

Substituições fraudulentas e economicamente motivadas de pescadas da família Sciaenidae na região metropolitana de Belém, Pará

Fraudulent and economically motivated substitutions in croakers of the Sciaenidae family commercialized in the metropolitan region of Belém, Pará

Sustituciones fraudulentas y económicamente motivadas de pescadas de la familia Sciaenidae en la región metropolitana de Belém, Pará

Recebido: 20/06/2022 | Revisado: 30/06/2022 | Aceito: 06/07/2022 | Publicado: 15/07/2022

Bianca Assis do Vale

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-9181>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: biancadowale27@gmail.com

Andressa Jisely Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-192X>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: andressajisely@gmail.com

Iracilda Sampaio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2137-4656>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: ira@ufpa.br

Simoni Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-6793>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: simoni@ufpa.br

Resumo

No Norte do Brasil, as pescadas branca (*Plagioscion squamosissimus*) e gó (*Macrodon ancylodon*) são peixes de importância comercial, vendidos *in natura* e como filés ou postas congeladas. O processamento proporciona praticidade, qualidade e valor agregado ao pescado, no entanto, facilita substituições devido à remoção de caracteres diagnósticos. Portanto, este estudo teve como objetivos avaliar a ocorrência de substituição em peixes processados rotulados como pescada-branca e pescada-gó, comercializados na região metropolitana de Belém e averiguar se estas são economicamente motivadas. Foram sequenciados 618 pb da região *barcoding* da COI de 108 filés e 95 produtos rotulados como pescada-branca e pescada-gó, respectivamente. Todos foram identificados em nível específico, através de comparação com sequências do GenBank e BOLD. Apenas 13,89% dos filés rotulados como pescada-branca pertenciam à *P. squamosissimus*, enquanto 86,11% foram substituídos por *M. ancylodon* (38,89%), *Plagioscion auratus* (21,30%), *Cynoscion virescens* (9,26%), *Nebris microps* (12,04%), *Cynoscion acoupa* (3,70%) e *Cynoscion microlepidotus* (0,93%). Por outro lado, 94,74% dos produtos rotulados como pescada-gó pertenciam à *M. ancylodon*, enquanto 5,26% foram substituídos por *C. virescens* (2,11%), *Cynoscion guatucupa* (2,11%) e *C. microlepidotus* (1,05%). O teste do Qui-quadrado ($\chi^2 = 132$; $Gl = 1$; $p < 0,01$) confirma que a taxa de substituição é significativamente maior para a pescada-branca, a espécie de maior valor comercial. Adicionalmente, as substituições geralmente incluem espécies de baixo valor comercial. Portanto, conclui-se que as substituições são economicamente motivadas e podem ser caracterizadas como fraude comercial, onde as empresas têm como principal objetivo a obtenção de lucro em detrimento do consumidor.

Palavras-chave: Autenticação molecular; DNA *barcoding*; Genética Forense; Peixe processado; Erros de rotulagem; Fraude comercial.

Abstract

In the Northern of Brazil, pescada-branca (*Plagioscion squamosissimus*) and pescada-gó (*Macrodon ancylodon*) are commercially important fishes, sold fresh and as frozen fillet or steaks. Fish processing provides practicality, quality and added value although facilitates substitutions due to the removal of diagnostic characters. Thus, this study aims to evaluate the occurrence of substitutions in processed fish labeled as pescada-branca and pescada-gó, marketed in the metropolitan region of Belém and find out if this procedure is economically motivated. A 618 bp cytochrome C oxidase subunit I (COI) sequence was obtained from 108 fillets labelled as pescada-branca and 95 products labelled as pescada-gó. All the samples were identified to the species level through the comparison with sequences from the GenBank and BOLD databases. Only 13.89% of the fillets labelled as pescada-branca belonged to *P. squamosissimus*, whilst 86.11% were replaced by *M. ancylodon* (38.89%), *Plagioscion auratus* (21.30%), *Cynoscion virescens*

(9.26%), *Nebris microps* (12.04%), *Cynoscion acoupa* (3.70%) and *Cynoscion microlepidotus* (0.93%). On the other hand, 94.74% of the products labelled as pescada-gó belonged to *M. aencylodon*, whilst 5.26% were replaced by *C. virescens* (2.11%), *Cynoscion guatucupa* (2.11%) and *C. microlepidotus* (1.05%). The Chi-squared test ($\chi^2 = 132$; $Gl = 1$; $p < 0,01$) confirms that the rate of substitution is significantly higher for pescada-branca, the species of greater commercial value. Additionally, the substitutions generally include species of lower commercial value. Therefore, we conclude that the substitutions are economically motivated and characterize commercial fraud, where companies aimed to increase profits to the detriment of the consumer.

Keywords: Molecular authentication; DNA *barcoding*; Forensic genetics; Processed fish; Mislabeling; Commercial fraud.

Resumen

En el norte del Brasil, las pescadas branca (*Plagioscion squamosissimus*) y gó (*Macrodon ancylodon*) son pescados de importancia comercial, vendidos *in natura* y en filetes o rodajas congeladas. El procesamiento brinda practicidad, calidad y valor agregado al pescado, sin embargo, facilita las sustituciones debido a la eliminación de los caracteres diagnósticos. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivos evaluar la ocurrencia de sustitución en pescados procesados etiquetados como pescada-branca y pescada-gó, comercializados en la región metropolitana de Belém y determinar si estos tienen alguna motivación económica. Se secuenciaron 618 pb de la región *barcoding* del COI de 108 filetes y 95 productos etiquetados como pescada-branca y pescada-gó, respectivamente. Todos fueron identificados a un nivel específico, mediante la comparación con secuencias del GenBank y BOLD. Solamente el 13,89% de los filetes etiquetados como pescada-branca pertenecían a la *P. squamosissimus*, mientras que 86,11% fueron sustituidos por *M. aencylodon* (38,89%), *Plagioscion auratus* (21,30%), *Cynoscion virescens* (9,26%), *Nebris microps* (12,04%), *Cynoscion acoupa* (3,70%) y *Cynoscion microlepidotus* (0,93%). Por otro lado, el 94,74% de los productos etiquetados como pescada-gó pertenecían al *M. aencylodon*, mientras que el 5,26% fueron sustituidos por *C. virescens* (2,11%), *Cynoscion guatucupa* (2,11%) y *C. microlepidotus* (1,05%). La prueba del chi-cuadrado ($\chi^2 = 132$; $Gl = 1$; $p < 0,01$) confirma que la tasa de sustitución es significativamente mayor para la pescada-branca, la especie con mayor valor comercial. Además, las sustituciones generalmente incluyen especies de bajo valor comercial. Por lo tanto, se concluye que las sustituciones tienen una motivación económica y pueden caracterizarse como fraude comercial, donde las empresas tienen como principal objetivo obtener ganancias a expensas del consumidor.

