Italy) in the period 2001–2010. **Microchemical Journal**, [S.l.], v. 105, p. 60-64, Nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.01.013>

FOX, M. *et al.* The seafood supply chain from a fraudulent perspective. **Food Security**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 939-963, Aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0826-z>

FRIEDMAN, M. A. *et al.* An updated review of ciguatera fish poisoning: clinical, epidemiological, environmental, and public health management. **Marine drugs**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 72, Mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/md15030072>

FRIESEN, E. N. *et al.* Evaluation of cold-pressed flaxseed oil as an alternative dietary lipid source for juvenile sablefish (*Anoplopoma fimbria*). **Aquaculture Research**, [S.l.], v. 44, n. 2, p. 182-199, Jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03022.x>

GALAL-KHALLAF, A. *et al.* DNA barcoding reveals a high level of mislabeling in Egyptian fish fillets. **Food control**, [S.l.], v. 46, p. 441-445, Dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.016>

GALIMBERTI A. *et al.* DNA barcoding as a new tool for food traceability. **Food Research International**, [S.l.], v. 50, n. 1, 2013, p. 55-63, Jan 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.036>

GARCIA-VAZQUEZ, E. *et al.* High level of mislabeling in Spanish and Greek hake markets suggests the fraudulent introduction of African species. **Journal of agricultural and food chemistry**, [S.l.], v. 59, n. 2, p. 475-480, Dec. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf103754r>

GARCIA-VAZQUEZ, E. *et al.* Species misidentification in mixed hake fisheries may lead to overexploitation and population bottlenecks. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 114, p. 52-55, Feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.05.012>

GIUSTI, A. *et al.* A Conventional Multiplex PCR Assay for the Detection of Toxic Gemfish Species (*Ruvettus pretiosus* and *Lepidocybium flavobrunneum*): a simple method to combat health frauds. **Journal of agricultural and food chemistry**, [S.l.], v. 64, n. 4, p. 960-968, Jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04899>

GOETZ, F. W. *et al.* Status of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 52, n. 3, p. 607-646, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12769>

GOLD, J. R.; VOELKER, G.; RENSHAW, M. A. Phylogenetic relationships of tropical western Atlantic snappers in subfamily *Lutjaninae* (*Lutjanidae: Perciformes*) inferred from mitochondrial DNA sequences. **Biological Journal of the Linnean Society**, [S.l.], v. 102, n. 4, p. 915-929, Apr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2011.01621.x>

GOMES, G. *et al.* Forensic analysis reveals fraud in fillets from the “Gurijuba” *Sciadesparkeri* (*Ariidae–Siluriformes*): a vulnerable fish in brazilian coastal Amazon. **Mitochondrial DNA Part A**, [S.l.], v. 30, n. 5, p. 721-729, June 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/24701394.2019.1622694>

GRILLY, E. *et al.* The price of fish: A global trade analysis of Patagonian (*Dissostichus eleginoides*) and Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*). **Marine Policy**, [S.l.], v. 60, p. 186-196, Oct. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.006>

HALL, T. E.; SMITH, P.; JOHNSTON, I. A. Stages of embryonic development in the Atlantic cod *Gadus morhua*. **Journal of morphology**, [S.l.], v. 259, n. 3, p. 255-270, Mar. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmor.10222>

HANNER, R. *et al.* FISH-BOL and seafood identification: Geographically dispersed case studies reveal systemic market substitution across Canada. **Mitochondrial DNA**, [S.l.], v. 22, n. sup1, p. 106-122, Oct. 2011. DOI: <https://doi.org/10.3109/19401736.2011.588217>

HEAD, M. A.; KELLER, A. A.; BRADBURN, M. Maturity and growth of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, along the US West Coast. **Fisheries research**, [S.l.], v. 159, p. 56-67, Nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.05.007>

HELYAR, S. J. *et al.* Fish product mislabelling: Failings of traceability in the production chain and implications for illegal, unreported and unregulated (IUU) fishing. **PLoS One**, [S.l.], v. 9, n. 6, p. e98691, June 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098691>

HERRERO, B. *et al.* Authentication of Atlantic cod (*Gadus morhua*) using real time PCR. **Journal of agricultural and food chemistry**, [S.l.], v. 58, n. 8, p. 4794-4799, Mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf904018h>

HORREO, J. L. *et al.* Amplification of 16S rDNA reveals important fish mislabeling in Madrid restaurants. **Food Control**, [S.l.], v. 96, p. 146-150, Feb. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.020>

