

UFRRJ
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
VETERINÁRIAS

TESE

**O uso de parasitos para a discriminação de estoques do
Pargo rosa, *Pagrus pagrus* (Perciformes: Sparidae) no
Atlântico da América do Sul.**

Iris Aparecida Soares

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE VETERINÁRIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

O uso de parasitos para a discriminação de estoques do Pargo rosa, *Pagrus pagrus* (Perciformes: Sparidae) no Atlântico da América do Sul.

Iris Aparecida Soares

Sob a Orientação do Professor

José Luis Fernando Luque Alejos

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutora em
Ciências**, no Curso de Pós-Graduação
em Ciências Veterinárias

Seropédica, RJ

Março de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S676u SOARES, IRIS APARECIDA, 1983-
O uso de parasitos para a discriminação de estoques
do Pargo rosa, Pagrus pagrus (Perciformes: Sparidae)
no Atlântico da América do Sul / IRIS APARECIDA
SOARES. - 2018.
59 f.

Orientador: JOSÉ LUIS FERNANDO LUQUE ALEJOS.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, PPGCV, 2018.

1. Parasitos como marcadores biológicos para
discriminação de estoques de peixes marinhos no
Brasil: estado atual e perspectivas. 2. As guildas de
parasitos de Pargus pargus como indicadores de sua
biogeografia. I. ALEJOS, JOSÉ LUIS FERNANDO LUQUE,
1962-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro. PPGCV III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

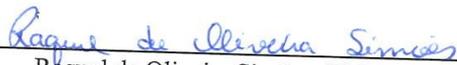
IRIS APARECIDA SOARES

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Ciências**,
no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

TESE APROVADA EM 09/03/2018



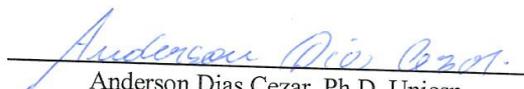
José Luis Fernando Luque Alejos. Ph.D. UFRRJ
(Orientador)



Raquel de Oliveira Simões. Ph.D. FIOCRUZ



Sueli de Souza Lima. Ph.D. UFJF



Anderson Dias Cezar. Ph.D. Uniesp



Leticia Gabriela Poblete Vidal Ph.D. UFRRJ

DEDICATÓRIA

Dedico esta Tese aos amores da minha vida, meus pais, Amélia Neres de Jesus Soares e Sebastião Humberto da Costa Soares, sem eles nada seria possível, por todo amor e dedicação que sempre tiveram comigo.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram, Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. José Luis Fernando Luque Alejos pela oportunidade, orientação e apoio para a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Juan Tomas Timi pela oportunidade e orientação ao me receber em seu laboratório na Universidade de Mar del Plata e apoio para a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Miguel Mancini por me receber na UNRC em Córdoba, Argentina, através do Convênio de Cooperação Internacional Capes.

Ao Professor Manuel Haimovici, por me receber na FURGS no Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil e apoio na realização deste trabalho com a disponibilização de amostras da região Sul do Brasil.

Aos colegas do laboratório de Ictioparasitologia da UFRRJ, a todos os professores, funcionários, e colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRRJ.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, na forma de bolsa de Doutorado.

RESUMO

SOARES, Iris Aparecida. **O uso de parasitos para a discriminação de estoques do Pargo rosa, *Pagrus pagrus* (Perciformes: Sparidae) no Atlântico da América do Sul.** 2018. 59p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Parasitologia Veterinária) Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

O estado global da pesca marinha e seus efeitos colocam em risco o futuro da pesca levando a extinção de espécies e mudanças ao regime de ecossistemas ameaçando a sua integridade global. O consumo de pescado vem aumentando, aquecendo deste modo o mercado e as atividades pesqueiras no mar, com grande incidência de espécies ameaçadas de extinção ou de exploração. Para que uma ação possa ser gerida de forma eficiente e políticas possam ser implementadas para sustentabilidade futura, o estoque precisa ser identificado corretamente. Este estudo vem salientar o valor de diferentes guildas de parasitos de *Pagrus pagrus* como indicadores de regiões zoogeográficas na discriminação de estoques pesqueiros, e evidenciar a escassez de estudos no Brasil com apenas um trabalho de corvina, *Micropogonias furnieri* na costa brasileira com o uso de parasito como marcador biológico. Considerando a heterogeneidade do litoral brasileiro o Brasil apresenta um grande potencial para o uso da técnica, como ferramenta para o maior conhecimento de nossos recursos pesqueiros, gerando políticas de manejo e conservação de espécies exploradas e ameaçadas, mais eficientes.

Palavras chave: Ecoregiões, Indicadores, Atlântico Sudeste, parasitos.

ABSTRACT

SOARES, Iris Aparecida. **The use of parasites to discriminate stocks of Pargo rosa, *Pagrus pagrus* (Perciformes: Sparidae) in the Atlantic Ocean of South America.** 2018. 59p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Parasitologia Veterinária) Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The global state of marine fisheries and its effects put the future of fisheries at risk, leading to the extinction of species and changes to the ecosystem regime threatening their overall integrity. Fish consumption has increased, thereby warming the market and fishing activities at sea, with a high incidence of endangered or exploited species. In order for an action to be managed efficiently and policies can be implemented for future sustainability, the stock needs to be correctly identified. This study emphasizes the value of different guilds of *Pagrus pagrus* parasites as indicators of zoogeographic regions in the identification of fish stocks, and evidence the scarcity of studies in Brazil with only one work of corvina, *Micropogonias furnieri* in the Brazilian coast with the use of parasite as a biological marker. Considering the heterogeneity of the Brazilian coast, Brazil presents a great potential for the use of the technique, as a tool for the greater knowledge of our fishing resources, generating policies of management and conservation of exploited and threatened species, more efficient.

Key words: Ecoregions, Indicators, Atlantic Southeast, parasites.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Produção de pescado (t), discriminada por espécie e status de conservação com ou sem trabalhos de parasitos como marcador biológico. (REVIZEE, 2006; MPA, 2011) 16
- Tabela 2.** Composição das amostras de *Pagrus pagrus* em quatro localidades, ordenadas pelo aumento de latitude, do Atlântico Sudeste.....33
- Tabela 3.** Resultados de PERMANOVA com um fator que comparam o comprimento total de *Pagrus pagrus* e a abundância transformada por raiz quadrada, com o comprimento total do hospedeiro como covariável, de duas guildas de seus parasitos em quatro localidades do Atlântico Sudeste. *P*-valores obtidos após 9999 permutações.....34
- Tabela 4.** Prevalência (P) e abundância média (MA) de parasitos de *Pagrus pagrus* em quatro amostras da costa do sudeste do Atlântico.....36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Principais recursos explorados nas diferentes regiões ao longo do litoral brasileiro 15
- Figura 2.** Peixes com estudos no Brasil com o uso de parasitos como discriminadores de estoques populacionais20
- Figura 3.** Area de estudo, localidades de amostragem e províncias biogeográficas e ecoregiões adaptadas de Spalding et al. (2007).....31
- Figura 4** Riqueza de espécies de três guildas de parasitos de *Pagrus pagrus* em quatro amostras ao longo da costa atlântica da América do Sul. **A:** riqueza de espécies da comunidade componente; **B:** significa riqueza de espécies na infracomunidade. Barras brancas: ectoparasitos; barras cinzas: endoparasitos de curta duração; barras pretas: endoparasitos de longa duração. RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo, RS: Rio Grande do Sul; MP: Mar del Plata 35
- Figura 5.** Esquema de escala multi-dimensional não-métrico (nMDS) de médias de bootstrap (50 repetições) de infracomunidades de parasitos em quatro amostras de *Pagrus pagrus* do Atlântico Sudeste com base na semelhança de Bray-Curtis de dados de raízes quadradas transformadas. As repetições individuais são baseadas em desenho aleatório e substituição de amostras do conjunto de dados original. **A:** parasitos de longa duração; **B:** ectoparasitos. Os círculos negros representam os centróides globais em todas as repetições. As linhas de fronteira representam 95% de regiões de confiança. RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo, RS: Rio Grande do Sul; MP: Mar del Plata.....39
- Figura 6.** Gráfico de escala multidimensional não métrico (nMDS) e análises de agrupamento de quatro comunidades componentes (similaridade Bray-Curtis) de parasitos de *Pagrus pagrus*

no Atlântico Sudeste. **A**: prevalência de parasitos de longa duração; **B**: prevalência de ectoparasitos; **C**: abundância média de parasitos de longa duração; **D**: significa abundância de ectoparasitos. Os resultados de um agrupamento hierárquico são sobrepostos no gráfico nMDS com níveis de similaridade representados por uma escala de cinza, com seu valor dado como um número dentro de cada área cinzenta. Os vetores representam as correlações Pearson da prevalência de espécies parasitos individuais com os eixos nMDS. Localidades: RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo, RS: Rio Grande do Sul; MP: Mar del Plata. Espécies de parasitos: Al: *Anoplodiscus longivaginatus*; As: *Anisakis simplex s.l.*; Ca: *Corynosoma australe*; Co: *Colobomatus pagri*; Cp: *Clavellois pagri*; Eb: *Echinopelma brasiliensis*; Es: *Encotyllabe spari*; Gc: *Grillotia carvajalregorum*; Gn: Gnathiidae gen. sp.; Hs: *Hysterothylacium* sp.; Lb: *Lamellodiscus baeri*; Lc: *Lernanthropus caudatus*; Pm: *Polyabroides multispinosus*; Rs: *Raphidascaris* sp. 41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Referências bibliográficas	3
2. CAPÍTULO I Parasitos como marcadores biológicos para discriminação de estoques de peixes marinhos no Brasil: estado atual e perspectivas.....	5
2.1. Introdução.....	7
2.2. Parasitos como marcadores biológicos	9
2.3. Seleção de parasitos para uso como marcador.....	10
2.4. Principais abordagens estatísticas.....	11
2.5. Atividade pesqueira brasileira	14
2.6. Potencial do uso de parasitos como marcadores no brasil.....	17
2.7. Antecedentes no Brasi	19
2.8. Perspectivas e desafios	20
2.9. Referências bibliográficas	21
3. CAPÍTULO II As guildas de parasitos de <i>Pagrus pagrus</i> como indicadores da sua biogeografia.....	27
3.1. Introdução.....	29
3.2. Material e Métodos	30
3.3. Resultados	33
3.4. Discussão.....	42
3.5. Referências bibliográficas	44
4. CONCLUSÕES.....	49

1. INTRODUÇÃO

O estado global da pesca marinha e seus efeitos sobre os ecossistemas têm recebido muito escrutínio científico (e público). Há poucas dúvidas de que os limites globais para exploração foram alcançados e que a recuperação das unidades populacionais depauperadas deve tornar-se a pedra angular da gestão de pesca (WORM; BRANCH, 2012).

Uma série de depleções dos recursos pesqueiros marinhos coloca em risco o futuro da pesca marinha, levando, provavelmente, à extinção de espécies, e mudanças ao regime de ecossistemas ameaçando a sua integridade global (PAULY et al., 2002; MULLON et al., 2005).

O Brasil tem o maior litoral na América do Sul, com cerca de 8.500 km de linha de litoral e um certo número de ilhas, totalizando 3,5 milhões de km² de ZEE (Zona Econômica Exclusiva) e se estende desde o Cabo Orange (5° N) até Chuí (34° S), situando-se, na maior parte, nas regiões tropicais e subtropicais (CNIIO 1998).

De acordo com os últimos dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), a média de consumo de pescado por habitante alcançou 11,7 kg no Brasil em 2011 - o que representa 23,7% de aumento na demanda em relação aos dois anos anteriores. Com o maior consumo, o mercado nacional foi aquecido, favorecendo, especialmente às atividades pesqueiras no mar, uma vez que algumas das principais espécies de peixes e crustáceos consumidos no país são marinhos, com uma grande incidência de consumo de espécies ameaçadas de extinção ou ameaçadas de exploração (com estoques em níveis preocupantes) (MPA, 2014).

Assim, a mobilidade dos organismos aquáticos, a distribuição geográfica das populações, a extensão da área onde ocorre a pesca e a ocorrência de várias espécies em um mesmo ambiente fazem com que a pesca comercial, geralmente dirigida a uma determinada espécie-alvo, termine por impactar as demais espécies.

O debate sobre o uso sustentável do meio ambiente marinho e de seus recursos, frente à complexidade da biota marinho, leva à necessidade de conhecimento de uma série de aspectos técnicos, especialmente, no que diz respeito aos aspectos biológicos (CADDY; GRIFFITHS, 1996).

Com isso, discriminar as populações ou estoques de distintas espécies de peixes comercialmente explorados é essencial não só para trabalhar as suas dinâmicas e gerenciar a sua sustentabilidade a longo prazo, mas também para identificar violações dos direitos de pesca (HILBORN; WALTERS, 1992; EVANS; GRAINGER, 2002). Porém, antes que ações possam ser planejadas para definir políticas a serem implementadas visando a sustentabilidade do recurso pesqueiro, o estoque precisa ser identificado corretamente.

Com isso, o uso de parasitos como marcadores biológicos ganhou ampla aceitação nas últimas décadas (MACKENZIE, 2002; POULIN; KAMIYA, 2013), pois tais marcadores podem fornecer informações confiáveis para o entendimento da biologia do seu hospedeiro e em estudos populacionais para discriminar estoques (MACKENZIE, 1987; 2002; LESTER, 1990; MACKENZIE; ABAUNZA, 1998; MOSQUERA et al. 2003).

Esta metodologia baseia-se resumidamente no princípio de que um hospedeiro só pode tornar-se infectado com um determinado parasito quando está dentro do intervalo de distribuição do parasito (conhecida como área endêmica região geográfica em que as condições são adequadas para a transmissão do parasito) (MACKENZIE, 2002). Se um peixe

infectado se encontra fora da área endêmica do parasito, pode presumir-se que ele esteve alguma vez naquele lugar (MACKENZIE; ABAUNZA, 1998).

No Brasil, até o momento, foi publicado apenas um estudo utilizando parasitos para discriminar estoques de peixes dentro dos limites brasileiros. Este é o caso da corvina, *Micropogonias furnieri*, (LUQUE et al., 2010). usando amostras de cinco localidades ao longo da costa brasileira (Ceará, Bahia, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), com sucesso três grupos associados com três estoques, um estoque do Ceará à Bahia, um estoque na região sudeste, no Rio de Janeiro e Santa Catarina e um estoque do Sul no Rio Grande do Sul.

Os demais trabalhos foram realizados em parceria com Argentina, entre eles o pescado *C. guatucupa* (TIMI et al. 2005), com amostras oriundas do Brasil, Uruguai e Argentina, que evidenciaram claramente a formação de dois estoques separando a população do Brasil das do Uruguai e Argentina.

Braicovich et al. (2012) analisou amostras de *T. lathami*, de três localidades na província de Buenos Aires, Argentina e uma amostra no Brasil, que forneceram evidências que parasitos podem ser usados para a discriminação de estoques em diferentes latitudes, e eles também têm o potencial para rastrear migrações sazonais de peixes.