Palabras clave: Autenticación molecular; ADN *barcoding*; Genética forense; Pescado procesado; Mal etiquetado; Fraude comercial.

1. Introdução

A família Sciaenidae contém espécies de destacada importância econômica no Brasil, tal como a pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), a corvina (*Micropogonias furnieri*), a pescada foguete (*Macrodon atricauda*) e as espécies alvo deste estudo, a pescada-branca (*Plagioscion squamosissimus*) e a pescada-gó (*Macrodon ancylodon*) (IBAMA, 2000-2007; MPA, 2012a; MPA, 2012b). Embora no Brasil as estatísticas de pesca estejam desatualizadas, os dados oficiais registram que a produção nacional de pescada-branca (*P. squamosissimus*) foi de cerca de 200 mil toneladas entre os anos de 2000 e 2011, com a maior parte do comércio oriundo da região Norte (IBAMA, 2000-2007; MPA, 2012a; MPA, 2012b). Para a pescada-gó, a produção nacional foi de cerca de 50 mil toneladas no mesmo período, sendo o Pará responsável por mais de 50% deste comércio (IBAMA, 2000-2007; MPA, 2012a; MPA, 2012b).

Assim como a maior parte do pescado vendido no Brasil, as pescadas brancas e gó são comercializadas *in natura* e congeladas, em formas de postas e filés, sendo estes últimos de maior valor agregado, com a pescada-branca vendida pelo preço médio de R\$ 39,85 o quilo (kg) do filé, enquanto a pescada-gó custa em média R\$ 25,43/kg.

Embora peixes processados tenham elevada qualidade sensorial e microbiológica e, conseqüentemente, maior valor agregado, tais produtos têm as características morfológicas removidas podendo favorecer as substituições, ou seja, a venda de espécies distintas das que estão descritas nos rótulos (Helgoe, et al., 2020; Liu, et al., 2020; Barbosa, et al., 2020). As substituições podem ser acidentais e, geralmente, ocorrem quando há similaridade morfológica entre espécies simpátricas ou ambigüidades na nomenclatura comercial (Staffen, et al., 2017; Delpiani, et al., 2020; Minoudi, et al., 2020). Por outro lado, há substituições intencionais as quais podem estar relacionadas à necessidade de mascarar o comércio de espécies ameaçadas, sobre-explotadas ou com cota de captura excedida, além de vender espécies de baixo valor no lugar daquelas mais valorizadas comercialmente (Gomes, et al., 2019; Barbosa, et al., 2020; Barbosa, et al., 2021). Geralmente, as substituições intencionais

podem ser caracterizadas como fraude comercial e visam o lucro do produtor em detrimento dos consumidores, além de causarem danos ecológicos e, em alguns casos, serem prejudiciais à saúde (Barbosa, et al., 2020; Barbosa, et al., 2021; Carvalho, et al., 2020; Hu, et al., 2018). No Brasil, estes problemas são agravados por falta de legislação que exija rotulagem com informações que dificultem as substituições, tais como o nome científico da espécie, origem do produto entre outros. Desta forma, o uso de ferramentas de autenticação é imprescindível para a correta identificação de espécies comercializadas, especialmente aquelas processadas.

Métodos baseados em ácido desoxirribonucleico (DNA) são amplamente empregados na autenticação de peixes processados e a região *barcoding* da COI é uma das mais utilizadas por apresentar variação interespecífica e conservação intraespecífica, permitindo a discriminação de espécies animais, além de dispor de uma gama de *primers* universais que permitem amplificar e sequenciar esta região com relativa facilidade (Böhme, et al., 2019; Hebert, et al., 2003).

No Brasil, estudos de autenticação através do DNA *barcoding* revelaram que as espécies de Sciaenidae mais valorizadas comercialmente, *C. acoupa* e *P. squamosissimus*, apresentam elevada taxa de substituição e que os cianídeos de baixo valor ou sem importância comercial declarada foram os principais substituintes, o que sugere fraude comercial (Brito, et al., 2015; Barbosa, et al., 2020; Barbosa, et al., 2021). Um aspecto relevante é que os trabalhos que avaliaram pescada-branca revelaram que a pescada-gó foi predominante entre os filés, correspondendo a aproximadamente 33% do produto identificado e sendo mais frequente que a própria espécie alvo a qual compreendeu 23,4% dos produtos em Brito, et al. (2015) e 26,57% em Barbosa, et al. (2021). A pescada-gó também esteve entre as substituintes da pescada-amarela, mas em menor proporção (1,42%) (Barbosa, et al., 2020). Por outro lado, nenhum estudo avaliou a autenticidade de produtos rotulados como pescada-gó e não se sabe se esta também é alvo de substituições e em que frequência. Desta forma, o presente estudo utilizou o DNA *barcoding* para avaliar a autenticidade de produtos processados rotulados como pescada-gó e pescada-branca, comercializados na região metropolitana de Belém, para investigar a ocorrência de substituições e se o valor comercial influencia na taxa de substituição dos produtos.

2. Metodologia

2.1 Amostragem

Foram coletados 43 lotes, bimestralmente, entre janeiro de 2016 a novembro de 2017, em supermercados de Belém e Ananindeua, Pará, totalizando 203 amostras. Do total, 108 filés provenientes de 32 lotes (L1 a L32) foram rotulados como pescada-branca e 95 produtos oriundos de 11 lotes (L33 – L43) foram rotulados como pescada-gó. Os lotes de pescada-branca continham de 1 a 9 filés, com uma média de 3,27 filés por lote. Por outro lado, os lotes de pescada-gó continham de 3 a 17 amostras, com uma média de 8,64 produtos por lote.

Foram coletadas amostras provenientes de 10 empresas, dentre os lotes havia aqueles embalados pelas empresas processadoras (N = 9 e 6 para pescada-branca e pescada-gó, respectivamente) e outros reembalados pelos supermercados (N = 23 e 5 para pescada-branca e pescada-gó, respectivamente), os quais incluíam o nome da empresa fornecedora no rótulo.

Todas as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e conduzidas até o laboratório de Microbiologia do Pescado (LAMIP), onde foi retirado tecido muscular da parte mais interna para evitar contaminação cruzada, em seguida foram etiquetadas e preservadas, individualmente, em microtubos *ependorf*, contendo etanol absoluto, e congeladas até o momento da extração do DNA.

2.2 Isolamento, Amplificação e Sequenciamento do DNA

O DNA foi extraído com o *kit Wizard Genomic DNA Purification* (Promega), seguindo o protocolo de tecido muscular fornecido pelo fabricante. A concentração e pureza do DNA total foram avaliadas em espectrofotômetro NanoDrop 2000 (Thermo Scientific).