HSIEH, H.; CHAI, T.; HWANG, D.. Using the PCR–RFLP method to identify the species of different processed products of billfish meats. **Food Control**, [S.l.], v. 18, n. 4, p. 369-374, May 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.11.002>

IMMERMAN, D. A.; GOETZ, F. W. The activation and cryopreservation of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) sperm. **Aquaculture**, [S.l.], v. 430, p. 211-217, June 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.010>

ISAACS, R. B.; HELLBERG, R. S. Authentication of red snapper (*Lutjanus campechanus*) fillets using a combination of real-time PCR and DNA barcoding. **Food Control**, [S.l.], v. 118, p. 107-375, Dec. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107375>

ISBISTER, G. K.; KIERNAN, M. C. Neurotoxic marine poisoning. **The Lancet Neurology**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 219-228, Apr. 2005. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(05\)70041-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(05)70041-7)

JACQUET, J. L.; PAULY, D. Trade secrets: renaming and mislabeling of seafood. **Marine policy**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 309-318, May 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.06.007>

JOSE, D. *et al.* Targeted species substitution in giant freshwater prawn trade revealed by genotyping. **Aquaculture Research**, [S.l.], v. 51, n. 2, p. 687-695, Nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.14417>

KAPPEL, K.; SCHRÖDER, U. Substitution of high-priced fish with low-priced species: adulteration of common sole in German restaurants. **Food control**, [S.l.], v. 59, p. 478-486, Jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.024>

- KHAN, M. M. *Lates calcarifer*. [Pakistan], 2000. Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/Lates-calcarifer.html>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- KONGSENG, S. *et al.* Genetic mixed-stock analysis of short mackerel, *Rastrelliger brachysoma*, catches in the Gulf of Thailand: Evidence of transboundary migration of the commercially important fish. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 235, p. 105-823, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105823>
- KONGSENG, S.; PHOONSAWAT, R.; SWATDIPONG, A. Individual assignment and mixed-stock analysis of short mackerel (*Rastrelliger brachysoma*) in the Inner and Eastern Gulf of Thailand: Contrast migratory behavior among the fishery stocks. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 221, p. 105-372, Jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105372>
- KUSCHE, H.; HANEL, R. Consumers of mislabeled tropical fish exhibit increased risks of ciguatera intoxication: A report on substitution patterns in fish imported at Frankfurt Airport, Germany. **Food Control**, [S.l.], v. 121, p. 107-647, Mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107647>
- KYROVA, V. *et al.* Sea fish fraud? A confirmation of Gadoid species food labelling. **British Food Journal**, [S.l.], v. 119, n. 1, p. 122-130, Jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2016-0113>
- LACROIX, G. *et al.* Modelling dispersal dynamics of the early life stages of a marine flatfish (*Solea solea* L.). **Journal of Sea Research**, [S.l.], v. 84, p. 13-25, Nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.07.010>
- LI, W. *et al.* Genetic population structure of *Thunnus albacares* in the Central Pacific Ocean based on mtDNA COI gene sequences. **Biochemical genetics**, [S.l.], v. 53, n. 1, p. 8-22, Apr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10528-015-9666-0>
- LI, X. *et al.* Detection of potential problematic Cytb gene sequences of fishes in GenBank. **Frontiers in genetics**, [S.l.], v. 9, p. 30, Feb. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00030>
- MAGNADÓTTIR, B. *et al.* Immune parameters of immunised cod (*Gadus morhua* L.). **Fish & Shellfish Immunology**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 75-89, Jan. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0296>
- MARKO, P. B. *et al.* Mislabelling of a depleted reef fish. **Nature**, [S.l.], v. 430, n. 6997, p. 309-310, July 2004. DOI: <https://doi.org/10.1038/430309b>
- MARTINSOHN, J. T. *et al.* DNA-analysis to monitor fisheries and aquaculture: Too costly? **Fish and Fisheries**, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 391-401, Mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12343>
- MCCRANEY, W. T.; SASKI, C. A.; GUYON, J. R. Isolation and characterization of 12 microsatellites for the commercially important sablefish, *Anoplopoma fimbria*. **Conservation Genetics Resources**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 415-417, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12686-011-9563-8>

MILLER, D. D.; CLARKE, M.; MARIANI, S. Mismatch between fish landings and market trends: a western European case study. **Fisheries Research**, [S.l.], v. 121, p. 104-114, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.01.016>