No trabalho de *U. brasiliensis*, (PEREIRA et al. 2014) demonstraram que não só os parasitos, mais também as comunidades parasitárias tem potencial como marcadores de ecossistemas, onde foi observada uma separação evidente dos estoques em apoio as hipóteses existentes de Spalding et al. 2007 sobre a divisão ecorregional do sudoeste do Atlântico.

No estudo de Alarcos et al. (2016) com língüado, *Paralichthys isosceles*, três estoques foram identificados a partir de amostras coletadas no Brasil (Cabo Frio e Niterói) e Argentina (Necochea), demonstrando que as melhores espécies discriminatórias em ambas as escalas espaciais e temporais foram representadas por parasitos com baixa especificidade pelo hospedeiro (principalmente larvas de helmintos).

Timi et al. (2010) estudou michole-quati, *Pinguipes brasilianus*, e avaliaram padrões de similaridade destas comunidades, confirmando a diminuição da similaridade entre as comunidades mais distantes geograficamente.

Braicovich et al. (2016) também avaliou o uso de parasitos marinhos como indicadores de regiões zoogeográficas no Atlântico Sudeste usando amostras de *Percophis brasiliensis* coletadas em nove localidades cobrindo toda sua distribuição geográfica, entre Brasil e Argentina sendo possível verificar que as maiores dissimilaridades foram entre amostras provenientes de diferentes regiões zoogeográficas do que entre aquelas capturadas dentro da mesma região, independentemente da distância que os separa mostrando uma nova possibilidade uso de parasitos como indicadores de regiões zoogeográficas.

O objetivo desta tese é, portanto, duplamente: (1) evidenciar a potencialidade do uso de parasitos marcadores no Brasil e escassez de trabalhos do tipo. (2) avaliar comparativamente o valor de diferentes guildas de parasitos como indicadores de regiões zoogeográficas no sudeste do Atlântico com base em suas guildas.

1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCOS, A.J.; PEREIRA, A.N.; TABORDA, N.L.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasitological evidence of stocks of *Paralichthys isosceles* (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) at small and large geographical scales in South American Atlantic coasts. **Fisheries Research**. v. 173, p.221-228, 2016. doi:10.1016/j.fishres.2015.07.018
- BRAICOVICH, P.E.; IENO, E.N.; SÁEZ, M.; DESPOS, J.; TIMI, J.T. Assessing the role of host traits as drivers of the abundance of long-lived parasites in fish stock assessment studies. **Journal of Fish Biology** v. 89, n.5, 2419–2433, 2016. doi:10.1111/jfb.13127
- BRAICOVICH, P.E.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Geographical patterns of parasite infracommunities in the rough scad, *Trachurus lathami* Nichols off southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Parasitology** v. 98, n.4, p. 768– 771, 2012. doi: 10.1645/GE-2950.1.
- CADDY, J.F; GRIFFITHS, R.C. **Recursos marinos vivos y su desarrollo sostenible: perspectivas institucionales y medioambientales**. Food & Agriculture Org., v.353, 191pp. 1996.
- EVANS, D.; GRAINGER, R. Gathering data for resource monitoring and fisheries management. In **Handbook of Fish Biology and Fisheries**, v. 2 (ed. Hart, P. J. B. and Reynolds, J. D.), Blackwell Publishing, Oxford. p. 84–102, 2002.
- FERNANDES, L.P.C. O Brasil e o mar no século XXI – Relatório aos tomadores de decisão no país. Rio de Janeiro, comissão nacional independente sobre os oceanos. **CNIO**, 408 pp. 1998.
- HILBORN, R.; WALTERS, C.J. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York. 1992.
- LESTER, R.J.G. Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research** v.41, n.6, p. 855–864, 1990.
- LUQUE, J.L.; CORDEIRO, A.S.; OLIVA, M.E. Metazoan parasites as biological tags for stock discrimination of white mouth croaker *Micropogonias furnieri* from south-western Atlantic Ocean waters. **Journal of Fish Biology** v. 76, n.3, p.591–600, 2010. doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02515.x.
- MACKENZIE, K. Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. **Parasitology** v.124, n.7, p. S153–S163, 2002
- MACKENZIE, K.; ABAUNZA, P. Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. **Fisheries Research**. v.38, n.1, p.45–56, 1998.
- MOSQUERA, J.; DE CASTRO, M.; GOMEZ-GESTEIRA, M.; PÉREZ-VILLAR, V. Using Parasites as Biological Tags of Fish Populations: A Dynamical Model. **Bulletin of Mathematical Biology**. v.62, n.1, p.87-99, 2000.
- MPA. 1ª Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2014.
- MULLON, C.; FRÉON, P.; CURY, P. The dynamics of collapse in world fisheries. **Fish and Fisheries** v.6, n.6, p.111–120,2005. doi: 10.1111/j.1467-2979.2005.00181.x.

- PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; GUÉNETTE, S.; PITCHER, T.J.; SUMAILA, J.R.; WALTERS, C.J.; WATSON, R.; ZELLER, D. Towards sustainability in world fisheries. **Nature** v.418, n.6898, p.689–695, 2002. doi: 10.1038/nature01017.
- PEREIRA, A.N.; PANTOJA, C.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasites of *Urophycis brasiliensis* (Gadiformes: Phycidae) as indicators of marine ecoregions in coastal areas of south American Atlantic. **Parasitology Research** v. 113, n.11, p. 4281-4292, 2014. doi: 10.1007/s00436-014-4106-3
- POULIN, R.; KAMIYA, T. Parasites as biological tags of fish stocks: a meta-analysis of their discriminatory power. **Parasitology**. v.142, n.1, p. 1–11, 2013. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182013001534>.
- SPALDING, M.D.; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A.; FINLAYSON, M.A.X.; ROBERTSON, J. A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **Bioscience** v. 57, pp.573- 583, 2007.
- TIMI, J.T.; LANFRANCHI, A.L.; LUQUE, J.L. Similarity in parasite communities of the teleost fish *Pinguipes brasilianus* in the southwestern Atlantic: infracommunities as a tool to detect geographical patterns. **International Journal for Parasitology** v.40, pp.243–254, 2010. doi: 10.1016/j.ijpara.2009.07.006.
- TIMI, J.T.; LUQUE, J.L.; SARDELLA, N.H. Parasites of *Cynoscion guatucupa* along South American Atlantic coasts: evidence for stock discrimination. **Journal of Fish Biology** v.67, pp.1603–1618, 2005. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00867.x.
- WORM, B & BRANCH, TA. The future of fish. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 27, n. 11, 2012.

2. CAPITULO I

Parasitos como marcadores biológicos para discriminação de estoques de peixes marinhos no Brasil: estado atual e perspectivas.

RESUMO

SOARES, Iris Aparecida **Parasitos como marcadores biológicos para discriminação de estoques de peixes marinhos no Brasil: estado atual e perspectivas.** 2018. 59p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Parasitologia Veterinária) Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

O estado global da pesca marítima e seus efeitos põem em perigo o futuro dos recursos pesqueiros, o que pode resultar na extinção de várias espécies, bem como ameaçar a integridade global dos ecossistemas. À medida que cresce o consumo de peixe, a pesca marinha e as atividades de mercado relacionadas são estimuladas aumentando a incidência de espécies ameaçadas ou exploradas. Visando a sustentabilidade futura, os inventários de pesca precisam ser devidamente identificados como um instrumento para a implementação de políticas mais eficientes sobre a gestão e preservação dos recursos naturais. Assim, pela alta heterogeneidade observada na costa atlântica do Brasil, bem como pela falta de estudos relacionados com essa ferramenta, o país representa um grande potencial para o uso dessa técnica, visando melhorar o conhecimento dos recursos pesqueiros locais. Assim, o presente estudo destaca: (i) o uso de parasitos como marcadores biológicos na identificação de populações de peixes por meio de análise estatística robusta, o que representa uma abordagem eficiente e de baixo custo e (ii) a ausência de estudos semelhantes no Brasil. Por último, mas não menos importante, os resultados mostraram a necessidade de mais pesquisas sobre o tema no Brasil.

Palavras chave. Recursos pesqueiros, Manejo sustentável, Peixes marinhos, Parasitos, Conservação.

ABSTRACT

SOARES, Iris Aparecida **Parasites as biological tags for the discrimination of marine fish stocks in Brazil: current status and perspectives**. 2018. 59p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Parasitologia Veterinária) Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The global state of marine fisheries and its effects endanger the future of fishery resources, which may result in extinction of several species as well as threatening the overall integrity of the ecosystems. As the fish consumption grows, marine fishing and related market activities are stimulated increasing the incidence of threatened or exploited species. Aiming the future sustainability, fishery inventories need to be properly identified as a tool for implementation of more efficient policies on the management and conservation of the natural resources. Thus, by the high heterogeneity observed in the Atlantic coast of Brazil as well as the lack of related studies using this tool, the country represents great potential for the use of this technique, in order to improve our knowledge of local fishing resources. Therefore, the present study highlights: (i) the use of parasites as biological markers on identifying fish populations through robust statistical analysis, which represents an efficient and low cost approach and (ii) the lack of similar studies in Brazil. Last but not least, the results showed the need of more research efforts on this subject in Brazil.

key words. Fisheries, Sustainable Management, Marine Fisheries, Parasites, Conservation.

2.1. INTRODUÇÃO

O estado global da pesca marinha e seus efeitos sobre os ecossistemas têm recebido muito escrutínio científico (e público). Há pouca dúvida de que os limites globais para exploração foram alcançados e que a recuperação das unidades populacionais depauperadas deve tornar-se a pedra angular da gestão das pescas. (WORM; BRANCH, 2012). Uma série de depleções dos recursos pesqueiros marinhos coloca em risco o futuro da pesca marinha, provavelmente levando à extinção de espécies, e mudanças ao regime de ecossistemas ameaçando a sua integridade global. (PAULY et al. 2002, MULLON et al. 2005).

Silva (1970) afirma que, de toda a área dos oceanos, apenas 10% é produtiva. Dessa área produtiva 9,9% correspondem às plataformas continentais e 0,1% às zonas de ressurgências, também contíguas à costa. Os 90% restantes são quase absolutamente desérticos. Conclui que as áreas costeiras são 5 vezes mais produtivas que o oceano no seu todo e que as áreas de ressurgência são em média 50 vezes mais produtivas, podendo alcançar produtividade 75 vezes maiores que a do oceano.

O Brasil tem o maior litoral na América do Sul, com cerca de 8.500 km de linha de litoral e um certo número de ilhas, totalizando 3,5 milhões de km² de ZEE (Zona Econômica Exclusiva) e se estende desde o Cabo Orange (5° N) até o Chuí (34° S), situando-se, na maior parte, nas regiões tropicais e subtropicais (CNIO, 1998).

A margem da plataforma continental brasileira é muito heterogênea, com montes submarinos adjacentes e planícies abissais, caracterizando o grande ecossistema marinho brasileiro como hidrológica e topograficamente complexo, com ecossistemas dominantes contrastantes de características únicas, incluindo manguezais, recifes de coral, dunas, bancos de areia, praias arenosas, costões rochosos, lagoas, estuários, e restingas, todos os quais com um incontável número de flora e fauna com altos níveis de endemismo. Algumas espécies estão em perigo de extinção, enquanto outras são detectadas como sendo invasivas. Esta grande biodiversidade marinha e seus mares profundos que incluem uma variedade de ecossistemas é conhecida como "Amazônia Azul" (MILOSLAVICH et al., 2011).

De acordo com os últimos dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), a média de consumo de pescado por habitante alcançou 11,7 kg no Brasil em 2011 - o que representa 23,7% de aumento na demanda em relação aos dois anos anteriores. Com o maior consumo, o mercado nacional foi aquecido, favorecendo especialmente as atividades pesqueiras no mar, uma vez que algumas das principais espécies de peixes e crustáceos consumidos no país são marinhos, com uma grande incidência de consumo de espécies ameaçadas de extinção ou ameaçadas de exploração (com estoques em níveis preocupantes) (MPA, 2013).

Características naturais de relevo do nosso litoral, contribuem para determinar a inexistência de estoques pesqueiros densos, e conseqüentemente, a ausência de medidas de manejo de recursos eficientes, levam a depleção e queda na rentabilidade econômica, em importantes estoques pesqueiros ao longo da costa brasileira (MMA/IBAMA, 2001).

Assim, a mobilidade dos organismos aquáticos, a distribuição geográfica das populações, a extensão da área onde ocorre a pesca e a ocorrência de várias espécies em um mesmo ambiente fazem com que a pesca comercial, geralmente dirigida a uma determinada espécie-alvo, termine por impactar as demais espécies. O debate sobre o uso sustentável do meio ambiente marinho e de seus recursos, frente à complexidade da biota marinha, leva, forçosamente, à necessidade de conhecimento de uma série de aspectos

técnicos, especialmente, no que diz respeito aos aspectos biológicos (CADDY; GRIFFITHS, 1996).

Com isso, discriminar as populações distintas de espécies de peixes comercialmente exploradas é essencial não só para trabalhar as suas dinâmicas e gerenciar a sua sustentabilidade a longo prazo, mas também para identificar violações dos direitos de pesca (HILBORN; WALTERS, 1992; EVANS; GRAINGER, 2002). Porém, antes que uma ação possa ser gerida de forma eficiente e políticas implementadas para a sustentabilidade futura, o estoque precisa ser identificado corretamente.

De acordo com Carvalho e Hauser (1994) a conceituação de estoques abrange uma ampla gama de definições dependendo de quem os define e para que propósito. Pode-se dizer que estoque pesqueiro corresponde a um grupo de peixes da mesma espécie, os quais habitam uma mesma área e que estão dentro da faixa etária (ou de tamanho) permitida para serem pescados.

A definição de populações locais proposta por Ihssen et al., (1981), a descreveram como “um grupo intraespecífico de indivíduos que se reproduz ao acaso com integridade espacial e temporal”. Esta definição geralmente não é aplicada pela frota pesqueira, pois para esta as diferenças genéticas e fenotípicas entre as populações não são levadas em consideração.

Muitas técnicas e ações têm sido utilizadas para identificar e discriminar a estrutura das populações de organismos marinhos tais como marcadores artificiais, caracteres fenotípicos, biometria, dados parasitológicos, estudos genéticos, e o uso de parasitos como marcador biológico (WILLIAMS et al. 1992; MACKENZIE, 2002).

O uso de parasitos como marcadores biológicos ganharam ampla aceitação nas últimas décadas (MACKENZIE, 2002; POULIN; KAMIYA, 2013), pois eles podem fornecer um guia confiável para o entendimento da biologia do seu hospedeiro e em estudos populacionais para discriminar estoques (MACKENZIE, 1987, 2002; LESTER, 1990; MACKENZIE; ABAUNZA, 1998; MOSQUERA et al. 2003). Esta metodologia baseia-se resumidamente no princípio de que um hospedeiro só pode tornar-se infectado com um determinado parasito quando ele está dentro do intervalo de distribuição do parasito (conhecida como área endêmica) (MACKENZIE, 2002). Se um peixe infectado se encontra fora da área endêmica do parasito pode presumir-se que ele esteve alguma vez naquele lugar (MACKENZIE; ABAUNZA, 1998). A área endêmica do parasito deve, portanto, ser menor do que a área de abrangência do hospedeiro para que seja útil como um marcador biológico.