A reação em cadeia da polimerase (PCR) foi utilizada para amplificar o fragmento *barcoding* da COI de todas as amostras, utilizando-se os iniciadores FishF1 e FishR1 (Ward, et al., 2005). As reações de PCR foram realizadas para um volume final de 15 µl contendo 2 µl de dNTPs (1,25 mM), 1,25 µl de solução tampão (10X), 0,7 µl de MgCl₂ (50 mM), 0,2 µl de cada iniciador (10 µM), 1,0 µl de DNA genômico total (100 ng/µl), 0,2 µl de Taq DNA Polimerase (5 U/µl) e água pura para completar o volume final da reação. O programa de amplificação consistiu em 3 minutos de desnaturação a 94 °C, seguido de 35 ciclos de desnaturação a 94 °C por 30 segundos, hibridização a 52 °C por 40 segundos e extensão a 72 °C por 45 segundos, além de extensão final a 72 °C por 5 minutos. Os resultados positivos foram confirmados após eletroforese em gel de agarose 1%, corado com GelRed, e visualização em transiluminador de luz UV.

Todas as reações positivas foram purificadas com Polietilenoglicol 8000M (Paithankar & Pasad, 1991) e sequenciadas, com os *primers* utilizados para amplificar o COI, pelo método didesoxiterminal com o kit de sequenciamento *BigDye Terminator v3.1* (Applied Biosystems), seguindo as instruções do fabricante. As amostras foram submetidas a eletroforese em um ABI 3500 XL (Thermo Scientific).

2.3 Análise de Dados

As sequências foram editadas e alinhadas no BioEdit 7.1.9 (Hall, 1999) e no DNAsp 5.10 (Librado & Rozas, 2009) foram identificados os haplótipos para análises.

Para identificação a nível específico as sequências foram comparadas com um banco de sequências referência de espécies de Sciaenidae identificadas por morfologia e depositadas no GenBank por Barbosa, et al. (2020) e Barbosa, et al. (2021). Também foram realizadas comparações com sequências do *BOLD Systems* para fins de identificação das espécies. Somente sequências com divergência inferior a 2% foram atribuídas a um táxon específico, este é o critério adotado pelo *BOLD Systems* para submissão de amostras de referência no seu banco de dados (Ward, et al., 2009).

Para todas as espécies identificadas foram atribuídos os nomes comerciais definidos na IN 53/2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2020) e quando havia vários nomes disponíveis para o mesmo táxon foi selecionado aquele comumente utilizado no Norte do Brasil. Para as espécies que não constavam na IN 53/2020, os nomes comuns foram aqueles disponíveis nas estatísticas oficiais de pesca do Brasil (IBAMA, 2000-2007) ou no Fishbase (Froese & Pauly, 2021).

A frequência relativa das espécies identificadas, nos produtos embalados pelas empresas processadoras e reembalados pelos supermercados, foi determinada no MS Excel, onde também foi realizado o teste do Qui-quadrado para avaliar se havia diferenças entre as taxas de substituição dos produtos embalados pelas empresas processadoras e reembalados pelos supermercados, bem como se havia diferença significativa nas taxas de substituição entre cada espécie avaliada. Nestas análises o nível de significância de $\alpha = 0,05$ foi considerado.

3. Resultados

3.1 Identificação dos Produtos Rotulados como Pescada-branca e Pescada-gó

Para a pescada-branca, foram sequenciados 618 pb da região *barcoding* da COI de 108 filés, provenientes de 32 lotes, comercializados em quatro grandes redes de supermercados da região metropolitana de Belém. Entre as 108 amostras foram identificados 28 haplótipos, denominados de H1 a H28, e todos foram identificados como espécies da família Sciaenidae

(Tabela 1). Apenas 13,89% (N = 15) dos filés foram identificados como *P. squamosissimus*, enquanto *M. ancylodon* foi predominante (38,89%; N = 42), seguida de *Plagioscion auratus* (21,30%; N = 23), *Nebris microps* (12,04%; N = 13), *Cynoscion virescens* (9,26%; N = 10), *C. acoupa* (3,70%; N = 4) e *Cynoscion microlepidotus* (0,93%; N = 1) (Tabela 1; Figura 1A).

Para a pescada-gó, foram sequenciados 603 pb da COI de 95 amostras, oriundas de 11 lotes, das quais 69,47% (N = 66) foram comercializadas na forma de filés e 30,53% (N = 29) vendidos eviscerados e descabeçados, em quatro grandes redes de supermercados da região metropolitana de Belém. Foram identificados 11 haplótipos, denominados de H1 a H11, todos identificados como espécies da família Sciaenidae (Tabela 2). A maioria dos produtos (94,74%; N = 90) foi rotulado corretamente, correspondendo à espécie *M. ancylodon*, também foi identificado *Cynoscion guatucupa* (2,11%; N = 2), *C. virescens* (2,11%; N = 2) e *C. microlepidotus* (1,05%; N = 1) dentre os produtos rotulados como pescada-gó (Tabela 2; Figura 1B).

3.2 Origem das Substituições e Estimativa de Fraude

Quanto à origem das amostras rotuladas como pescada-branca, 45,37% (N = 49) foram embaladas por empresas processadoras e 54,63% (N = 59) reembaladas pelos supermercados (Figura 2A). Foi observado 91,84% de substituição nas amostras embaladas pelas empresas processadoras e 81,36% naquelas dos supermercados (Figura 2B e C). Nos 32 lotes analisados foi verificado que na maioria (N = 24) não havia pescada-branca, e as espécies substituintes estavam presentes isoladamente ou em conjunto, e somente em oito lotes a pescada-branca estava presente, mas em apenas quatro (L10, L12, L14 e L16) o conteúdo era exclusivamente *P. squamosissimus*, enquanto nos demais havia mistura com outras espécies (Tabela 1).

Para a pescada-gó, 66,32% das amostras (N = 63) foram oriundas das empresas processadoras, enquanto 33,68% (N = 32) foram empacotadas pelos supermercados (Figura 3A). Nesses produtos, a taxa de substituição de 7,94% foi observada nas empresas processadoras, não havendo registro de substituição nos supermercados (Figura 3B e C). Em todos os lotes havia a espécie alvo, mas em dois deles (L36 e L37) houve mistura com outros cianídeos (Tabela 2).

Embora para as duas espécies avaliadas tenha sido observada maior taxa de substituição nas empresas processadoras, os testes do Qui-quadrado não revelaram diferença significativa na proporção de amostras substituídas entre supermercados e empresas processadoras (Pescada-branca: $\chi^2 = 2,46$; Gl = 1; $p = 0,12$; Pescada-gó: $\chi^2 = 2,7$; Gl = 1; $p = 0,32$). Por outro lado, quando as taxas de substituição entre as duas espécies foram comparadas, o resultado do Qui-quadrado foi altamente significativo, mostrando que a proporção de pescada-branca substituída é significativamente maior que a de pescada-gó ($\chi^2 = 132$; Gl = 1; $p < 0,01$). Desta forma, é notório que as substituições são mais frequentes na espécie de maior valor comercial o que pode ser indício de fraude comercial.