MILLER, D. D.; MARIANI, S. Smoke, mirrors, and mislabeled cod: poor transparency in the European seafood industry. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S.l.], v. 8, n. 10, p. 517-521, Dec. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1890/090212>

MOREY, G. *et al.* Atlantic cod *Gadus morhua* in the Mediterranean: a surprising immigrant. **Marine Ecology Progress Series**, [S.l.], v. 467, p. 277-280, Oct. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps09936>

MUELLER, S. *et al.* Development of a COX1 based PCR-RFLP method for fish species identification. **Food Control**, [S.l.], v. 55, p. 39-42, Sept. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.026>

MUNGUIA-VEGA, A. *et al.* Multiple drivers behind mislabeling of fish from artisanal fisheries in La Paz, Mexico. **PeerJ**, [S.l.], v. 9, p. e10750, Jan. 2021. DOI: [10.7717/peerj.10750](https://doi.org/10.7717/peerj.10750)

MUÑOZ-COLMENERO, M. *et al.* DNA authentication of fish products reveals mislabeling associated with seafood processing. **Fisheries**, [S.l.], v. 41, n. 3, p. 128-138, Feb. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/03632415.2015.1132706>

NEDUNOORI, A.; TURANOV, S. V.; KARTAVTSEV, Y. P. Fish product mislabeling identified in the Russian far east using DNA barcoding. **Gene Reports**, [S.l.], v. 8, p. 144-149, Sept. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2017.07.006>

NMFS (National Marine Fisheries Service). **Fisheries Economics of the United States, 2010**. [Washington, DC], 2011. Disponível em: <https://www.st.nmfs.noaa.gov/st5/publication/index.html>. Acesso em: 10 abr. 2022.

NMFS (National Marine Fisheries Service). **Fisheries Economics of the United States, 2016**. [Washington, DC], 2017. Disponível em: <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/document/fisheries-united-states-2016-report>. Acesso em: 06 abr. 2022.

NOAA. **Fisheries of the United States, 2017 Report**. [S.l.], 12 Dec. 2018. Disponível em: <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/document/fisheries-united-states-2017-report>. Acesso em: 06 abr. 2022.

NOAA. **Fisheries of the United States, 2018 Report**. [S.l.], 11 Feb. 2020. Disponível em: <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/document/fisheries-united-states-2018-report>. Acesso em: 06 abr. 2022.

NORBERG, B. *et al.* Photoperiod regulates the timing of sexual maturation, spawning, sex steroid and thyroid hormone profiles in the Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Aquaculture**, [S.l.], v. 229, n. 1-4, p. 451-467, Jan. 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00393-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00393-4)

OROZCO-RUIZ, A. M. *et al.* Microsatellite loci obtained by next generation sequencing on the sablefish (*Anoplopoma fimbria*). **Molecular biology reports**, [S.l.], v. 45, n. 5, p. 1523-1526, Oct. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4226-4>

PARMA, L. *et al.* Different early weaning protocols in common sole (*Solea solea* L.) larvae: Implications on the performances and molecular ontogeny of digestive enzyme precursors. **Aquaculture**, [S.l.], v. 414, p. 26-35, Nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.043>

PARSONS, M.I L. *et al.* Gambierdiscus and Ostreopsis: Reassessment of the state of knowledge of their taxonomy, geography, ecophysiology, and toxicology. **Harmful algae**, [S.l.], v. 14, p. 107-129, Feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.017>

PATEL, S. *et al.* Nodavirus in farmed Atlantic cod *Gadus morhua* in Norway. **Diseases of aquatic organisms**, [S.l.], v. 77, n. 2, p. 169-173, Sept. 2007. DOI: <https://doi.org/10.3354/dao01842>

PAULY, D.; WATSON, R.; ALDER, J. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [S.l.], v. 360, n. 1453, p. 5-12, Jan. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1574>

POTTS, T. *et al.* Sustainable seafood and eco-labelling: the Marine Stewardship Council, UK consumers, and fishing industry perspectives. **SAMS Report**, [S.l.], p. 211-270, 2011. Disponível em: https://pureadmin.uhi.ac.uk/ws/portalfiles/portal/17628067/270_Potts_T_Brennan_R_Sustainable_Seafood_and_Eco_labelling_2011.pdf. Acesso em: 06 abr. 2022.