Recentemente Poulin e Kamiya (2013) realizaram uma meta-análise para examinar o poder discriminatório do uso de parasitos para discriminar estoques de peixes, e descobriram que, em geral, a probabilidade de classificação correta de peixes para o seu grupo de origem com base em dados do parasito foi o dobro do esperado, suportando o uso de parasitos como marcador biológico.

O Brasil com seu litoral heterogêneo de ecossistemas contrastantes, oferece excelentes possibilidades de utilização de parasitos como marcadores biológicos na estrutura de estoques para uma enorme variedade de espécies de peixes e habitats. (CANTATORE; TIMI, 2015). No entanto, apenas um estudo utilizando parasitos para discriminar populações de peixes dentro de fronteiras brasileiras foi publicado. Este é o caso da corvina, *Micropogonias furnieri* a partir de cinco localidades ao longo da costa brasileira (LUQUE et al. 2010). Evidenciando com sucesso três localidades associadas com três estoques de *M. furnieri* no Brasil.

O objetivo deste trabalho é salientar o uso de parasitos como marcador biológico na discriminação de estoques pesqueiros, evidenciando a escassez de estudos e potencialidades de uso no litoral do Brasil.

2.2. Parasitos como marcadores biológicos

O uso de parasitos como marcadores biológicos oferece uma abordagem poderosa para determinar a estrutura de estoques dos organismos aquáticos. Dados de parasitos fornecem informações sobre os movimentos, a partir do qual a estrutura de estoque pode ser inferida (LESTER, 1990), de modo que à aplicação de modelos dinâmicos com base neles possam realmente refletir a demografia e evolução da população.

As técnicas e os métodos usados para obter informações sobre a estrutura de estoque são de três tipos principais (ANON, 1993): (1) métodos naturais, incluindo análises morfométricas e merísticas, o uso de parasitos como marcadores biológicos e estudos genéticos; (2) o uso de marcadores artificiais fixados externamente e ou internamente; e (3) Estudos de parâmetros biológicos em relação à ciclo de vida. Listas completas destes métodos pode ser encontrado no Ihssen et al. (1981), Templeman (1983) e Anon (1996). Existem, no entanto, limitações inerentes a cada uma dessas metodologias, e sua eficácia em identificar os estoques que podem variar entre diferentes escalas espacial e temporal, e entre espécies.

Abordagens de marcação artificial pode comprometer muitas vezes o comportamento dos indivíduos marcados, o esforço de pesca para recuperação de etiquetas tem pouco sucesso e muitas vezes depende de práticas de pesca e cooperação da indústria (WARD; CATON, 1992). Além do fato que pode ser difícil marcar espécies de águas profundas ou muito pequenas, delicadas (LESTER, 1990). (BEGG et al. 1999).

Marcadores Genéticos são extremamente sensíveis ao movimento de genes entre populações, e apenas um gene migrante por geração é suficiente para mascarar a diferenciação em alguns marcadores genéticos (SLATKIN, 1987). Além disso, historicamente técnicas genéticas podem ser incapazes de identificar diferenças entre grupos isolados recentemente, e frequentemente não fornecem informações demograficamente relevante de escalas espacial e temporal necessárias para efeitos de gestão e conservação da pesca (BOTSFORD et al. 2009).

A Análise química de otólito, que normalmente se baseia nas diferenças em condições ambientais, pode ser incapaz de diferenciar populações dentro de um ambiente homogêneo (THRESHER, 1999).

Os benefícios da utilização de parasitos em vez de marcadores artificiais, são de que os custos de pesquisa são reduzidos, exigem manipulação do hospedeiro apenas com captura e análise, e os parasitos selecionados como marcador, não provocam mudanças comportamentais ou mortalidade seletiva no hospedeiro. Além disso, um marcador biológico como o parasito reflete toda a população de hospedeiros não, só um indivíduo. O aumento da demanda por meios precisos e pouco dispendiosos de estudo de organismos não domésticos vai resultar no aumento utilização de parasitos como marcadores biológicos (MOSER, 1991).

Isto não quer dizer que parasitos como marcador são superiores a outros métodos, mas reconhece-se que eles têm ajudado a responder perguntas sobre a dieta e comportamento alimentar, movimentos e intervalos, a conectividade de estoques, padrões de recrutamento de juvenis e filogenia. (SINDERMANN, 1961; MOSER, 1991; WILLIAMS et al., 1992; CRISCIONE et al. 2006). Parasitos também têm sido utilizados

como bio-indicadores de poluição (POULIN, 1992; MACKENZIE et al. 1995; MACKENZIE, 1999a), e em estudos populacionais para discriminar unidades populacionais (MACKENZIE, 1987, 2002; LESTER, 1990; MACKENZIE E ABAUNZA, 1998; MOSQUERA et al. 2003).

2.3. Seleção de parasitos para uso como marcador

O parasito marcador ideal pode ser descrito como tendo as seguintes características, de acordo com os critérios de seleção sugeridos pela Kabata (1963), Sindermann (1983), MacKenzie (1983, 1987a), Williams et al. (1992), Mosqueira et al. (2000), Catalano et al. (2014). Parasitos que preenchem todos estes critérios são raramente encontrados, de modo que concessões geralmente tem que ser feitas.

- deve ter níveis significativamente diferentes de infecção no hospedeiro alvo em diferentes partes da área de estudo. Dados de infecção podem ser analisados de acordo com prevalência, intensidade e a abundância de infecção, tal como definido por Bush et al. (1997).

- Ele deve persistir no hospedeiro durante um longo período. Para os estudos de identificação de estoques, apenas parasitos com expectativa de vida de mais de um ano, deve ser utilizado, enquanto que para os estudos de migrações sazonais, espécies com expectativa de vida de menos de um ano são aceitáveis.

- os parasitos com ciclos de vida em um único hospedeiro, como trematódeos monogenéticos e a maioria dos crustáceos parasitos, são os mais simples de usar. Aqueles com ciclos de vida complexos, tais como digenéticos, tênias, nematóides e acantocéfalos, envolvendo duas ou mais fases em diferentes hospedeiros, são mais difíceis de utilizar porque é necessária mais informação sobre os fatores bióticos e abióticos que influenciam a transmissão do parasito entre hospedeiros. Tendo em conta esta informação, no entanto, pode ser utilizada eficazmente. Kjøie (1983), sugerem de fato, que trematódeos tem vantagens como marcadores sobre outros grupos taxonômicos de parasitos, porque eles tendem a ser altamente específicos para o hospedeiro primário, que é geralmente um molusco. A área endêmica de um digenético é, portanto, em grande parte determinada pela distribuição geográfica de seu hospedeiro molusco.

- O nível de infecção deve permanecer relativamente constante de ano para ano. Os efeitos das variações anuais, no entanto, podem ser anulados, seguindo os níveis de infecção em classes anuais individuais do hospedeiro alvo ao longo de vários anos.

O parasito deve ser facilmente detectado e identificado. O exame do hospedeiro deve envolver o mínimo de dissecação; caso contrário, o tempo pode se tornar um fator limitante.

- Parasitos que são patógenos graves, particularmente aqueles que afetam o comportamento do hospedeiro, devem ser evitados.

Muitos grupos taxonômicos de diferentes parasitos foram usados como marcadores para peixes de água doce, marinhos e invertebrados marinhos, como descrito por Williams et al. (1992). Helmintos protozoários, mixosporídeos, larvas e adultos, e crustáceos parasitos têm sido usados como marcadores para peixes marinhos comercialmente importantes. Porém o parasito mais comumente usados como marcador são larvas de nematóides anisacídeos, provavelmente porque eles estão entre os parasitos mais comuns e generalizados de peixes teleósteos (MACKENZIE, 1987A; SINDERMANN, 1990; QUINTEIRO, 1990).

No entanto, junto com a necessidade de identificar corretamente um estoque antes que ele possa ser adequadamente gerido, os parasitos precisam também ser corretamente identificados antes de poderem ser aplicados como marcadores biológicos. Os métodos clássicos comumente utilizados para identificação taxonômica para definir uma determinada família, gênero ou espécie (BALDWIN et al. 2012). Pode ser difícil para os estádios de larva e ainda dificultada pela má qualidade de exemplares de incerteza taxonômica na literatura. Espécies que exibem um elevado grau de plasticidade morfológica também representam um problema (POULIN; MORAND, 2000). Táxon morfológicamente plástico pode ser interpretado como um complexo de espécies. Uma combinação de métodos morfológicos e de genética molecular pode ser mais robusto para a identificação e discriminação táxon parasito, e deve ser considerada em estudos, utilizando parasitos como marcador biológico.

2.4. Principais abordagens estatísticas

Em análises de dados com parasitos, o objetivo tem sido determinar se duas ou mais amostras de peixes mantem-se estatisticamente diferentes por um período conhecido. Um marcador de curta duração só dá informações durante o curto espaço de tempo da análise. Um marcador persistente pode refletir maior tempo de vida do hospedeiro.

Dados parasitários apresentam vários desafios para o uso na discriminação de estoque. Nem todos os peixes serão parasitados assim, ao contrário dos métodos genéticos ou Otolíticos, um sinal pode não estar disponível para cada peixe. Assim tamanhos de amostra maiores além das necessárias para estudos genéticos ou otolíticos pode ser necessária. O tamanho ótimo de amostra depende dos números relativos e absolutos de parasitos alvo nas amostras a serem comparadas, a necessidade de ser cuidadosamente considerada. (TABACHNICK, FIDELL, 2001) afirmam que o tamanho da amostra de cada grupo, ou seja, cada localidade amostrada ou estoque de peixes, deve exceder o número de espécies de parasitos incluídos na análise. (POULIN; KAMIYA, 2013). Sugerem como regra geral, mais de 50 peixes por grupo seria necessário para estimar com segurança a covariância, e recomendam que os futuros estudos de parasitos como marcadores biológicos visem esta dimensão mínima da amostra.

Parasitos que permanecem por longo tempo em seus hospedeiros são comumente recomendados para estudos sobre a identificação de estoques, no entanto, é importante impor algumas restrições devido à sua metodologia cumulativa. Consequentemente, diferenças ontogênicas nas cargas parasitárias podem ser indevidamente atribuídas a um efeito local. Os investigadores devem ser cautelosos ao usar marcadores de longa duração, e devem levar em conta o tamanho do peixe como uma variável de potencial confusão na interpretação de padrões espacial e estrutura de estoque. Este problema pode ser resolvido comparando peixes de tamanho similar ou através da introdução de seu comprimento como covariável no modelo tipo ANCOVA, a fim de minimizar o seu efeito na abundância do parasito e chegar a conclusões consistentes. Uma vez que grandes mudanças na idade de peixe não representam mudanças proporcionais em tamanho, indivíduos classificados em uma determinada classe de tamanho podem pertencer a diferentes faixas, fazendo com que tenha heterogeneidade na abundância parasitaria. Tamanho dos peixes e idade parecem agir em taxas de dissimilares sobre a abundância e riqueza de espécies de parasitos. (Por exemplo, LESTER et al. 2001; MOORE et al. 2011; MOORE et al. 2012).

Nos últimos anos, tem havido um aumento no número de estudos que examinaram conjuntos de dados de múltiplas espécies de parasitos para efeitos de identificação de estoques através da aplicação de abordagens estatísticas multivariadas (e.g. SEWELL; LESTER, 1995; HUTSON et al. 2011; ZISCHKE et al. 2013; PEREIRA et al. 2014; ALARCOS et al. 2016.).

A abordagem multivariada de dados usadas se dividem em três categorias: abordagens exploratórias, métodos e técnicas de ordenação de classificação. Uma das técnicas multivariadas mais aplicadas rotineiramente tem sido a análise de variância multivariada (MANOVA). Ao contrário de ANOVA, qual determina se uma única variável dependente de múltiplos grupos é amostrada a partir da mesma distribuição amostral, abordagens MANOVA testa se as médias de vetores de duas ou mais variáveis dependentes de dois ou mais grupos de amostras são amostrados a partir da mesma distribuição amostral. Como na ANOVA, que assume homogeneidade de variâncias de uma variável dependente entre grupos de amostras, MANOVA assume que tanto a variância de cada variável e os relacionamentos entre as variáveis (ou seja, a covariância) são homogêneas entre os grupos (ANDERSON, 2001); condições que raramente ocorrem em conjuntos de dados multi-espécies de parasito. Como ANOVA, MANOVA é extremamente sensível a discrepâncias e, quando aplicado em três ou mais grupos de amostra, apenas fornece uma indicação se uma diferença de comunidade de múltiplas espécies ocorre entre os grupos de amostra, em vez que indicando entre os quais os grupos as diferenças ocorrem.

No entanto, é possível ultrapassar este problema empregando testes pareados MANOVA, ou usando métodos MANOVA como um precursor para análises multivariadas adicionais (por exemplo, MOORE et al. 2003).

Outra abordagem multivariada utilizada que pode ser aplicada aos dados coletados é análise de função discriminante (DFA), também comumente referido a análise discriminante como canônicos. DFA é uma técnica de classificação e é mais utilizada para determinar quais variáveis discriminar entre dois ou mais grupos que foram definidos a priori. Computacionalmente, a abordagem é semelhante ao ANOVA, e trabalha criando uma variável latente de uma ou mais combinações lineares de variáveis de previsão (Ou seja, espécies de parasitos ou tipos de espécies), chamada de função canônica discriminante. Os resultados de abordagens DFA são interpretadas em uma série de maneiras para explorar estrutura de estoque de peixe. (Por exemplo, LESTER et al. 1988; LESTER, 1995; MOORE et al. 2003).

Uma desvantagem fundamental desta abordagem em particular é que os limites de confiança de Mardia et al. (1979) que são utilizadas para identificar grupos coerentes ou distintos são apenas aproximações como eles são baseados em tamanhos de amostra e não levam em conta a variabilidade efetiva dos dados parasitários intra - e entre - grupos na sua formulação. No entanto, avanços recentes geraram muitos pacotes estatísticos capazes de fornecer lotes de intervalos de confiança a partir dos dados multivariados reais, em vez de os tamanhos das amostras (por exemplo, MOORE et al. 2012).

Uma limitação adicional é que o DFA, como MANOVA, é altamente sensível às partidas de normalidade, a presença de outliers, e heterogeneidade, em matrizes de variância / covariância de variáveis; Características que ocorrem frequentemente em conjuntos de dados multi-espécies de parasitos. Além disso, o tamanho do menor grupo deve ser maior do que o número de variáveis de previsão.

Vários autores têm utilizado a classificação preditiva função de DFA para explorar o movimento de indivíduos e, portanto, inferir a estrutura estoque das populações peixes.

(Por exemplo, HUTSON et al. 2011; MOORE et al. 2012). Em termos gerais, esta abordagem examina distâncias de cada caso individual (ou seja, um indivíduo peixe) em relação à média do grupo e classifica como pertencentes ao mesmo grupo o que está mais próximo (Isto é, quando a distância é menor).

Abordagens explorando o uso de métodos semi-métrico ou multivariados não paramétricos para fins de identificação de estoques, têm a vantagem de não estarem sujeitas às limitações de homogeneidade de variâncias e normalidade que tipicamente restringem testes paramétricos.