Tabela 1 - Identificação dos filés de peixe rotulados como pescada-branca a partir de avaliação da similaridade genética com sequências referência de peixes inteiros, disponíveis no GenBank, publicadas por Barbosa et al. (2020) e Barbosa et al. (2021), além de sequências do BOLD. H: haplótipo identificado entre as sequências obtidas. n: número de amostras por haplótipo em cada lote. Sim.: Similaridade. As amostras em negrito representam substituições na comercialização de pescada-branca.

INFORMAÇÕES DA AMOSTRA				IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DAS ESPÉCIES			Nome comum
Lote	H	n	ORIGEM	Identificação Molecular	Sequência Referência: Sim (%) / Número de acesso	BOLD: Sim (%) / Número de acesso	
L1	H7	3	Empresa Processadora	<i>Macrodon ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
	H19	1		<i>Nebris microps</i>	99,83/ MW405551	99,84/ AAX3556	Pescada-banana
L2	H7	4	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
	H20	1		<i>N. microps</i>	100/ MW405548	100/ AAX3556	Pescada-banana
L3	H7	7	Empresa Processadora		100/ MT445591		
	H11	1		<i>M. ancylodon</i>	99,61/ MT445591	≥99,67/ AAE8381	Pescada-gó
	H12	1			99,84/ MT445591		
L4	H7	5	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
	H20	2		<i>N. microps</i>	100/ MW405548	100/ AAX3556	Pescada-banana
	H21	1			100/MW405559		
L5	H3	3	Empresa Processadora	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	100/ MW405532	≥99,82/ AAC6616	Pescada-branca
	H5	1			100/MW405542		
	H13	3		<i>Plagioscion auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L6	H20	3	Empresa Processadora	<i>N. microps</i>	100/ MW405548	100/ AAX3556	Pescada-banana
	H22	1			100/MW405560		

Tabela 1- (Continuação)

INFORMAÇÕES DA AMOSTRA				IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DAS ESPÉCIES			
Lote	H	n	ORIGEM	Identificação Molecular	Sequência Referência: Sim (%) / Número de acesso	BOLD: Sim (%) / Número de acesso	Nome comum
L7	H14	3	Empresa Processadora	<i>Cynoscion virescens</i>	100/ MT445635	≥ 99,34/ AAJ3285	Pescada-cambucu
	H26	1			99,68/MT445635		
L8	H14	2	Empresa Processadora	<i>C. virescens</i>	100/ MT445635	≥99,67/ AAJ3285	Pescada-cambucu
	H15	1			99,84/MT445635		
	H28	1		<i>Cynoscion microlepidotus</i>	99,68/ MT445604	99,51/ AAZ9346	Pescada dentão
L9	H20	3	Empresa Processadora	<i>N. microps</i>	100/ MW405548	≥ 99,81/ AAX3556	Pescada-banana
	H23	1			100/MW405561		
L10	H2	1	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405538	100/ AAC6616	Pescada-branca
L11	H13	1	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L12	H3	2	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405532	100/ AAC6616	Pescada-branca
L13	H3	1	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405532	100/ AAC6616	Pescada-branca
	H25	1		<i>P. auratus</i>	99,84/ MT445617	99,83/ ACV8016	Pescada-preta
L14	H3	1	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405532	100/ AAC6616	Pescada-branca
	H6	1			100/MW405545		
L15	H1	1	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405541	99,82/ AAC6616	Pescada-branca
	H13	3		<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
	H17	1		<i>C. acoupa</i>	100/ MT445578	100/ AAI9474	Pescada amarela
L16	H3	2	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405532	100/ AAC6616	Pescada-branca

Tabela 1- (Continuação)

INFORMAÇÕES DA AMOSTRA				IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DAS ESPÉCIES			
Lote	H	n	ORIGEM	Identificação Molecular	Sequência Referência: Sim (%) / Número de acesso	BOLD: Sim (%) / Número de acesso	Nome comum
L17	H13	2	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ACV8016	Pescada-preta
	H17	1		<i>C. acoupa</i>	100/ MT445578	100/ AAI9474	Pescada amarela
	H18	1			100/MT445582		
L18	H3	1	Supermercado	<i>P. squamosissimus</i>	100/ MW405532	≥99,83/ AAC6616	Pescada-branca
	H4	1			100/MW405543		
	H14	1		<i>C. virescens</i>	100/ MT445635	99,68/ AAJ3285	Pescada-cambucu
L19	H13	1	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L20	H13	2	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L21	H14	1	Supermercado	<i>C. virescens</i>	100/ MT445635	99,20/ AAJ3285	Pescada-cambucu
	H16	1			99,68/ MT445633		
L22	H13	2	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L23	H13	2	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L24	H13	2	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L25	H13	1	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	≥99,83/ ACV8016	Pescada-preta
	H24	1			99,84/ MT445617		
L26	H13	2	Supermercado	<i>P. auratus</i>	100/ MT445617	100/ ACV8016	Pescada-preta
L27	H8	1	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	99,84/ MT445591	99,84/ AAE8381	Pescada-gó
L28	H27	1	Supermercado	<i>Cynoscion acoupa</i>	99,68/ MT445581	99,65/ AAI9474	Pescada amarela

Tabela 1- (Continuação)

INFORMAÇÕES DA AMOSTRA				IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DAS ESPÉCIES			
Lote	H	n	ORIGEM	Identificação Molecular	Sequência Referência: Sim (%) / Número de acesso	BOLD: Sim (%) / Número de acesso	Nome comum
L29	H8	9	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	99,84/ MT445591	99,84/ AAE8381	Pescada-gó
L30	H8	1	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	99,84/ MT445591	99,84/ AAE8381	Pescada-gó
L31	H7	2	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	≥99,82/ AAE8381	Pescada-gó
	H9	2			99,84/ MT445591		
L32	H7	4	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
	H10	2			99,84/ MT445591		

Fonte: Autores.

Tabela 2 - Identificação de peixes processados rotulados como pescada-gó a partir de avaliação da similaridade genética com sequências referência de peixes inteiros, disponíveis no GenBank, publicadas por Barbosa et al. (2020) e Barbosa et al. (2021), além de sequências do BOLD. H: haplótipo identificado entre as sequências obtidas. n: número de amostras por haplótipo em cada lote; Sim.: Similaridade; *: Publicado por Lo et al. (2015). As amostras negritadas representam as substituições nos lotes de Pescada-gó.