PRAMOD, G. *et al.* Estimates of illegal and unreported fish in seafood imports to the USA. **Marine Policy**, [S.l.], v. 48, p. 102-113, Sept. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.03.019>

RAM, M. K. *et al.* Evaluation of biofilm of *Vibrio anguillarum* for oral vaccination of Asian seabass, *Lates calcarifer* (BLOCH, 1790). **Fish & Shellfish Immunology**, [S.l.], v. 94, p. 746-751, Nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.09.053>

RANDALL, J. E. *Scomberomorus commerson*. [S.l.], 1997. Disponível em: <https://www.fishbase.de/photos/PicturesSummary.php?StartRow=4&ID=121&what=species>. Acesso em: 13 abr. 2022.

ROE, A. D.; SPERLING, F. AH. Patterns of evolution of mitochondrial cytochrome c oxidase I and II DNA and implications for DNA barcoding. **Molecular Phylogenetics and evolution**, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 325-345, July 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.12.005>

ROSE, G. A. Reconciling overfishing and climate change with stock dynamics of Atlantic cod (*Gadus morhua*) over 500 years. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [S.l.], v. 61, n. 9, p. 1553-1557, Sept. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1139/f04-173>

SAGHAFIANKHO, S. *et al.* Effects of Different Levels of Salinity on NKA and NKCC Expression in Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [S.l.], v. 21, n. 1, p. 01-07, Nov. 2020. DOI: http://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_1_01

SAMEERA, S. *et al.* Species substitutions revealed through genotyping: Implications of traceability limitations and unregulated fishing. **Food Control**, [S.l.], v. 123, p. 107-779, May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107779>

SENARAT, S. *et al.* Distribution and changes in the sbGnRH system in *Rastrelliger brachysoma* males during the breeding season. **Scientia Marina**, [S.l.], v. 85, n. 3, p. 187-195, Sept. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3989/scimar.05023.017>

SHAMSUDHEEN, S. *et al.* DNA barcoding confirms species substitution of *Parastromateus niger* (black pomfret) using exotic species *Piaractus brachypomus* (Red Bellied Pacu). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 314-320, June 2019. Disponível em: <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2019/vol7issue4/PartE/7-4-3-133.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2022.

SIDDEEK, M. S. M.; AL-HOSNI, A. H. S. Biological reference points for managing kingfish, *Scomberomorus commerson*, in Oman. **Naga, the ICLARM Quarterly**, [S.l.], v. 21, n. 4, p. 32-36, June 1998. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1834/26111>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SMALÅS, A. *et al.* Climate warming is predicted to enhance the negative effects of size-selective harvesting on lake fish. **Journal of Applied Ecology**, [S.l.], p. 1-13, May 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13535>

SOUTO, B. F. *Solea solea*. [Spain], 2002. Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/Solea-solea.html>. Acesso em: 13 abr. 2022.

STAFFEN, C. F. *et al.* DNA barcoding reveals the mislabeling of fish in a popular tourist destination in Brazil. **PeerJ**, [S.l.], v. 5, p. e4006, Nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.4006>

STERLING, B.; CHIASSON, M.. Enhancing seafood traceability issues brief. **Global Food Traceability Center**, p. 1-15, Aug. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/BrianSterling/publication/265164644_Enhancing_Seafod_Traceability_Issues_Brief/links/5401f4190cf2c48563af850c/EnhancingSeafoodTraceability-Issues-Brief.pdf. Acesso em: 14 mar. 2022.

TAN, C. W. *et al.* Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from short mackerels (*Rastrelliger brachysoma*) in Malaysia. **Frontiers in microbiology**, [S.l.], v. 8, p. 1087, June 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01087>

TANNER, S. E. *et al.* Spatial and ontogenetic variability in the chemical composition of juvenile common sole (*Solea solea*) otoliths. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, [S.l.], v. 91, n. 1, p. 150-157, Jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.10.008>

TEIXEIRA, T. F. A. **Genetic diversity and population structure of *Solea solea* and *Solea senegalensis* and its relationships with life history patterns**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Biologia e Gestão dos Recursos Marinhos) - Departamento de Biologia Animal, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.