Técnicas escalonamento multidimensional não paramétrico (NMDS) proporcionam meios altamente visuais de análise de padrões de amostra entre grupos plotando as distâncias de similaridade (ou dissimilaridade) no espaço de duas ou três dimensões. (Por exemplo SPEARE, 1995; LESTER et al. 2001; MOORE et al. 2011). No entanto, embora visualmente descritiva, técnicas de NMDS não fornecem um nível de significância de diferenciação entre os grupos de amostra. Assim, muitos autores têm utilizado a abordagem como um método de avaliação da diferença exploratória entre os grupos, antes de prosseguir com análise complementar que o teste de significância oferece (por exemplo ZISCHKE et al. 2013).

Duas técnicas multivariadas não-paramétricas similares que oferecem testes de significância são as rotinas análise de similitudes (ANOSIM) análise multivariada de permutação unidirecional da variância (PERMANOVA).

ANOSIM usa medidas de distância de similaridade para calcular um 'R' Estatístico global que reflita as diferenças na variabilidade entre os grupos de amostra comparada dentro dos grupos (CLARKE, 1993). Vários pesquisadores aplicaram ANOSIM em dados parasitários para efeitos de identificação de estoque de peixe (por exemplo, MOORE et al., 2011; ZISCHKE et al. 2013).

PERMANOVA é uma abordagem multivariada não-paramétrica permutacional que permite particionamento aditivo direto de variação para modelos complexos.

Tal como acontece com a maioria das abordagens não-paramétrico, tanto testes ANOSIM e PERMANOVA não estão sujeitos aos requisitos da normalidade e homogeneidade das variâncias e, ao contrário ANOVA ou MANOVA, ambas as abordagens são multifatoriais relativamente robusta para projetos desequilibrados (ANDERSON, 2001). Testes ANOSIM e PERMANOVA são, no entanto, sensíveis a diferenças na dispersão multivariada, e significativas diferenças podem resultar a partir de diferenças na dispersão, assim como diferenças na variável (s) entre os grupos das amostras testadas (Ou uma combinação dos dois) (ANDERSON, 2001). Por conseguinte, tem sido recomendado que cuidado na interpretação a ser dada nos resultados dos Testes de significância (ANDERSON, 2001). Outro método não-paramétrico multivariado comumente aplicado utilizado para examinar dados para efeitos de identificação de estoques tem sido análise de agrupamento.

A análise de cluster é uma técnica de estudo exploratório, e tem o objetivo de classificar diferentes amostras em grupos para descobrir padrões nos dados. Enquanto uma variedade de algoritmos de agrupamento existentes, árvore de cluster hierárquica tem em conta a variabilidade intra- e entre grupo dos dados efetivo de parasito na sua formulação. Em termos geral, os clusters são gerados com base em uma dissemelhança (Semelhança) ou matriz semelhança com base na distância, com o índice de Bray-Curtis sendo o mais frequentemente aplicado. Embora essa abordagem forneça um meio altamente visual de padrões que exploram entre os grupos da amostra, eles não levam em

conta a variabilidade individuais de peixes dentro de cada uma das amostras para além do grupo que incorporada no cálculo de médias de grupo.

Uma desvantagem adicional de abordagens de cluster baseada em árvores hierárquicas é que sendo uma técnica exploratória, esses métodos não fornecem uma indicação da significância dos agrupamentos resultantes. No entanto, é possível superar este problema, utilizando um nível de semelhança definido a priori como um nível de significância, ou através de o uso de testes de estruturação pós-hoc, como rotinas de perfil de similaridade (SIMPROF).

Potencialmente a abordagem mais informativa é aplicar várias metodologias estatísticas diferentes, incluindo estatísticas de resumo, abordagens uni e multivariada sobre o mesmo conjunto de dados. Tal abordagens são benéficas na medida em que não só proporcionar uma maior confiança nos resultados de qualquer uma técnica quando são obtidos resultados consistentes, mas também permitem as limitações de diferentes abordagens analítica para ser resolvida, as vantagens de uma abordagem holística para identificação estoque de peixe (WALDMAN; BEGG, 1999).

2.5. Atividade pesqueira brasileira

A atividade pesqueira brasileira gera um PIB nacional de R\$ 5 bilhões, mobiliza 800 mil profissionais e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos. A meta do Ministério da Pesca e Aquicultura é incentivar a produção nacional para que, em 2030, o Brasil alcance a expectativa da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e se torne um dos maiores produtores do mundo, com 20 milhões de toneladas de pescado por ano. Hoje o País ocupa a 17ª posição no ranking mundial na produção de pescados em cativeiro e a 19ª na produção total de pescados de acordo a estatística do último anuário de pesca de 2014 (MPA,2014). No entanto, a má gestão da atividade, associada à crescente demanda por produtos dessa natureza, acarretou colapsos nos principais recursos pesqueiros do mundo, gerando uma estagnação das capturas.

No Brasil a situação não é menos preocupante, de fato, os diversos estudos realizados e considerados pelo Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE. (MMA, 2006), confirmam que os recursos pesqueiros tradicionais se encontram, em sua maioria, sobreexplotados ou no limite máximo de exploração. Em síntese, dos 153 estoques considerados, 11% não eram explorados, 4% eram subexplotados, 23% estavam plenamente explotados, 33% estavam sobreexplotados e 29% não foram avaliados de maneira conclusiva, demandando estudos adicionais (Brasil, 2006). Figura 1.

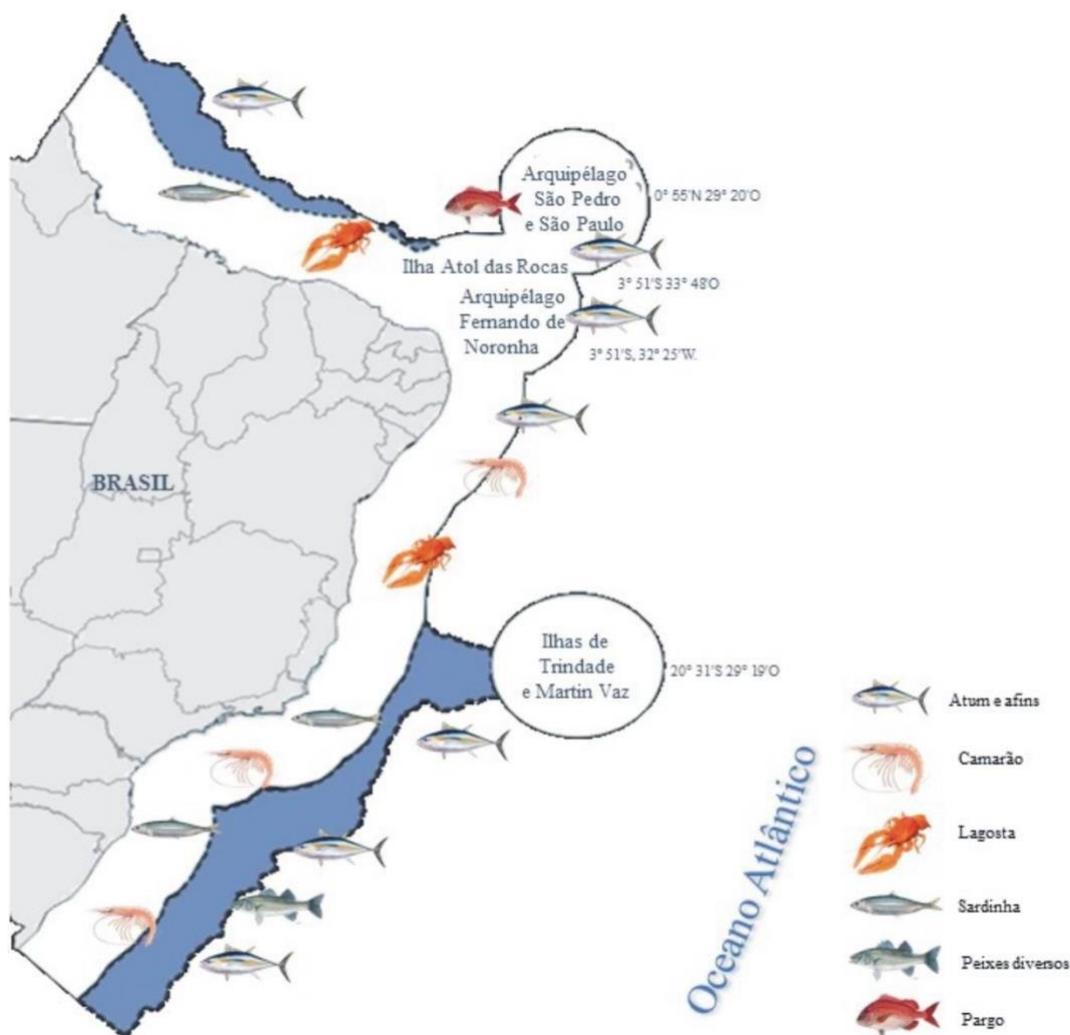


Figura.1. Principais recursos explorados nas diferentes regiões ao longo do litoral brasileiro

Mesmo que os resultados alcançados pelo REVIZEE tenham ampliado significativamente o conhecimento da biodiversidade marinha ao longo da costa brasileira, principalmente dos recursos pesqueiros demersais do talude continental (até 2.00 m de profundidade), os mesmos problemas de exploração descontrolada têm sido novamente observados nas pescarias de novos recursos, como os do peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*), da merluza (*merluccius hubsi*), da abrótea de profundidade (*Urophycis mystacea*), já com sinais de sobrepesca observados no curto período de desenvolvimento desta pescaria demersal profunda nas regiões sudeste e sul do Brasil. (IPEA, 2013)

O conhecimento disponível sobre a situação atual dos ecossistemas costeiros e seus sistemas de produção pesqueira pode ser considerado ainda fragmentado, deficiente e desatualizado, o que dificulta ainda mais o processo de conscientização do setor produtivo rumo a exploração sustentável de recursos pesqueiros no Brasil. (MMA, 2006).

É fato constatado que quase todos os recursos pesqueiros nacionais, especialmente os costeiros, sujeitos a uma pesca mais intensiva, encontram-se muito próximos ou já em

seus limites máximos de sustentabilidade. (Tabela 1) E embora os recursos vivos do mar sejam considerados naturais renováveis, sua capacidade de renovação é limitada pela estrutura genética das espécies e pela dinâmica dos ecossistemas onde habitam. A partir desta constatação, é fácil compreender que a exploração pesqueira tem certas características próprias que distinguem da maioria de outros empreendimentos econômicos e que dificultam sobremaneira o estabelecimento de medidas efetivas para seu ordenamento e desenvolvimento, em bases sustentáveis. Apesar disto, alguns dos problemas enfrentados pela pesca extrativa brasileira são relativamente fáceis de identificar, podendo assim ser agrupados em:

- Baixa quantidade de recursos pesqueiros marinhos;
- Reduzida produtividade do mar brasileiro;
- Potencial produtivo e características biológica básicas de vários recursos pesqueiros desconhecidos;
- Setor produtivo com baixo nível de conscientização dos limites naturais da exploração sustentável;

Visando a atender o setor público e o segmento produtivo, faz-se necessária a geração de conhecimentos técnicos-científicos, para propiciar técnicas e métodos adequados ao desenvolvimento de uma pesca sustentável e responsável. Nesse sentido, é imprescindível difundir e aplicar a tecnologia e os conhecimentos gerados, especialmente quanto ao ordenamento pesqueiro e a recuperação dos estoques hoje em sobrepesca, para aproveitamento dos recursos subexplorados ou ainda desconhecidos. (CEMBRA, 2012).

Tabela 1. Produção de pescado (t), discriminada por espécie e status de conservação com ou sem trabalhos de parasitos como marcador biológico. (REVIZEE, 2006; MPA, 2011)

Espécie	Nome vulgar	Produção	Status	Estudos sobre parasitos como marcadores
<i>Sardinella brasiliensis</i>	sardinha verdadeira	75.122,5	em perigo	-
<i>Micropogonias furnieri</i>	corvina	20.739	vulnerável	Luque et al. (2010)
<i>Paralichthys isósceles</i>	linguado	8.300	Não avaliado	Alarcos et al. (2015)
<i>Macrodon ancylodon</i>	pescada-foguete	7.043,7	vulnerável	-
<i>Lutjanus purpureus</i>	pargo	6.247,7	em perigo	-
<i>Cynoscion guatucupa</i>	pescada listrada	6.044,6	vulnerável	Timi et al. (2005)
<i>Urophycis brasiliensis</i>	abrótea	5.587,5	vulnerável	Pereira et al. (2014)
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	goete	3.097,0	vulnerável	--
<i>Pagrus pagrus</i>	pargo rosa	2.249,6	vulnerável	-
<i>Trachurus lathami</i>	xixarro	1.580,3	Não avaliado	Braicovich et al. (2012)

2.6. Potencial do uso de parasitos como marcadores no Brasil

A região sudeste do oceano Atlântico atualmente, possui poucos estudos com o uso de parasitos como marcadores biológicos, apesar de sua heterogeneidade em termos de

oceanografia, características geológicas e biológicas, o que, sem dúvida, oferece um grande potencial para esta metodologia nesse ecossistema (CANTATORE; TIMI 2015).

O Brasil tem o maior litoral na América do Sul; e é uma das 5 sub-regiões de biodiversidade marinha da América do Sul do Pacífico e costas do Atlântico, baseada na classificação Grande Ecossistema Marinho ou LMEs (<http://www.lme.noaa.gov/>), que são definidas como " áreas do oceano caracterizadas por batimetria distinta, hidrologia, produtividade e interações tróficas " (SPALDING et al. 2007).

Considerando a heterogeneidade de relevo da plataforma continental brasileira, com margens, montes submarinos adjacentes e planícies abissais (PRESCOTT, 1989; MCGLINLEY, 2008.), tornando o extenso ecossistema marinho brasileiro, hidrológica e topograficamente complexo.

As condições ambientais do mar que banha a costa brasileira são determinadas, basicamente, pela ocorrência de três correntes: (1) a Corrente da Costa Norte do Brasil, que flui para Nordeste; (2) a Corrente do Brasil, que flui em direção ao sul; ambas resultantes da Corrente Sul-Equatorial que vem da costa da África e, ao se encontrar com o continente brasileiro, na altura de João Pessoa, bifurca-se nas duas direções mencionadas; e (3) a Corrente das Malvinas (Falklands). As duas primeiras apresentam características comuns, uma vez que são de temperatura e salinidade altas e pobres em sais nutrientes. Estes parâmetros, associados à alta profundidade nas áreas percorridas pelas correntes, não permitem que os sais nutrientes alcancem a zona trófica, para favorecer a produção primária, tornando a produtividade do mar baixa nestas regiões. A Corrente das Malvinas, com baixa temperatura e salinidade, penetra a região costeira do Rio Grande do Sul e, atingindo a altura do paralelo 34-36° S, encontra-se com a Corrente do Brasil, formando a Convergência Subtropical. Esta corrente possui alta concentração de sais nutrientes (DIAS NETO; MARRUAL-FILHO, 2003).