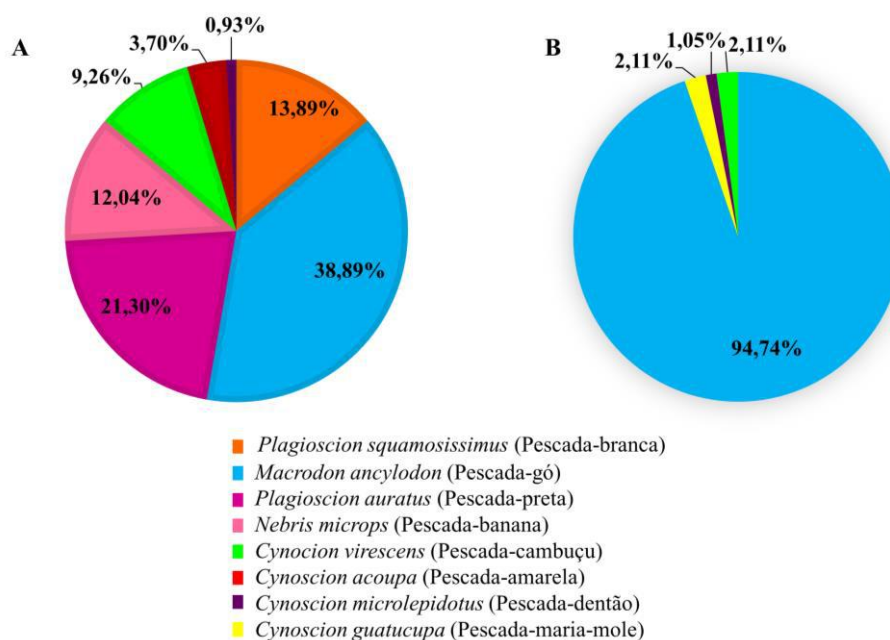
INFORMAÇÕES DA AMOSTRA					IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DAS ESPÉCIES			Nome comum
Lote	H	n	Forma de Processamento	Origem	Identificação Molecular	Sequência Referência: Sim (%) / Número de acesso	BOLD: Sim (%) / Número de acesso	
L33	H1	15	Filé	Empresa Processadora	<i>Macrodon ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
	H2	1				99,83/ MT445591		
L34	H1	7	Filé	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	≥99,83/ AAE8381	Pescada-gó
	H3	1				99,83/ MT445591		
L35	H1	8	Filé	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	≥99,83/ AAE8381	Pescada-gó
	H4	1				99,83/ MT445591		

Tabela 2 – Continuação

INFORMAÇÕES DA AMOSTRA					IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DAS ESPÉCIES			Nome comum
Lote	H	n	Forma de Processamento	Origem	Origem	Identificação Molecular	Sequência Referência: Sim (%) / Número de acesso	
L36	H1	14	Eviscerado congelado	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
	H7	1			<i>Cynoscion guatucupa</i>	99,83/ KP722714*	≥99,83/ AAC9439	Pescada-maria-mole
	H8	1			<i>Cynoscion guatucupa</i>	99,50/ KP722714*		Pescada-maria-mole
	H11	1			<i>Cynoscion microlepidotus</i>	99,83/ MT445603	99,83/ AAZ9346	Pescada-dentão
L37	H1	3	Filé	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	≥99,83/ AAE8381	Pescada-gó
	H5	1				99,83/ MT445591		
	H6	1				99,83/ MT445591		
	H9	1			<i>Cynoscion virescens</i>	100/MT445635	100/ AAJ3285	Pescada-cambucu
	H10	1				100/MT445633		
L38	H1	11	Eviscerado congelado com pele	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	≥99,83/ AAE8381	Pescada-gó
	H4	1				99,83/ MT445591		
L39	H1	4	Filé	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
L40	H1	8	Filé	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
L41	H1	6	Filé	Empresa Processadora	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
L42	H1	3	Filé	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó
L43	H1	5	Filé	Supermercado	<i>M. ancylodon</i>	100/ MT445591	100/ AAE8381	Pescada-gó

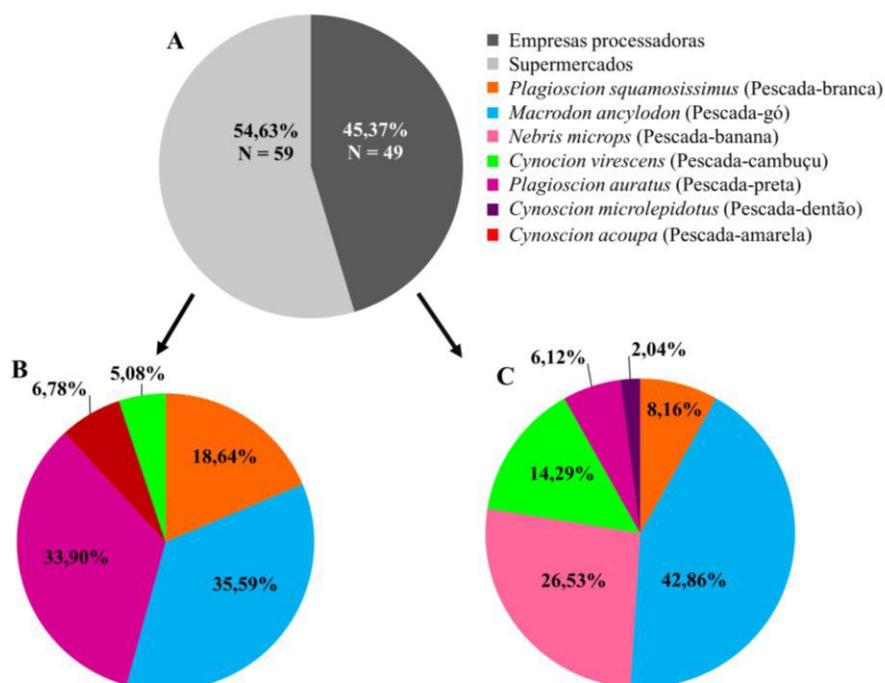
Fonte: Autores.

Figura 1: Frequência relativa das espécies identificadas, por meio de DNA *barcoding*, entre os produtos rotulados como “pescada-branca” (A) e “pescada-gó” (B).