TELETSCHEA, F.; MAUDET, C.; HÄNNI, C. Food and forensic molecular identification: update and challenges. **Trends in biotechnology**, [S.l.], v. 23, n. 7, p. 359-366, July 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2005.05.006>

THOPHON, S. *et al.* Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. **Environmental pollution**, [S.l.], v. 121, n. 3, p. 307-320, Mar. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00270-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00270-1)

TIBOLA, C. S. *et al.* Economically motivated food fraud and adulteration in Brazil: Incidents and alternatives to minimize occurrence. **Journal of food science**, [S.l.], v. 83, n. 8, p. 2028-2038, Aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14279>

TIDWELL, J. H.; ALLAN, G. L. Fish as food: aquaculture's contribution. **EMBO reports**, [S.l.], v. 2, n. 11, p. 958-963, Nov. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1093/embo-reports/kve236>

TRIANAFYLLIDIS, A. *et al.* Fish allergy risk derived from ambiguous vernacular fish names: Forensic DNA-based detection in Greek markets. **Food research international**, [S.l.], v. 43, n. 8, p. 2214-2216, Oct. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.035>

VASQUEZ, I. *et al.* *Aeromonas salmonicida* infection kinetics and protective immune response to vaccination in sablefish (*Anoplopoma fimbria*). **Fish & Shellfish Immunology**, [S.l.], v. 104, p. 557-566, Sept. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.06.005>

VELEZ-ZUAZO, X. *et al.* High incidence of mislabeling and a hint of fraud in the ceviche and sushi business. **Food Control**, [S.l.], v. 129, p. 108224, Nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108224>

VENEZA, I. *et al.* Molecular authentication of Pargo fillets *Lutjanus purpureus* (Perciformes: Lutjanidae) by DNA barcoding reveals commercial fraud. **Neotropical Ichthyology**, [S.l.], v. 16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170068>

VON DER HEYDEN, S. *et al.* Misleading the masses: detection of mislabelled and substituted frozen fish products in South Africa. **ICES Journal of Marine Science**, [S.l.], v. 67, n. 1, p. 176-185, Jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp222>

WARD, R. D. *et al.* DNA barcoding *Australasian chondrichthyans*: results and potential uses in conservation. **Marine and Freshwater Research**, [S.l.], v. 59, n. 1, p. 57-71, Jan. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF07148>

WEXLER, J. B. *et al.* Tank culture of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*: developing a spawning population for research purposes. **Aquaculture**, [S.l.], v. 220, n. 1-4, p. 327-353, Apr. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00429-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00429-5)

- WILLIAMS, J. T. *Rastrelliger brachysoma*. [USA], 1995. Disponível em: <https://www.fishbase.se/summary/Rastrelliger-brachysoma.html>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- WONG, E. H.-K.; HANNER, R. H. DNA barcoding detects market substitution in North American seafood. **Food Research International**, [S.l.], v. 41, n. 8, p. 828-837, Oct. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.005>
- WORM, B. *et al.* Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. **Science**, [S.l.], v. 314, n. 5800, p. 787-790, Nov. 2006. DOI: [10.1126/science.1132294](https://doi.org/10.1126/science.1132294)
- WORM, B. *et al.* Rebuilding global fisheries. **Science**, [S.l.], v. 325, n. 5940, p. 578-585, July 2009. DOI: [10.1126/science.1173146](https://doi.org/10.1126/science.1173146)
- XIONG, X. *et al.* DNA barcoding revealed mislabeling and potential health concerns with roasted fish products sold across China. **Journal of Food Protection**, [S.l.], v. 82, n. 7, p. 1200-1209, July 2019. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-514>
- XIONG, X. *et al.* DNA barcoding reveals substitution of Sablefish (*Anoplopoma fimbria*) with Patagonian and Antarctic Toothfish (*Dissostichus eleginoides* and *Dissostichus mawsoni*) in online market in China: How mislabeling opens door to IUU fishing. **Food Control**, [S.l.], v. 70, p. 380-391, Dec. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.010>
- XIONG, X. *et al.* Multiple fish species identified from China's roasted Xue Yu fillet products using DNA and mini-DNA barcoding: Implications on human health and marine sustainability. **Food Control**, [S.l.], v. 88, p. 123-130, June 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.12.035>
- YAN, S. *et al.* DNA barcoding reveals mislabeling of imported fish products in Nansha new port of Guangzhou, Guangdong province, China. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 202, p. 116-119, July 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.133>
- YANG, R. *et al.* Immune Responses of Asian Seabass *Lates calcarifer* to Dietary *Glycyrrhiza uralensis*. **Animals**, [S.l.], v. 10, n. 9, p. 16-29, Sept. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10091629>