A produtividade da região Norte é incrementada em função do rio Amazonas. Este despeja um grande volume de água doce, com elevada quantidade de material de origem terrestre em suspensão, que ao se depositar sobre a plataforma continental da foz daquele rio, faz com que a costa dos estados do Pará e Amapá apresente alta produtividade, especialmente de comunidades do fundo do mar. A região Nordeste, por (sua vez, dada a predominância das características da Corrente do Brasil, apresenta baixa produtividade de recursos pesqueiros. Nas regiões Sudeste e Sul, a influência da massa de água da Corrente das Malvinas, a ocorrência de ressurgências ou a penetração da Água Central do Atlântico Sul – ACAS, possibilitam uma maior abundância de pescado, especialmente até a altura de Cabo Frio. As ressurgências ocorrem em decorrência da combinação de fatores como: mudanças na direção da Corrente do Brasil, topografia de fundo e efeito dos ventos predominantes na área (DIAS NETO; MARRUAL-FILHO, 2003).

Ao longo dos anos, a grande extensão do litoral e variedade de ecossistemas marinhos costeiros no Brasil levaram à percepção pública de que os recursos marinhos seriam inesgotáveis. Como resultado, embora a pesca marinha contribua 63% do total de produção peixes no Brasil, mais de 80% dos recursos são atualmente sobre exploradas (REVIZEE, 2006b; PROBIO, 2006a.).

A legislação brasileira define a zona costeira como um patrimônio nacional, no entanto, apenas uma pequena parte da enorme costa brasileira menos de 0,4% da área total no mar territorial e da ZEE. (BRASIL, 1997) está sob alguma forma de proteção ou de gestão, e existem grandes áreas sob pressões antropogênicas (AMARAL; JABLONSKI, 2005.). Considerando os elevados níveis de endemismo de organismos marinhos brasileiros, e a probabilidade de que o crescimento da população irá exercer

ainda maior pressão antropogênica, com a pesca, a conservação em larga escala e planos de gestão são urgentemente necessários. Alguns esforços têm sido empreendidos com a gestão de diferentes setores da sociedade e com informações fornecidas pela comunidade científica (FLOETER et al. 2007.).

Existem vários artigos sobre o taxonomia, filogenia, biogeografia, biologia e ecologia de muitos organismos marinhos, e também dados comunitários disponíveis a partir de grandes programas nacionais Revizee (Avaliação da Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Empresa Brasileira Zona Económica Exclusiva), responsável pelo maior esforço nacional no levantamento da biodiversidade marinha e da situação dos estoques pesqueiros, que abrangeu a totalidade do Costa brasileira confirmando a baixa concentração de nutrientes em águas nacionais e sua consequente produtividade reduzida, que compromete os estoques pesqueiros.

Considerando todos os fatores acima mencionados, o Brasil enfrenta a difícil tarefa de identificar, inventariar e estudar cientificamente toda a sua diversidade biológica (terrestre e marinha), bem como desenvolvimento e implementação de gestão e utilização de mecanismos sustentável (REVIZEE, 2006b; PROBIO, 2006a.).

Baseado na localização geográfica do Brasil e na necessidade de conhecimento de seus estoques pesqueiros o uso de parasitos como marcador biológico para discriminar estoques seria um método bem-sucedido, a metodologia, em última instância tem base na distribuição geográfica dos parasitos. A distância geográfica entre populações co-específicas de hospedeiros é, sem dúvida, um fator determinante da probabilidade de que o intercâmbio de espécies de parasitos ocorra entre essas populações (POULIN; MORAND, 1999). Essa multiplicidade de ambientes oferece uma excelente oportunidade de usar parasitos não apenas como indicadores biológicos de estrutura de estoque para uma enorme variedade de espécies de peixes, mas também como marcadores das regiões ou das águas em que habitam; conseqüentemente, eles também podem ser utilizados como indicadores do ecossistema (CANTATORE; TIMI 2015). O pressuposto subjacente deste método é que os hospedeiros podem ser infectados apenas quando eles estão dentro da área endêmica de um parasito (que região geográfica na qual as condições são adequadas para transmissão). Para parasitos com ciclos de vida diretos a área endêmica é determinada principalmente pelas condições ambientais, ao passo que para os parasitos com ciclos de vida indireto, um requisito adicional é que hospedeiros adequados para todos os estágios de desenvolvimento deve estar presente (MACKENZIE; ABAUNZA, 1998). Os padrões de distribuição dos parasitos marinhos, em particular, são determinadas principalmente pelos perfis de temperatura, salinidade e sua associação com massas específicas de água (ESCH; FERNÁNDEZ, 1993). A fiabilidade de parasitas como marcador biológicos é apoiada pelo decaimento quase universal na similaridade da composição de espécies das assembleias como uma função de aumento da distância entre eles (NEKOLA; BRANCO, 1999).

2.7. Antecedentes no Brasil

O Brasil tem uma longa história de estudos parasitológicos no ambiente marinho, provavelmente o mais longo e mais constante ao longo do tempo na América do Sul (CANTATORE; TIMI 2015). Grande parte taxonômicos e com ecologia parasitária, publicados por autores brasileiros (ver, por exemplo LUQUE et al. 2004).

No entanto, apenas um estudo utilizando parasitos para discriminar unidades populacionais de peixes dentro dos limites brasileiros. Este é o caso da corvina, *Micropogonias furnieri*, de cinco localidades ao longo da costa brasileira (LUQUE et al. 2010). Estes autores identificaram com sucesso três grupos de localidades associadas com três estoques de *M. furnieri* no Brasil. Outros estudos comparam espécies de peixes da província biogeográfica brasileira, em especial a partir da região do Rio de Janeiro, com membros da mesma espécie do norte do mar argentino na província biogeográfica argentina. Estes estudos incluíram a pescada listrada, *Cynoscion guatucupa*, provenientes de amostras Brasil, Uruguai e Argentina, mostraram claramente a formação de dois estoques separando a população do Brasil das do Uruguai e Argentina.

A presença de parasitos de vida longa, tais como endo - helmintos larvais (anisaquídeos, corynosomas, trypanorhynchias), representaram uma alta proporção das diferenças entre as zonas. (TIMI et al. 2005). No trabalho de Timi et al. (2010) com michole-quati, *Pinguipes brasilianus*, parasitos foram utilizados para avaliar padrões de decaimento de similaridade com a distância entre as comunidades de cinco áreas no sudoeste do Atlântico, confirmando a ocorrência de padrões de decaimento com o aumento da distância para infracomunidades.

No estudo com xixarro, *Trachurus lathami* forneceu evidências que parasitos podem ser usados como marcadores biológicos para a discriminação de estoque no Atlântico Sul Ocidental. Com base nos encargos diferenciais de parasitos encontrados em diferentes latitudes e sua persistência temporal, eles também têm o potencial para rastrear migrações sazonais de peixes. (BRAICOVICH et al. 2012).

No trabalho com abrótea, *Urophycis brasiliensis* o potencial de parasitos como marcadores de ecossistema foi testado pela análise das comunidades de metazoários de amostras capturadas em quatro locais distribuídos em três ecorregiões, onde foi observada uma separação evidente de amostras em apoio das hipóteses existentes sobre a divisão ecorregional do sudoeste do Atlântico. (PEREIRA et al. 2014).

No mais recente trabalho com linguado, *Paralichthys isósceles*, três estoques foram identificados de amostras coletadas no Brasil (Cabo frio e Niterói) e Argentina (Necochea) observou-se que às melhores espécies discriminadoras em ambas as escalas espaciais foram representadas por parasitos inespecíficos, amplamente distribuídos entre as espécies de peixes da região.

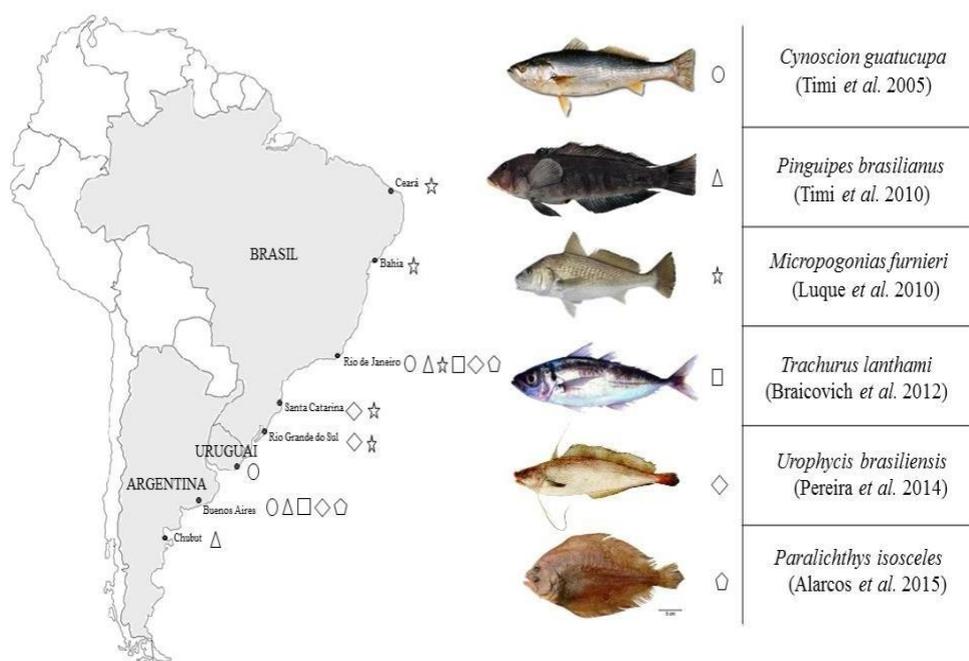


Figura.2: Peixes com estudos no Brasil com o uso de parasitos como discriminadores de estoques populacionais

Comprovando que parasitos constituem ferramentas valiosas a serem incluídos em futuros estudos de identificação de estoque, que podem, eventualmente, permitir estratégias pró-ativas de mitigação e de conservação para pesca artesanal em curta escala nas costas do sudoeste Atlântico, que estão enfrentando graves riscos de exploração excessiva e colapso. (ALARCOS *et al.* 2015)

2.8. Perspectivas e desafios

A perspectiva é de com essa metodologia de baixo custo associada a outro (s) métodos de discriminação de estoques como merísticos e moleculares entre outros por exemplo, possamos aumentar o conhecimento sobre os recursos pesqueiros do nosso vasto litoral, sua estrutura e dinâmica, e com isso implantar formas de manejo sustentável e estratégias de preservação dos mesmos. Contudo esbarramos na falta de profissionais qualificados, para tanto trabalho a ser feito, os atuais estudos sobre o tema no país, se restringem a um único grupo de estudo. Catalano *et al.* (2013) sugerem que uma abordagem mais holística e multidisciplinar deve ser estimulada, integrando os diversos campos de estudo, tais como genética molecular, biometria, histórias de vida (idade da primeira maturação, estrutura de tamanhos e padrões de crescimento), modelagem, análise Microquímica de otólito, estudos de etiquetas artificiais e inquéritos parasitológicos, para proporcionar uma visão mais profunda e mais robusta da estruturação de populações de organismos marinhos em contraste com estudos utilizando uma única abordagem.

Vários trabalhos foram publicados recentemente (WESTON et al. 2015; MACKENZI; HEMMINGSEN et al. 2014; LESTER, MOORE. 2014; MATTIUCI et al. 2014; MARCOGLIESE; JACOBSON, 2015.) Em vários continentes demonstrando a eficiência do método, enquanto no Brasil os estudos ainda são escassos demonstrando a necessidade de que mais pesquisadores se interessarem e se enveredarem por esse campo promissor, para pesquisa e para o Brasil em relação ao maior conhecimento para eficiente manejo de recursos pesqueiros e conservação de espécies ameaçadas.

2.9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCOS, A.J.; PEREIRA, A.N.; TABORDA, N.L.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasitological evidence of stocks of *Paralichthys isosceles* (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) at small and large geographical scales in South American Atlantic coasts. **Fisheries Research**. v. 173, p.221-228, 2016. doi:10.1016/j.fishres.2015.07.018
- AMARAL, A.C.Z.; JABLONSKI, S. Conservation of marine and coastal biodiversity in Brazil. **Conservation Biology**. v.19, p. 625–631, 2005.
- ANDERSON, M.J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology** v. 26, p.32–46, 2001. doi: 10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x
- ANON. Report of the Study Group on Stock Identification Protocols for Finfish and Shellfish Stocks. ICES C.M.1993/ M:3, 23 pp., 1993.
- ANON. Report of the Study Group on Stock Identification Protocols for Finfish and Shellfish Stocks. ICES C.M.1996/ M:1, Assess., 140 pp. 1996.
- BALDWIN, R.E.; BANKS, M.A.; JACOBSON, K.C. Integrating fish and parasite data as a holistic solution for identifying the elusive stock structure of Pacific sardines (*Sardinops sagax*). **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. v. 22, p. 137–156, 2012.
- BEGG, G.A.; WALDMAN, J.R. An holistic approach to fish stock identification. **Fisheries Research** v.43, p.35–44, 1999. doi: 10.1016/S0165-7836(99)00065-X.
- BOTSFORD, L.W.; BRUMBAUGH, D.R.; GRIMES, C.; KELLNER, J.B.; LARGIER, J.; O'FARRELL, M.R.; RALSTON, S.; SOULANILLE, E.; WESPESTAD, V. Connectivity, sustainability, and yield: bridging the gap between conventional fisheries management and marine protected areas. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** v. 19, p.69–95, 2009. doi: 10.1007/s11160-008-9092-z.
- BRAICOVICH, P.E.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Geographical patterns of parasite infracommunities in the rough scad, *Trachurus lathami* Nichols off southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Parasitology** v. 98, p. 768–771, 2012. doi: 10.1645/GE-2950.1.
- BRASIL. Diretrizes Ambientais para o Setor Pesqueiro. Diagnóstico e Diretrizes para a Pesca Marítima. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal**. 124 p. 1997.

- BUSH, A.O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M.; SHOSTAK A.W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **Journal of Parasitology** v. 83, p. 575–583, 1997.
- CANTATORE, D.M.P.; TIMI J.T. Marine parasites as biological tags in South American Atlantic waters, current status and perspectives. **Parasitology** v. 142, p. 5–24, 2015. doi: 10.1017/S0031182013002138
- CARVALHO, G.R.; HAUSER L. Molecular Genetics and the stock concept in fisheries. In: Carvalho G.R.; Pitcher T.J. (eds.). **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.4, p.326-350, 1994.
- CATALANO, S.R.; WHITTINGTON, I.D.; DONNELLAN, S.C.; GILLANDERS, B.M. Parasites as biological tags to assess host population structure: Guidelines, recent genetic advances and comments on a holistic approach. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. v. 3, p.220-226, 2014. doi:10.1016/j.ijppaw.2013.11.001
- CENTRO DE EXCELÊNCIA PARA O MAR BRASILEIRO (CEMBRA). Secretaria.Fernandes, prep. Lucimar Luciano de Oliveira. – 2. ed., rev. e ampl. Niterói, RJ : BHMN, 540 p. 2012.
- CLARKE, K.R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* v. 18, p. 117–143, 1993. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x.
- CLARKE, K.R.; SOMERFIELD, P.J.; GORLEY, R.N. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** v. 366, p. 56–69, 2008. doi: 10.1016/j.jembe.2008.07.009.
- CRISCIONE, C.D.; COOPER, B.; BLOUIN, M.S. Parasite genotypes identify source populations of migratory fish more accurately than fish genotypes. **Ecology** v. 87, p.823–828, 2006.
- DIAS-NETO, J.; MARRUL-FILHO, S. Síntese da situação da pesca extrativa marinha no Brasil. Brasília: Ibama. 2003.
- EVANS, D.; GRAINGER, R. Gathering data for resource monitoring and fisheries management. In **Handbook of Fish Biology and Fisheries**, V. 2 (ed. Hart, P. J. B. and Reynolds, J. D.), Blackwell Publishing, Oxford.p. 84–102, 2002.
- FLOETER, S.R.; KROHLING, W.; GASPARINI, J.L.; FERREIRA, C.E.L.; FERREIRA ILANA, R. Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. **Environment Biology Fish** v.78, p.147–160, 2007.
- HERRINGTON, W.C.; BEARSE, H.M.; FIRTH, F.E. Observations on the life history, occurrence and distribution of the redfish parasite *Sphyrion lumpi*. United States **Bureau of Fisheries Special Report**, No. 5 p.1–18, 1939.
- HILBORN, R.; WALTERS, C.J. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York. 1992.