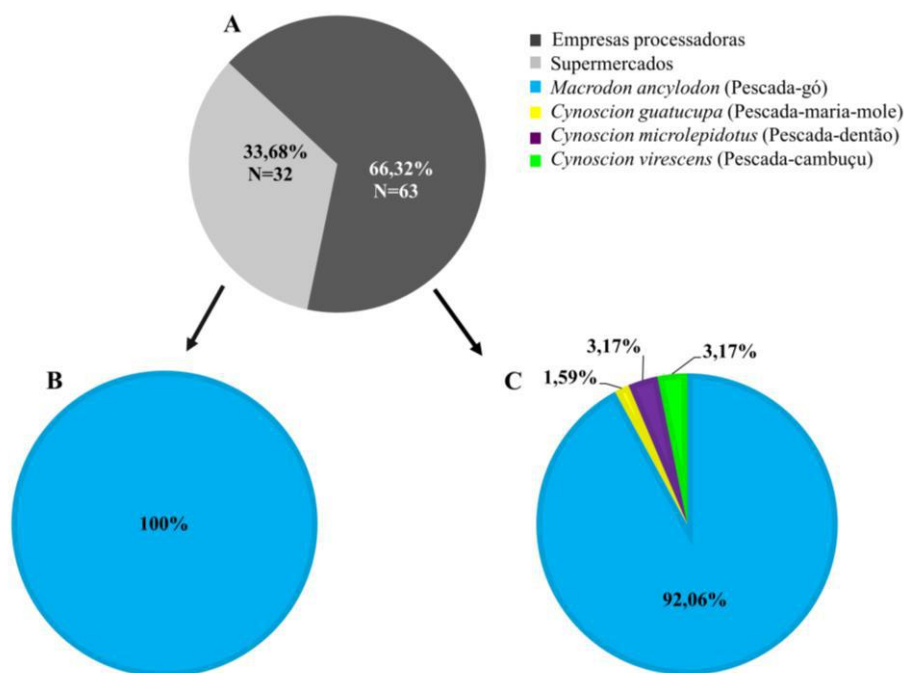
Fonte: Autores.

Figura 2: Frequência relativa da origem dos produtos rotulados como “pescada-branca” (A). Taxas de substituição e espécies substituintes identificadas nos supermercados (B) e empresas processadoras (C).



Fonte: Autores.

Figura 3: Frequência relativa da origem dos produtos rotulados como “pescada-gó” (A). Taxas de substituição e espécies substituintes identificadas nos supermercados (B) e empresas processadoras (C).



Fonte: Autores.

4. Discussão

O presente estudo utilizou a região *barcoding* da COI para avaliar a ocorrência de substituições e se estas são economicamente motivadas em peixes congelados, rotulados como pescada-branca e pescada-gó, comercializados nos grandes supermercados da região metropolitana de Belém. A comparação com as sequências disponíveis em bancos públicos (BOLD e GenBank) permitiu a identificação inequívoca de oito espécies, incluindo os dois táxons alvos e seis substituintes, o que corrobora a eficácia, sensibilidade e acurácia do DNA *barcoding* na identificação de peixes.

Todos os 203 produtos identificados neste trabalho pertenciam a quatro gêneros da família Sciaenidae: *Plagioscion*, *Macrodon*, *Cynoscion* e *Nebris*. A taxa de substituição identificada para pescada-branca (86,11%) é consideravelmente maior que as médias globais de substituição de 30% registradas por Pardo, et al. (2016) e de 8% observadas por Luque & Donlan (2019), em meta-análises que avaliaram substituição de produtos pesqueiros. Por outro lado, a taxa observada para a pescada-gó (5,27%) é próxima daquela registrada por Luque & Donlan (2019) e a menor já registrada para peixes processados no Brasil, onde os estudos revelaram taxas de substituição variando de 100% (Carvalho, et al., 2011) a 9% (Carvalho, et al., 2020).

A elevada taxa de substituição nos filés de pescada-branca (86,11%), comercializados na região metropolitana de Belém, é similar aquela observada nos estudos de Brito, et al. (2015) e Barbosa, et al. (2021) que avaliaram a autenticidade deste produto em grandes redes de supermercados paraenses. Estes autores registraram taxa de substituição de 76,6% e 73,43% entre os filés avaliados, respectivamente, bem como identificaram como principal substituinte *M. ancylodon*. Por outro lado, enquanto no presente estudo e em Barbosa, et al. (2021) apenas membros da família Sciaenidae foram identificados entre os substituintes de pescada-branca, Brito, et al. (2015) encontraram Sciaenidae (47,72%), Lutjanidae (8,8%) e Serranidae (4,4%). Embora haja diferenças na composição de espécies substituintes, em todos estes estudos os *Sciaenidae* são os mais frequentes, desta forma, é provável que a presença de espécies de outras famílias na amostragem de Brito, et al. (2015) se deva

à eventual presença destes peixes na empresa processadora no momento da produção dos filés. Barbosa, et al. (2020), também identificaram apenas Sciaenidae entre os peixes substituintes de pescada amarela (*C. acoupa*), similar ao verificado no presente trabalho. Portanto, é provável que o padrão mais comum seja a troca das espécies valorizadas por cianídeos de menor valor de mercado.

Também verificamos que a taxa de substituição da pescada-gó é similar àquela registrada por Helyar, et al. (2014) no Reino Unido (5,66%) e por Mariani, et al. (2015) na União Europeia (4,93%). Mariani, et al. (2015) sugerem que a redução da taxa de substituição na União Europeia se deve à constante atualização das regulamentações sobre rotulagem do pescado, com ênfase na padronização da nomenclatura a ser utilizada e inclusão de informações nos rótulos que permitam a rastreabilidade dos produtos ao longo da cadeia produtiva. Uma vez que no Brasil as regulamentações sobre rotulagem são lenientes, o cenário de elevadas taxas de substituição nos produtos pesqueiros, como no caso da pescada-branca, é preponderante e o resultado obtido para a pescada-gó, representa uma exceção e não deve ser devido ao cumprimento da legislação. Cabe ressaltar que todos os trabalhos já desenvolvidos no Brasil avaliaram peixes valorizados no mercado e que estes, geralmente foram substituídos por espécies de baixo ou nenhum valor comercial (Carvalho, et al., 2011; Brito, et al., 2015; Barbosa, et al., 2020; Carvalho, et al., 2015; Carvalho, et al., 2017b; Carvalho, et al., 2020; Gomes, et al., 2019; Leonardo, et al., 2016; Staffen, et al., 2017; Veneza, et al., 2018).

Os resultados mostraram que a maior taxa de substituição ocorreu nas empresas processadoras, no entanto, o teste Qui-quadrado mostrou que para ambas as espécies não houve diferenças quanto à taxa de substituição entre os supermercados e as empresas processadoras. Estes resultados sugerem que a IN 53/2020 (MAPA), que correlaciona nomes comuns e científicos dos peixes de importância comercial no Brasil, mas que é leniente quanto à rotulagem, não é eficiente para prevenir substituições no comércio de pescado processado. Desta forma, as autoridades governamentais devem estabelecer políticas públicas mais rigorosas para controlar a rotulagem dos produtos, exigindo a inclusão de nomes científicos nos rótulos, locais de captura entre outros dados que permitam a rastreabilidade do pescado, além de um monitoramento efetivo dos produtos comercializados através de métodos moleculares. Tais medidas têm se mostrado eficientes na prevenção de substituição e fraudes em outros países (Helyar, et al., 2014; Mariani, et al., 2015). Estudos realizados no Sul do Brasil, onde o PROCON realiza fiscalizações para prevenção de fraudes no comércio do pescado, registraram menor taxa de substituição nesta região quando comparado às demais regiões brasileiras (Carvalho, et al., 2015; Carvalho, et al., 2017a; Staffen, et al., 2017), o que demonstra que tais medidas podem ser eficientes na prevenção de substituição.

Nossos resultados também mostraram que houve significativa diferença entre a taxa de substituição da pescada-branca quando comparada à pescada-gó. Dentre os substituintes da pescada-branca, a pescada-gó foi a mais frequente correspondendo a 38,89% da amostragem. Também, é importante ressaltar que a pescada-branca é o produto mais valorizado, sendo comercializado por uma média de R\$ 39,85/kg, enquanto a pescada-gó custa R\$ 25,43/kg. Outro aspecto relevante é que todas as substituintes nos produtos rotulados como pescada-gó podem fazer parte da fauna acompanhante desta espécie, já que são marinhas. Por outro lado, com exceção de *C. acoupa*, cujo preço médio do filé custa R\$ 63,85/kg, as substituintes da pescada-branca são mais baratas (ex.: *M. ancylodon*, *C. virescens*) ou não têm valor comercial declarado (ex.: *N. microps*, *P. auratus*) e a maioria são marinhas (com exceção de *P. auratus* que é dulcícola), portanto, não devem ser fauna acompanhante desta espécie. A pescada-gó é uma das espécies da família Sciaenidae mais abundantes na Costa Norte (IBAMA, 2000-2007; MPA, 2012a; MPA, 2012b), o que pode ser a causa da elevada ocorrência deste produto entre os filés de pescada-branca. Portanto, estas são evidências que apóiam a hipótese de que o padrão observado no presente estudo está relacionado à fraude comercial, onde o principal objetivo das empresas é a obtenção de lucros em detrimento do consumidor. Este cenário reforça a necessidade de elaboração de leis rigorosas que coibam a prática de substituição, bem como eficiência na fiscalização, com uso de ferramentas diagnósticas sensíveis, acuradas, e aplicação de sanções para as empresas que infringem a lei.

Outro aspecto que deve ser considerado são os danos à biodiversidade ocasionados pelas substituições, pois estas mascaram as taxas de exploração das espécies, superestimando os estoques e taxas de exploração das espécies alvo, enquanto para as substituintes tais índices são subestimados. Portanto, as substituições podem ser classificadas como pesca ilegal, não declarada e não regulamentada (IUU), uma vez que não há informações acuradas sobre as espécies capturadas (FAO, 2016), e isto pode ser considerado uma das grandes ameaças aos ecossistemas marinhos, mascarando as taxas de exploração dos recursos pesqueiros e dificultando a elaboração de planos de manejo que garantam a sustentabilidade da pesca e a conservação da biodiversidade (FAO, 2016; Pramod, et al., 2014). Tal cenário pode levar ao esgotamento dos estoques ou até mesmo à extinção de espécies, fazendo-se necessário rigor na legislação e políticas efetivas de fiscalização para mitigar tais impactos.

5. Conclusão

Nossos resultados corroboram a eficiência do DNA *barcoding* para autenticação de pescadas da família Sciaenidae. Também mostram que as substituições na comercialização de pescada-branca continuam ocorrendo em índices elevados e que devem ser economicamente motivadas. Por outro lado, a menor taxa de substituição observada no comércio de pescada-gó, embora seja motivo de preocupação, parece estar associada à abundância desta espécie nas pescarias e ao menor valor de mercado do produto. Desse modo, é necessário aprimoramento das leis de rotulagem no Brasil, a realização de fiscalizações sistemáticas nas indústrias e supermercados, utilizando-se ferramentas moleculares para identificação de espécies, bem como aplicação de sanções rigorosas aos infratores. Tais práticas poderão coibir as substituições protegendo os consumidores e as espécies exploradas.

Agradecimentos

Esta pesquisa teve apoio da Universidade Federal do Pará, por meio do Programa de Iniciação Científica, modalidade Interior (PIBIC-Interior), através de concessão de bolsa à Bianca Assis do Vale.

Referências

- Barbosa, A. J., Sampaio, I., Silva, E. M., Alcântara, J. V. L., & Santos, S. (2020). Molecular authentication by DNA barcoding and multiplex PCR assay reveals mislabeling and commercial fraud of the Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*), an economically important sciaenid marketed in Brazil. *Food Control*, 117, 107351. 10.1016/j.foodcont.2020.107351
- Barbosa, A. J., Sampaio, I., & Santos, S. (2021). Re-visiting the occurrence of mislabeling in frozen “pescada-branca” (*Cynoscion leiarchus* and *Plagioscion squamosissimus* – Sciaenidae) sold in Brazil using DNA barcoding and octaplex PCR assay. *Food Research International*, 143, 110308. 10.1016/j.foodres.2021.110308
- Böhme, K., Calo-Mata, P., Barros-Velázquez, J. & Ortea, I. (2019). Review of recent DNA-based methods for main food-authentication topics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 3854–3864. 10.1021/acs.jafc.8b07016
- Brasil. (2020). Instrução Normativa Nº 53, de 1 de maio de 2020. *Diário Oficial da União. Define o nome comum e respectivos nomes científicos para as principais espécies de peixes de interesse comercial destinados ao comércio nacional pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Substituto. Diário Oficial da União, publicada em: 04.09.2020 | Edição: 171 | Seção: 1, 2 e 5 | p. 2.* <https://pesquisa.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-53-de-1-de-setembro-de-2020-275906964>
- Brito, M. A., Schneider, H., Sampaio, I., & Santos, S. (2015). DNA barcoding reveals high substitution rate and mislabeling in croaker fillets (Sciaenidae) marketed in Brazil: The case of “pescada-branca” (*Cynoscion leiarchus* and *Plagioscion squamosissimus*). *Food Research International*, 70, 40-46. 10.1016/j.foodres.2015.01.031
- Carvalho, D. C., Neto, D. P., Brasil, B. S., & Oliveira, D. A. (2011). DNA barcoding unveils a high rate of mislabeling in a commercial freshwater catfish from Brazil. *Mitochondrial DNA*, 22(1), 97-105. 10.3109/19401736.2011.588219
- Carvalho, D. C., Palhares, R. M., Drummond, M. G., & Frigo, T. B. (2015). DNA barcoding identification of commercialized seafood in South Brazil: A governmental regulatory forensic program. *Food Control*, 50, 784–788. 10.1016/j.foodcont.2014.10.025
- Carvalho, D. C., Guedes, D., Trindade, M. G., Coelho, R. M., & Araújo, P. H. (2017a). Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding. *Fisheries Research*, 191, 30-35. 10.1016/j.fishres.2017.02.021