- HUTSON, K.S.; BROCK, E.L.; STEER, M.A. Spatial variation in parasite abundance: evidence of geographical population structuring in southern garfish *Hyporhamphus melanochir* **Journal of Fish Biology** v. 78, p.166–182, 2011. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02849.x.
- IHSSEN, P.E.; BOOKE, H.E.; CASSELMAN, J.M.; MCGLADE, J.M.; PAYNE, N.R.; UTTER, F.M. Stock identification: materials and methods. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v.38, p.1838±1855, 1981.
- KABATA, Z. **Parasites as biological tags**. ICNAF Special Publication No. 4, p.31–37, 1963.
- KØIE, M. Digenetic trematodes from *Limanda limanda* (L.) (Osteichthyes, Pleuronectidae) from Danish and adjacent waters, with special reference to their life histories. **Ophelia** v. 22, p. 201–228, 1983.
- LESTER, R.J.G. Reappraisal of the use of parasites for fish stock identification. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research** v.41, p. 855–864, 1990.
- LESTER, R.J.G.; MACKENZIE K. The use and abuse of parasites as stock markers for fish. **Fisheries Research**. v. 97, p.1–2, 2009.
- LESTER, R.J.G.; MOORE B. Parasites as valuable stock markers for fisheries in Australasia, East Asia and the Pacific Islands. **Parasitology**. pp.1-18, 2014. doi:10.1017/S003118201400016X
- LESTER, R.J.G.; SEWELL, K.B.; BARNES, A.; EVANS, K. Stock discrimination of orange roughy *Hoplostethus atlanticus* by parasite analysis. **Marine Biology** v. 99, p. 57–63, 1988.
- LESTER, R.J.G.; THOMPSON, C.; MOSS, H.; BARKER, S.C. Movement and stock structure of narrow-barred Spanish mackerel as indicated by parasites. **Journal of Fish Biology** v. 59, p.833–842, 2001. doi: 10.1006/jfbi.2001.1696.
- LUQUE, J.L.; CORDEIRO, A.S.; OLIVA, M.E. Metazoan parasites as biological tags for stock discrimination of white mouth croaker *Micropogonias furnieri* from southwestern Atlantic Ocean waters. **Journal of Fish Biology** v. 76, p.591–600, 2010 doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02515.x.
- LUQUE, J.L.; MOUILLOT, D.; POULIN, R. Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. **Parasitology** v.128, p. 671–682, 2004. doi: 10.1017/S0031182004005050.
- MACKENZIE, K. Parasites as biological tags in fish population studies. **Advances in Applied Biology** v. 7, p.251–331, 1983.
- MACKENZIE, K. Parasites as indicators of host populations. **International Journal for Parasitology** v. 17, p.345–352, 1987.
- MACKENZIE, K. Parasites as pollution indicators in marine ecosystems: a proposed early warning system. **Marine Pollution Bulletin**. v.38, p.955–959, 1999.
- MACKENZIE, K. Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. **Parasitology** v.124, p. S153–S163, 2002.
- MACKENZIE, K.; ABAUNZA, P. Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. **Fisheries Research**. v.38, p.45–56, 1998.

- MACKENZIE, K.; BRICKLE, P.; HEMMINGSEN, W.; GEORGE-NASCIMENTO, M. Parasites of hoki, *Macruronus magellanicus*, in the southwest Atlantic and southeast Pacific oceans, with an assessment of their potential value as biological tags. **Fisheries Research**. v. 145, p.1- 5, 2013.
- MACKENZIE, K.; HEMMINGSEN, W. Parasites as biological tags in marine fisheries research: European Atlantic waters. **Parasitology**. p.1-14, 2014. doi:10.1017/S0031182014000341
- MACKENZIE, K.; LONGSHAW, M. Parasites of the hakes *Merluccius australis* and *M. hubbsi* in the waters around the Falkland Islands, southern Chile, and Argentina, with an assessment of their potential value as biological tags. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 52 (S1), p.213–224, 1995.
- MARCOGLIESE, D.J.; JACOBSON, K.C. Parasites as biological tags of marine, freshwater and anadromous fishes in North America from the tropics to the Arctic. v.142, p.68-89, 2015. doi:10.1017/S0031182014000110
- MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. Multivariate Analysis. Academic Press, New York, NY, USA. 1979.
- MATTIUCCI, S.; CIMMARUTA, R.; CIPRIANI, P.; ABAUNZA, P.; BELLISARIO, B.; NASCETTI, G. Integrating parasites data and host genetic structure in the frame of an holistic approach for stock assessment in Mediterranean Sea fish species. **Parasitology**. p.1-19, 2014. doi:10.1017/S0031182014001103
- MCGLINLEY, M. Topic E. East Brazil Shelf large marine ecosystem. In: Cleveland CJ, ed. Encyclopedia of Earth. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, **National Council for Science and the Environment**, Available: http://www.eoearth.org/article/East_Brazil_Shelf_large_marine_ecosystem. 2008.
- MILOSLAVICH, P.; KLEIN, E.; DÍAZ, J.M.; HERNÁNDEZ, C.E.; BIGATTI, G.; CAMPOS, L.; ARTIGAS, F.; CASTILLO, J.; PENCHASZADEH, P.E.; NEILL, P.E.; CARRANZA, A.; RETANA, M.V.; ASTARLOA, J.M.D.; LEWIS, M.; YORIO, P.; PIRIZ, M.L.; RODRIGUEZ, D.; YONESHIGUE-VALENTIN, Y.; GAMBOA, L.; MARTIN, A. Marine Biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: Knowledge and Gaps. **PLoS ONE** v. 6(1): e14631, 2011. doi:10.1371/journal.pone.0014631
- MMA. Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental. 2006a.
- MMA. Probio: dez anos de atuação = PROBIO: ten years of activities/Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 156 p. 2006b.
- MPA. 1ª Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2014.
- MOORE, B.R. Movement, connectivity and population structure of a large, non-diadromous, tropical estuarine teleost. PhD thesis. James Cook University, Townsville, Queensland, Australia. Speare, P. (1995). Parasites as biological tags

- for sailfish *Istiophorus platypterus* from east coast Australian waters. **Marine Ecology Progress Series** v.118, p.43–50, 2011.
- MOORE, B.R.; BUCKWORTH, R.C.; MOSS, H.; LESTER, R.J.G. Stock discrimination and movements of narrow-barred Spanish mackerel across northern Australia as indicated by parasites. **Journal of Fish Biology** v.63, p.765–779, 2003. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00190.x.
- MOORE, B.R., WELCH, D.J.; NEWMAN, S.J.; LESTER, R.J.G. Parasites as indicators of movement and population connectivity of a non-diadromous, tropical estuarine teleost: king threadfin *Polydactylus macrochir*. **Journal of Fish Biology** v.81, p.230–252, 2012. doi: 10.1111/j.1095-8649.2012.03335.x.
- MOSER, M. Parasites as biological tags. **Acta Parasitologica**. v.7, p.182–185, 1991.
- MOSQUERA, J.; DE CASTRO, M.; GOMEZ-GESTEIRA, M. Parasites as biological tags of fish populations: advantages and limitations. **Comment. Theor. Biology**. v.8, p.69–91. 2003
- MOSQUERA, J.; DE CASTRO, M.; GOMEZ-GESTEIRA, M.; PÉREZ-VILLAR, V. Using Parasites as Biological Tags of Fish Populations: A Dynamical Model. **Bulletin of Mathematical Biology**. v.62, p.87-99, 2000.
- MULLON, C., FRÉON, P.; CURY, P. The dynamics of collapse in world fisheries. **Fish and Fisheries** v.6, p.111–120, 2005. doi: 10.1111/j.1467-2979.2005.00181.x.
- OLIVA, M.E. Is *Anisakis simplex* s.l. a biological marker for stock identification of *Strangomera bentincki* from Chile? **Journal. Fish. Biology** v.83, p.412–416, 2013.
- PAULY, D.; CHRISTENSEN, V.; GUÉNETTE, S.; PITCHER, T.J.; SUMAILA, J.R.; WALTERS, C.J.; WATSON, R.; ZELLER, D. Towards sustainability in world fisheries. **Nature** v.418, p.689–695, 2002. doi: 10.1038/nature01017.
- PEREIRA, A.N.; PANTOJA, C.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasites of *Urophycis brasiliensis* (Gadiformes: Phycidae) as indicators of marine ecoregions in coastal areas of south American Atlantic. **Parasitology Research** v. 113, p. 4281-4292, 2014. doi: 10.1007/s00436-014-4106-3
- POULIN, R. Toxic pollution and parasitism in freshwater fish. **Parasitology Today** v.8, p.58–61, 1992.
- POULIN, R.; KAMIYA, T. Parasites as biological tags of fish stocks: a meta analysis of their discriminatory power. **Parasitology** p.1–11, 2013. <http://dx.doi.org/10.1017/S0031182013001534>.
- POULIN, R.; MORAND, S. The diversity of parasites. Quarter. **Revista. Biologia**. v.75, p.277– 293, 2000.
- PEREIRA, A.N.; PANTOJA, C.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasites of *Urophycis brasiliensis* (Gadiformes: Phycidae) as indicators of marine ecoregions in coastal areas of the South American Atlantic with the assessment of their stocks. **Parasitology Research** v.113, p.4281–4292, 2014. doi: 10.1007/s00436-014-4106-3
- PEREZ, J.Á. Áreas de exclusão de pesca demersal em áreas profundas da costa brasileira. In: Prates AP, Blanc D, eds. Áreas aquáticas protegidas como instrumento de

- gestão pesqueira. Série Áreas Protegidas do Brasil, 4. Brasília: MMA/SBF. p 211–225, 2007.
- PRESCOTT, J.R.V. The political division of large marine ecosystems in the Atlantic Ocean and some associated seas. In: Sherman K, Alexander KM, eds. Biomass Yields and Geography of Large Marine Ecosystems. AAAS Selected Symposium 111. Boulder: Westview Press. pp 395–442. 1989.
- QUINTEIRO, P. Helminhos parásitos de peques de las costas gallegas. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. 243 pp. 1990.
- SARDELLA, N.H.; TIMI, J.T. Parasites of Argentine hake in the Argentine Sea: population and infracommunity structure as evidences for host stock discrimination. **Journal of Fish Biology**. v.65, p. 1472–1488, 2004.
- SEWELL, K.B.; LESTER, R.G.J. Stock composition and movement of gemfish, *Rexea solandri*, as indicated by parasites. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 52, p. 225–232, 1995.
- SINDERMANN, C.J. Parasite tags for marine fish. **Journal of Wildlife Management**. v. 25, p. 41–47 1961.
- SINDERMANN, C. J. Parasites as natural tags for marine fish: a review. NAFO **Scientific Council Studies** v. 6, p.63–7, 1983.
- SINDERMANN, C.J. Principal Diseases of Marine Fish and Shellfish, 1, 2nd ed. Academic Press, San Diego. 521 pp., 1990.
- SLATKIN, M. Gene flow and the geographic structure of natural populations. **Science** v.236, p.787–792, 1987.
- SPALDING, M.D.; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A.; FINLAYSON, M.A.X.; ROBERTSON, J. A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **Bioscience** v. 57, p.573- 583, 2007.
- TABACHNICK, B.G.; FIDELL, L.S. Using Multivariate Statistics. 4 ed. Boston: Allyn and Bacon, 2001.
- TEMPLEMAN, W. Stock discrimination in marine fishes. NAFO **Science Council Studies**. v.6, p.57-62, 1983.
- THRESHER, R.E. Elemental composition of otoliths as a stock delineator in fishes. **Fisheries Research** v.43, p.165–204, 1999. doi: 10.1016/S0165- 7836(99)00072-7.
- TIMI, J.T. Parasites of Argentine anchovy in the south-west Atlantic: latitudinal patterns and their use for discrimination of host populations. **Journal of Fish Biology** v.63, p. 90–107, 2003.
- TIMI, J.T. Parasites as biological tags for stock discrimination in marine fish from South American Atlantic waters. **Journal of Helminthology**. v.81, p. 107–111, 2007.
- TIMI, J.T.; LANFRANCHI, A.L.; ETCHEGOIN, J.A.; CREMONTE, F. Parasites of the Brazilian sandperch, *Pinguipes brasiliensis* Cuvier: a tool for stock discrimination in the Argentine Sea. **Journal of Fish Biology**. v.72, p. 1332–1342, 2008.
- TIMI, J.T.; LANFRANCHI, A.L.; ETCHEGOIN, J.A. Seasonal stability and spatial variability of parasites in Brazilian sandperch from the northern Argentine sea:

- evidence for stock discrimination. **Journal of Fish Biology**. v.74 p.1206–1225, 2009.
- TIMI, J.T.; LANFRANCHI, A.L.; LUQUE, J.L. Similarity in parasite communities of the teleost fish *Pinguipes brasilianus* in the southwestern Atlantic: infracommunities as a tool to detect geographical patterns. **International Journal for Parasitology** v.40, p.243–254, 2010. doi: 10.1016/j.ijpara.2009.07.006.
- TIMI, J.T.; LUQUE, J.L.; SARDELLA, N.H. Parasites of *Cynoscion guatucupa* along South American Atlantic coasts: evidence for stock discrimination. **Journal of Fish Biology** v.67, p.1603–1618, 2005. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00867.x.
- ZISCHKE, M.T.; GRIFFITHS, S.P.; TIBBETTS, I.R.; LESTER, R.J.G. Stock identification of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Pacific and Indian Oceans using morphometrics and parasites. **ICES Journal of Marine Science** v.70, p.164–172, 2013. doi: 10.1093/icesjms/fss164.
- WARD, P.; CATON, A. Why tag and release tunas? **Australian Fisheries** v.51, p.6–8, 1992.
- WILLIAMS, H.H.; MACKENZIE, K.; MCCARTHY, A.M. Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**. v.2, p.144–176, 1992.
- WORM, B.; BRANCH, T.A. The future of fish. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 27, N. 11, 2012.