- Carvalho, D. C., Palhares, R. M., Drummond, M. G., & Gadanho, M. (2017b). Food metagenomics: Next generation sequencing identifies species mixtures and mislabeling within highly processed cod products. *Food Control*, 80, 183186. 10.1016/j.fishres.2017.02.021
- Carvalho, S. C., Sampaio, I., & Santos, S. (2020). DNA barcoding reveals mislabeling and commercial fraud in the marketing of fillets of the genus *Brachyplatystoma* Bleeker, 1862, the Amazonian freshwater catfishes economically important in Brazil. *Heliyon*, 6, e04888. 10.1016/j.heliyon.2020.e04888
- Delpiani, G., Delpiani, S. M., Antoni, D. M. Y., Ale, C. M., Fischer, L., Lucifora, L.O., & de Astarloa, D. J. M. (2020). Are we sure we eat what we buy? Fish mislabelling in Buenos Aires province, the largest sea food market in Argentina. *Fisheries Research*, 221, 105373. 10.1016/j.fishres.2019.105373
- Froese, R., & Pauly, D. (2021). Fishbase World Wide. <https://www.fishbase.org>
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2016). Illegal, unreported and unregulated fishing. <http://www.fao.org/3/a-i6069e.pdf>
- Gomes, G., Correa, R., Veneza, I., Silva, R., Silva, D., Miranda, J., & Sampaio, I. (2019). Forensic analysis reveals fraud in fillets from the “Gurijuba” *Sciades parkeri* (Ariidae – Siluriformes): A vulnerable fish in Brazilian Coastal Amazon. *Mitochondrial DNA Part A*, 30(5), 721–729. 10.1080/24701394.2019.1622694
- Hall, T. A. (1999). BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S., & Waard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*, 270(1512), 313-321. 10.1073/pnas.0406166101
- Helgoe, J., Oswald, J. K., & Quattro, J. M. (2020). A comprehensive analysis of the mislabeling of Atlantic cod (*Gadus morhua*) products in Spain. *Fisheries Research*, 222, 105400. 10.1016/j.fishres.2019.105400
- Helyar, S. J., Lloyd, H. A. D., de Bruyn, M., Leake, J., Bennett, N., & Carvalho, G. R. (2014). Fish product mislabelling: Failings of traceability in the production chain and implications for illegal, unreported and unregulated (IUU) fishing. *PLoS ONE*, 9(6), e98691. 10.1371/journal.pone.0098691.
- Hu, Y., Huang, S. Y., Hanner, R., Levin, J., & Lu, X. (2018). Study of fish products in Metro Vancouver using DNA barcoding methods reveals fraudulent labeling. *Food Control*, 94, 38–47. 10.1016/j.foodcont.2018.06.023
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) (2000-2007). Estatística da pesca no Brasil: Grandes regiões e unidades da federação. Dados da pesca 2000-2007. <https://www.ibama.gov.br/biodiversidade-aquatica/gestao-pesqueira/estatistica-pesqueira>
- Leonardo, R., Nunes, R., Monteiro, M., Junior-Conte, C., Aguilu, E., & Paschoalin, V. (2016). Molecular testing on sardines and rulings on the authenticity and nutritional value of marketed fishes: An experience report in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Food Control*, 60, 394–400. 10.1016/j.foodcont.2015.08.004
- Librado, P., & Rozas, J. (2009). DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, 25(11), 1451–1452. 10.1093/bioinformatics/btp187
- Liu, K., Zhao, S., Yu, Z., Zhou, Y., Yang, J., Zhao, R., & Zhou, C. (2020). Application of DNA barcoding in fish identification of supermarkets in Henan province, China: More and longer COI gene sequences were obtained by designing new primers. *Food Research International*, 136, 109516. 10.1016/j.foodres.2020.109516
- Luque, M. G., & Donlan, J. C. (2019). The characterization of seafood mislabeling: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, 236, 556-570. 10.1016/j.biocon.2019.04.006
- Mariani, S., Griffiths, A. M., Velasco, A., Kappel, K., Jerome, M., Perez-Martin, R. L., & Sotelo, C. G. (2015). Low mislabeling rates indicate marked improvements in European seafood market operations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(10), 536–540. 10.1890/150119
- MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura) (2012a). Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2010. 128.
- MPA (Ministério de Pesca e Aquicultura) (2012b). Boletim Estatístico da pesca e aquicultura, Brasília- DF, Brasil. 2011. 60.
- Minoudi, S., Karaiskou, N., Avgeris, M., Gkagkavouzis, K., Tarantili, P., Triantafyllidou, D., & Triantafyllidis, A. (2020) Seafood mislabeling in Greek market using DNA barcoding. *Food Control*, 113, 107213. 10.1016/j.foodcont.2020.107213
- Paithankar, K. R., & Pasad, K. S. (1991). Precipitation of DNA by polyethylene glycol and ethanol. *Nucleic Acids Research*, 19, 1346. doi:10.1093/nar/19.6.1346
- Pardo, A. M., Jimenez, E., & Perez-Villarreal, B. (2016). Misdescription incidents in seafood sector. *Food Control*, 62, 277-283. 10.1016/j.foodcont.2015.10.048
- Pramod, G., Nakamura, K., Pitcher, T. J., & Delagran, L. (2014). Estimates of illegal and unreported fish in seafood imports to the USA. *Marine Policy*, 48, 102113. 10.1016/j.marpol.2014.03.019
- Staffen, C. F., Staffen, M. D., Becker, M. L., Lofgren, S. E., Muniz, Y. C. N., de Freitas, R. H. A., & Marrero, A. (2017). DNA barcoding reveals the mislabeling of fish in a popular tourist destination in Brazil. *PeerJ*, 5, e4006. 10.7717/peerj.4006
- Veneza, I., Silva, R., Freitas, L., Silva, S., Martins, K., Sampaio, I., & Gomes, G. (2018). Molecular authentication of Pargo fillets *Lutjanus purpureus* (Perciformes: Lutjanidae) by DNA barcoding reveals commercial fraud. *Neotropical Ichthyology*, 16(1). 10.1590/1982-0224-20170068
- Ward, R., Zemlak, S., Innes, H., Last, R., & Hebert, N. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*, 360, 1462. 10.1098/rstb.2005.1716
- Ward, R. D., Hanner, R., & Hebert, P. D. N. (2009). The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL. *Journal of Fish Biology*, 74, 329–356. 10.1111/j.1095-8649.2008.02080.x