3. CAPITULO II

RESUMO

SOARES, Iris Aparecida. **As guildas de parasitos de *Pagrus pagrus* como indicadores da sua biogeografia**. 2018. 59p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Parasitologia Veterinária) Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

As comunidades de parasitos do pargo rosa *Pagrus pagrus* do Atlântico Sudeste foram analisadas com o objetivo de identificar a existência de diferentes estoques desse hospedeiro e avaliar comparativamente o valor de diferentes guildas de parasitos como indicadores de regiões zoogeográficas. Um total de 186 peixes examinados. As amostras foram obtidas de três localidades brasileiras e argentinas, distribuídas em três diferentes regiões biogeográficas da província zoogeográfica Argentina. *Pagrus pagrus* abrigava 26 espécies de parasitos distribuídas em três guildas, ectoparasitos (10 espécies), endoparasitos larvais de longa duração e endoparasitos gastrointestinais de curta duração (8 espécies cada). Os valores de prevalência e abundância das duas guildas formadas permitiram analisá-las comparativamente para avaliar seu desempenho como indicadores biológicos tanto da estrutura da população do hospedeiro quanto da zoogeografia. Os resultados das análises sobre parasitos de longa duração evidenciaram a existência de estoques, um na região do Rio de Janeiro e São Paulo, outro no sul do Brasil (Rio Grande do Sul) e um terceiro no norte da Argentina (Mar del Plata), correspondendo as diferentes condições ambientais características das três ecoregiões zoogeográficas. As assembleias de ectoparasitos apresentaram diferenças significativas entre todos os pares de amostras, incluindo as consideradas como estoque único de acordo com dados de parasitos persistentes. As comunidades de larvas de parasitos de longa duração são consideradas como melhores indicadores para fins de avaliação de estoque que ectoparasitos, cujos parâmetros de população são variáveis temporárias e heterogêneas em pequenas escalas espaciais. A variabilidade distributiva de parasitos persistentes de *P. pagrus* ao longo de grandes escalas fornece informações valiosas para ajudar a definir padrões biogeográficos robustos, aplicáveis à identificação de estoque e ao manejo da pesca desta espécie.

Palavras-chaves: pargo rosa, comunidades de parasitos, indicadores biológicos, sudeste do Atlântico, Argentina, Brasil.

ABSTRACT

SOARES, Iris Aparecida. **The parasite guilds of *Pagrus pagrus* as indicators of their biogeography.** 2018. 59p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias, Parasitologia Veterinária) Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Parasite assemblages of the red porgy *Pagrus pagrus* inhabiting the southwestern Atlantic were analysed with the aims of identify the existence of different stocks of this host and to assess comparatively the value of different parasite guilds as indicators of zoogeographical regions. A total of 186 fish was examined. Samples were obtained from three Brazilian and one Argentine localities, distributed in three different biogeographic districts of the Argentine Zoogeographical Province. *Pagrus pagrus* harboured 26 parasite species distributed in three guilds, ectoparasites (10 species), long-lived larval endoparasites and short-lived gastrointestinal endoparasites (8 species each). Prevalence and abundance values of the former two guilds allowed analysing them comparatively to assess their performance as biological indicators of both host population structure and zoogeography. Results of analyses on long-lived parasites evidenced the existence of stocks, one in the region of Rio de Janeiro and Sao Paulo, other in southern Brazil (Rio Grande do Sul) and a third in northern Argentina (Mar del Plata), responding to the differential environmental conditions characteristic of three zoogeographical ecoregions. Ectoparasite assemblages exhibited significant differences between all pairs of samples, including those considered as a single stock according data on persistent parasites. Assemblages of long-lived larval parasites are considered as better indicators for stock assessment purposes than ectoparasites, whose population parameters were variable temporally and heterogeneous at small spatial scales. The distributional variability of persistent parasites of *P. pagrus* along large scales provides valuable information to help defining robust biogeographical patterns, applicable to stock identification and fishery management of this species.

Keywords: red porgy, parasite assemblages, biological indicators, southwestern Atlantic, Argentina, Brazil.

3.1. INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, houve uma explosão de estudos que documentam padrões geográficos em larga escala de biodiversidade, buscando explicá-los e explorando suas implicações. Muitos desses estudos foram motivados por necessidades crescentes para identificar os esquemas mais efetivos de conservação e uso sustentável (GASTON 2000). A maior parte das pesquisas biogeográficas em ambientes marinhos se concentraram em táxons de vida livre, enquanto a biogeografia de parasitos marinhos é praticamente desconhecida, especialmente em grandes escalas espaciais (ROHDE 2002; POULIN et al., 2011; REVERTER et al., 2017).

Apesar de os parasitos serem componentes onipresentes das comunidades marinhas e têm sido cada vez mais utilizados como indicadores da distribuição do hospedeiro e da estrutura da população para fins pesqueiros (TIMI; MACKENZIE 2015), poucos estudos tentaram usar parasitos como indicadores de regiões zoogeográficas no ambiente marinho (ROHDE 2002).

Entre esses estudos em larga escala, alguns conseguiram usar parasitos marinhos como indicadores de rotas antigas de dispersão e barreiras oceânicas (HAYWARD 1997; ROHDE; HAYWARD 2000), mas outros estudos baseados nas análises de várias relações filogenéticas de espécies de peixes, de seus ectoparasitos ou baseadas apenas em dados de presença / ausência, não conseguiram encontrar um padrão de distribuição dos parasitos nas regiões zoogeográficas conhecidas (BYRNES; ROHDE 1992; GONZÁLEZ; MORENO 2005; MARQUES et al., 2009).

Por outro lado, estudos com base em todos os parasitos de *Hippoglossus stenolepis* do Nordeste do Pacífico (BLAYLOCK et al., 1998) e apenas endoparasitos de *Sebastes capensis* do Sudeste do Pacífico (GONZÁLEZ et al., 2006) foram capazes de definir regiões zoogeográficas congruentes com aquelas anteriormente estabelecidas com base na distribuição de organismos de vida livre nas costas do Pacífico da América do Norte e do Sul. No entanto BLAYLOCK et al. (2003) em um trabalho semelhante com *H. stenolepis* encontraram padrões que concordaram apenas parcialmente com aqueles identificados por BLAYLOCK et al. (1998), atribuindo essas diferenças à inclusão de espécies de parasitos de curta duração na análise anterior.

Mais recentemente, o potencial de parasitos de peixes como fontes de informação para identificar regiões zoogeográficas no sudeste do Atlântico foi proposto por Cantatore e Timi (2015), com base em dados de parasitos de longa duração e de baixa especificidade de hospedeiro encontrados em várias espécies de peixes pertencentes a diferentes famílias. Da mesma forma, Pereira et al. (2014), Lanfranchi et al. (2016) e Braicovich et al. (2017) descobriram que esses parasitos podem ser utilizados como indicadores de ecoregiões e de níveis mais altos de classificações biogeográficas na mesma região.

Todos esses estudos no Atlântico Sudeste restringiram suas análises à guildas de parasitos de longa duração, que persistem por longos períodos ou mesmo por toda a vida dos hospedeiros, diminuindo os possíveis efeitos das variações temporais a curto prazo sobre as cargas parasitárias (CANTATORE; TIMI 2015; BRAICOVICH et al., 2016). Guilda é o conjunto de espécies que apresentam nichos semelhantes, refletindo a estruturação de comunidades (SIMBERLOFF; DAYAN, 1991). No entanto, a utilidade

de outras guildas de parasitos ainda precisa ser abordada, em particular para ectoparasitos, que geralmente são hospedeiro específicos e desenvolvem ciclos de vida diretos.

Uma maneira de avaliar o valor de diferentes guildas de parasitos como indicadores biogeográficos é analisar comparativamente sua distribuição no mesmo conjunto de hospedeiros, o que exigiria que as diferentes guildas estivessem presentes em encargos consideráveis.

Entre as espécies de teleósteos pesquisadas para parasitos no sudeste do Atlântico, o pargo rosa *P. pagrus* apresentou cargas elevadas de ectoparasitos em termos de riqueza e abundância de espécies, bem como um bom número de larvas de vida longa e pouco específicas (SOARES; LUQUE 2015), previamente identificados como marcadores de unidades zoogeográficas para outras espécies de peixes. Ao longo da área de distribuição no Atlântico Sudeste, os desembarques comerciais de pargo rosa atingem milhares de toneladas é um recurso abundante em algumas áreas onde é explorada intensamente: em fundos rochosos ao longo de Cabo Frio, no Estado do Rio de Janeiro e em biodetrítica, prateleiras ao sul do Rio Grande no Brasil (ÁVILA DA SILVA; HAIMOVICI 2006) e associadas aos fundos biodetríticos e bancos de mexilhões ao sul de Mar del Plata, na Argentina (COUSSEAU; PERROTTA 2013). Conseqüentemente, este hospedeiro fornece um excelente sistema de estudos comparativos de distribuições de guildas de parasitos e para avaliar seu valor relativo como indicadores biológicos.

O objetivo deste trabalho é, portanto, duplamente: (1) avaliar comparativamente o valor de diferentes guildas de parasitos como indicadores de regiões zoogeográficas no sudeste do Atlântico e com base em suas guildas (2) para identificar a existência de diferentes estoques de *P. pagrus* nesta região.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Amostragem de peixes e parasitos

Um total de 186 espécimes de *Pagrus pagrus*, distribuídos em quatro amostras de diferentes localidades no sudeste do Atlântico, foi examinado para parasitos (Fig. 1, Tabela 1). Todos os peixes foram obtidos a partir de capturas comerciais.

De acordo com sua localização geográfica, as amostras foram atribuídas em diferentes regiões biogeográficas da Província Zoogeográfica Argentina (MENNI et al., 2010): as do Rio de Janeiro e São Paulo pertencem a região do sul do Brasil; as amostras de Mar del Plata pertencem à região Bonaerense (ou as ecoregiões do Sudeste do Brasil e Prateleira Uruguai-Buenos Aires de Spalding et al. (2007), respectivamente). Finalmente, a amostra do Rio Grande do Sul corresponde ao limite entre as regiões Bonaerense e sul do Brasil (MENNI et al., 2010) ou a ecoregião chamada Rio Grande por Spalding et al. (2007).

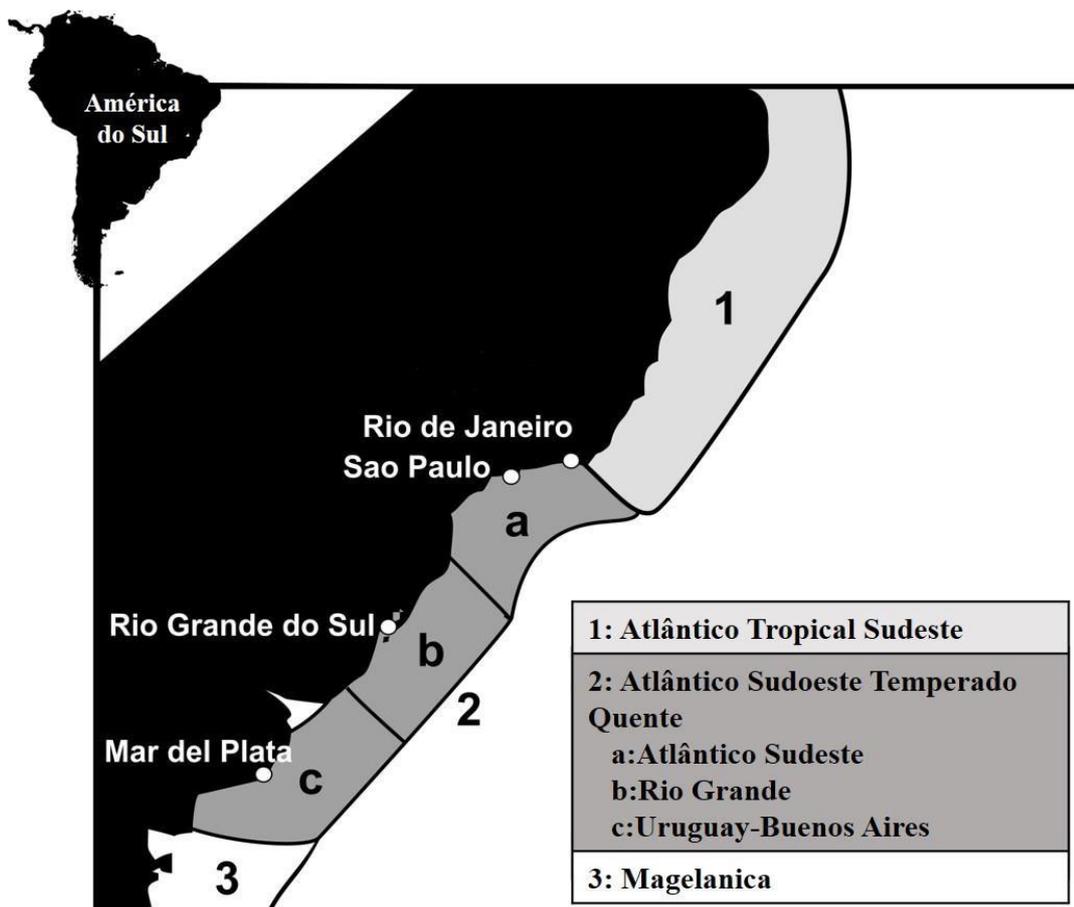


Fig. 1 Area de estudo, localidades de amostragem e províncias biogeográficas e ecoregiões adaptadas de Spalding et al. (2007).

Os peixes foram mantidos frescos ou congelados em sacos de plástico a -18°C até o exame. Após o descongelamento, o comprimento total foi medido (CT, cm). Os parasitos foram recuperados da superfície do corpo, brânquias, poros do sistema sensorial cefálico, cavidades branquiais e corporais e vísceras (estômago, intestino, fígado, gônadas e mesentérios) após exame sob um microscópio estereoscópico.

3.2.2 Descritores de população e comunidade

A prevalência e a abundância média para cada espécie de parasito em cada localidade foram calculadas seguindo Bush et al. (1997). Os parasitos foram agrupados em três guildas, ectoparasitos, endoparasitos de longa vida (espécies de larvas encontradas nos tecidos ou cavidades do corpo) e endoparasitos de curta duração (estágios adultos e larvais que vivem no intestino).

Análise de similaridade

A similaridade na composição das espécies de parasitos foi calculada nos níveis de infracomunidade e comunidade componente. Os índices de similaridade de Bray-Curtis (MAGURRAN 1988) foram calculados sobre a abundância de parasitos entre todos os possíveis pares de hospedeiros (infracomunidades) de diferentes zonas para cada grupo de parasitos. Como muitos peixes não foram parasitados em algumas amostras, dependendo da guilda de parasitos, foram utilizadas matrizes de similaridade de Bray-Curtis ajustadas em zero (CLARKE et al., 2006). Ao nível das comunidades

componentes, os índices de similaridade de Bray-Curtis foram calculados sobre valores de prevalência e abundância média entre todos os possíveis pares de amostras.

Devido às grandes diferenças nas cargas de parasitos em todas as espécies de parasitos, os dados foram transformados por raiz quadrada antes de todas as análises, a fim de diminuir a importância de espécies muito prevalentes / abundantes, de modo que as espécies menos dominantes desempenharam algum papel na determinação da semelhança entre as amostras (CLARKE e GORLEY 2015)

Para avaliar se a origem geográfica das amostras pode ou não ser diferenciada com base nos valores de abundância de seus parasitos, a escala multidimensional não métrica (nMDS) da matriz de similaridade de Bray-Curtis foi realizada entre todas as infracomunidades de cada guilda e suas diferenças centroides foram visualizadas por meio da média do bootstrap (CLARKE e GORLEY 2015), que é baseada em repetição porrepetida (com substituição, 50 interações) do conjunto de dados original; os valores médios são então visualizados em um nMDS usando tantas dimensões quanto necessário para se adequar a matriz de distância original (coeficiente de correlação de rho = 0,99). O ajuste das ordenações do MDS foi quantificado por um valor de estresse.

A diferenciação dos centroides do grupo foi testada adicionalmente usando uma análise multivariada de permutação unidirecional da variância (PERMANOVA, Anderson et al., 2008), introduzindo o tamanho do hospedeiro como covariável (modelo ANCOVA). Foram comparadas as estruturas das infracomunidades de parasitos entre amostras (design fatorial 1x4, "amostra" como fator fixo), testando os efeitos principais após 9999 permutações e subseqüentes comparações pós-pareadas em pares. Seguindo Anderson et al. (2008) foi utilizada uma permutação de resíduos sob modelo reduzido como método de permutação. A soma sequencial de quadrados (Tipo I SS) foi aplicada porque o comprimento do hospedeiro foi introduzido como covariável e as amostras foram desequilibradas (diferentes números de peixes examinados por amostra). Como PERMANOVA é sensível às diferenças na dispersão multivariada entre os grupos (homogeneidade sensu de desvios, que podem aumentar o erro do Tipo I mesmo quando os centroides têm locais idênticos), os mesmos modelos foram testados quanto a diferenças na dispersão usando a rotina PERMDISP (ANDERSON et al., 2008). As dispersões foram medidas como distância para o centroide, e cada termo na análise foi testado usando 9999 permutações.

As análises de PERMANOVA, com base em distâncias euclidianas, foram utilizadas para comparar o comprimento total dos hospedeiros nas amostras (design fatorial 1x4, 'amostra' como fator fixo), testando os efeitos principais após 9999 permutações e subseqüentes comparações pós-hoc de pares usando permutação irrestrita de dados brutos como método de permutação (ANDERSON et al., 2008).

No nível da comunidade componente, foram realizadas análises de escala multidimensional não métricas (nMDS) (CLARKE e GORLEY 2015) Foi utilizado o índice de similaridade de Bray-Curtis em ambos dados de prevalência e abundância média para visualizar possíveis padrões geográficos na composição dos grupos de parasitos através das amostras. Apenas as espécies de parasitos com prevalência superior a 1 em pelo menos uma das amostras foram incluídas nas análises. Um agrupamento hierárquico aglomerativo foi aplicado para as comunidades de componentes usando ligação média de grupo, e os níveis de semelhança foram sobrepostos sobre a trama MDS (CLARKE e GORLEY 2015).

Todas as medidas de similaridade e distância, bem como MDS e análises de agrupamento foram implementadas no pacote PERMANOVA + para PRIMER (ANDERSON et al., 2008).

3.3. RESULTADOS

Resultados gerais

As amostras de pargo rosa do RJ e MP foram respectivamente os menores e maiores, em relação, as das regiões centrais (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das amostras de *Pagrus pagrus* em quatro localidades, ordenadas pelo aumento de latitude, do Atlântico Sudeste.

Local/Siglas	Local código	Latitude e Longitude do local de desembarque	Data de captura	n	Comprimento Total \pm DP (rank) (cm)
Rio de Janeiro	RJ	22°50'S 41°58'W	09/2014	37	20,0–38,0 \pm 6,0
Sao Paulo	SP	23°26'S, 45°02'W	07/2012	61	29,0–36,0 \pm 1,8
Rio Grande do Sul	RS	32°28'S 51°56'W	08/2015	50	24,0–45,3 \pm 6,6
Mar del Plata	MP	38°20'S, 56°40'W	03/2016	38	33,0–50,5 \pm 4,6

De fato, os comprimentos médios dos hospedeiros foram significativamente diferentes entre as amostras (Tabela 2), sendo a maioria dos pares de amostras significativamente diferentes entre si ($P < 0,01$) com exceção de SP e RS ($P > 0,05$).

Tabela 2. Resultados de PERMANOVA com um fator que compararam o comprimento total de *Pagrus pagrus* e a abundância transformada por raiz quadrada, com o comprimento total do hospedeiro como covariável, de duas guildas de seus parasitos em quatro localidades do Atlântico Sudeste. *P*-valores obtidos após 9999 permutações

Variavel resposta	Fonte	d.f.	SS	MS	<i>Pseudo F</i>	<i>P (perm)</i>
Comprimento total peixe (Dintância Euclideana)	Local	3	2794.9	931.64	38.641	<0.001
	Residual	180	4339.8	24.11		
	Total	183	7134.7			
Endoparasitos longa duraçã (Bray-Curtis dissimilaridade))	Tam Hosp	1	70695	70695	87.343	<0.001
	Local	3	66250	22083	27.284	<0.001
	Tam Hosp. local	3	25465	8488.40	10.487	<0.001
	Residual	176	1.42e ⁵	809.39		
	Total	183	3.05e ⁵			
Ectoparasitos (Bray-Curtis dissimilaridad	Tam Hosp	1	34508	34508	32.145	<0.001
	Local	3	1.4088e ⁵	46959	43.745	<0.001
	Tam Hosp local	3	12366	4122	3.840	<0.001
	Residual	176	1.8893e ⁵	1073.5		
	Total	183	3.7668e ⁵			

A fauna parasitária de *P. pagrus* compreendeu 26 espécies de parasitos, a maioria delas (23 espécies) presentes em MP, enquanto a menor riqueza de espécies foi observada em amostras brasileiras, 14 em RJ, 10 em SP e 13 RS. Entre elas, os ectoparasitos foram a guilda mais rica em espécies em todas as localidades, sendo representados por valores semelhantes (8-10 espécies) entre amostras (Fig. 2a), enquanto que o menor número de espécies foi observado para parasitos de curta duração. Por outro lado, os hospedeiros de MP contiveram a comunidade componente mais rica para todas as guildas. Resultado Similar foi observado em relação à riqueza de espécies das infracomunidades (Fig. 2b), embora, neste caso, a riqueza média de ectoparasitos foi consideravelmente maior em MP.

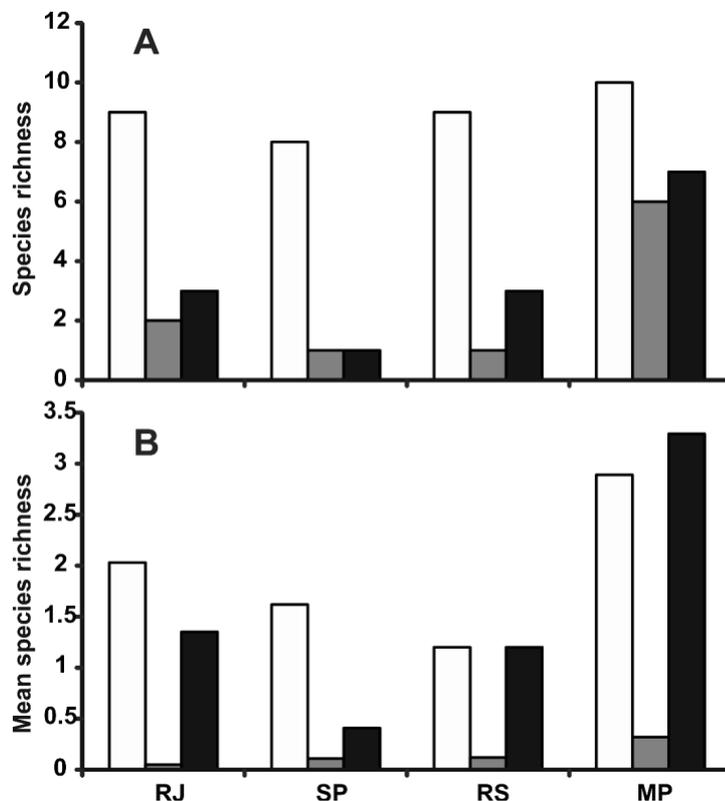


Fig. 2 Riqueza de espécies de três guildas de parasitos de *Pagrus pagrus* em quatro amostras ao longo da costa atlântica da América do Sul. **A**: riqueza de espécies da comunidade componente; **B**: significa riqueza de espécies na infracomunidade. Barras brancas: ectoparasitos; barras cinzentas: endoparasitos de curta duração; barras pretas: endoparasitos de longa duração. RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo, RS: Rio Grande do Sul; MP: Mar del Plata.

O número médio de espécies de endoparasitos de longa duração foi extremamente baixo em todas as amostras, resultado da baixa prevalência mostrada para a maioria das espécies entre as amostras (Tabela 3). O único táxon encontrado em alta prevalência foi as espécies de cestoda do complexo de *Scolex polymorphus* encontrado apenas em MP. Devido à impossibilidade de identificar estas larvas de cestoda em nível específico, bem como ao fato de que a maioria dos hospedeiros estavam desprovidos de endoparasitos de curta duração, os membros desta guilda foram excluídos das análises subsequentes, que, portanto, foram baseadas em um conjunto de 18 espécies. Embora a metade dessas espécies estivesse presente em todas as localidades, sendo a maioria delas ectoparasitos, os padrões em termos de prevalência e abundância média de parasitos, variaram entre as comunidades componentes das zonas consideradas (Tabela 3).

Tabela 3: Prevalência (P) e abundância média (MA) de parasitos de *Pagrus pagrus* em quatro amostras da costa do sudeste do Atlântico.

Parasito	Guilda	Estagio	Rio de Janeiro		Sao Paulo		Rio Grande do Sul		Mar del Plata	
			P	MA (rank)	P	MA (rank)	P	MA (rank)	P	MA (rank)
Monogenea										
<i>Encotyllabe spari</i>	Ec	Adulto	75,68	2,30 (0-10)	100	8,88 (0-32)	4,00	0,04 (0-1)	2,63	0,03 (0-1)
<i>Anoplodiscus longivaginatius</i>	Ec	Adulto	5,40	0,19 (0-4)	11,47	0,20 (0-4)	6,00	0,08 (0-2)	23,68	0,74 (0-13)
<i>Echinopelma brasiliensis</i>	Ec	Adulto	13,51	0,14 (0-1)	29,51	0,46 (0-4)	20,00	0,36 (0-4)	5,26	0,05 (0-1)
<i>Lamellogadus baeri</i>	Ec	Adulto	5,40	0,08 (0-2)	18,03	1,11 (0-30)	8,00	0,22 (0-8)	97,37	22,03 (0-60)
<i>Polyabroides multispinosus</i>	Ec	Adulto	5,40	0,05 (0-1)	1,64	0,02 (0-1)	8,00	0,10 (0-2)	15,79	0,55 (0-10)
Digenea										
<i>Parahemiurus merus</i>	Se	Adulto	2,70	0,03 (0-1)	9,84	0,46 (0-11)	12,00	0,14 (0-2)	-	-
<i>Aponurus laguncula</i>	Se	Adulto	-	-	-	-	-	-	7,89	0,08 (0-1)
<i>Lecithochirium microstomum</i>	Se	Adulto	-	-	-	-	-	-	7,89	0,08 (0-1)
<i>Ectenurus virgulus</i>	Se	Adulto	-	-	-	-	-	-	2,63	0,05 (0-2)
<i>Pachycreadium gastrocotylum</i>	Se	Adulto	-	-	-	-	-	-	10,53	0,66 (0-15)
<i>Otodistomum</i> sp.	Le	Metacercaria	-	-	-	-	-	-	7,89	0,08 (0-1)

Cestoda											
<i>Grillotia carvajalregorum</i>	Le	Plerocercus	-	-	-	-	12,00	8,10 (0-327)	89,47	127,18 (0-1026)	
<i>Scolex polymorphus</i>	Se	Plerocercoide	-	-	-	-	-	-	52,63	3920,29 (0-11546)	
Acantocefala											
<i>Corynosoma australe</i>	Le	Juvenil	-	-	-	-	36,00	36,34(0-648)	100	200,10 (8-1165)	
Nematoda											
<i>Hysterothylacium</i> sp.	Le	Larva III	89,19	22,32 (0-142)	93,44	24,44 (0-150)	72,00	34,12 (0-347)	100	118,37 (3-443)	
<i>Raphidascaris</i> sp.	Le	Larva III	29,73	2,54 (0-26)	-	-	-	-	-	-	
<i>Anisakis simplex</i> s.l.	Le	Larva III	16,22	0,27 (0-3)	-	-	-	-	23,78	0,47 (0-4)	
<i>Contracaecum</i> sp.	Le	Larva III	-	-	-	-	-	-	5,26	0,16 (0-4)	
<i>Terranova</i> sp.	Le	Larva III	-	-	-	-	-	-	2,63	0,03 (0-1)	
<i>Cucullanus protrudens</i>	Se	Adulto	2,70	0,03 (0-1)	-	-	-	-	-	-	
<i>Ascarophis</i> sp.	Se	Larva	-	-	-	-	-	-	2,63	0,03 (0-1)	
Copepoda											
<i>Clavellotis pagri</i>	Ec	Adulto	16,22	0,24 (0-3)	32,79	0,74 (0-8)	18,00	0,24 (0-3)	36,84	0,95 (0-8)	
<i>Lernanthropus caudatus</i>	Ec	Adulto	16,22	0,41 (0-6)	8,20	0,16 (0-4)	6,00	0,22 (0-8)	18,42	0,63 (0-6)	
<i>Colobomatus pagri</i>	Ec	Adulto	43,24	1,16 (0-5)	-	-	14,00	0,22 (0-3)	73,68	1,39 (0-6)	

<i>Pseudoecanthus</i> sp.	Ec	Adulto	-	-	-	-	-	-	5,26	0,08 (0-2)
---------------------------	----	--------	---	---	---	---	---	---	------	------------

Isopoda

Gnathiidae gen. sp.	Ec	Praniza	21,62	0,32 (0-3)	9,84	0,79 (0-19)	36,00	5,22 (0-48)	10,53	0,11 (0-1)
---------------------	----	---------	-------	------------	------	-------------	-------	-------------	-------	------------

Ec: ectoparasitos; Le: endoparasitos Longa duração; Se: endoparasitoscurta duração

Análises de similaridade

A ordenação nMDS baseada em bootstrap (Fig. 3a) de parasitos de longa duração mostrou um padrão aparente de separação entre amostras, com baixo nível de estresse (0,04). De fato, as assembleias de parasitos de MP foram claramente separadas das do Brasil, com RJ e SP aparentemente compondo um único grupo. Uma imagem semelhante foi observada quando ectoparasitos de curta duração foram analisados (nível de estresse = 0,02) (Fig. 3b). No entanto, neste caso, infracomunidades do RJ resultaram equidistantes das outras duas amostras brasileiras.

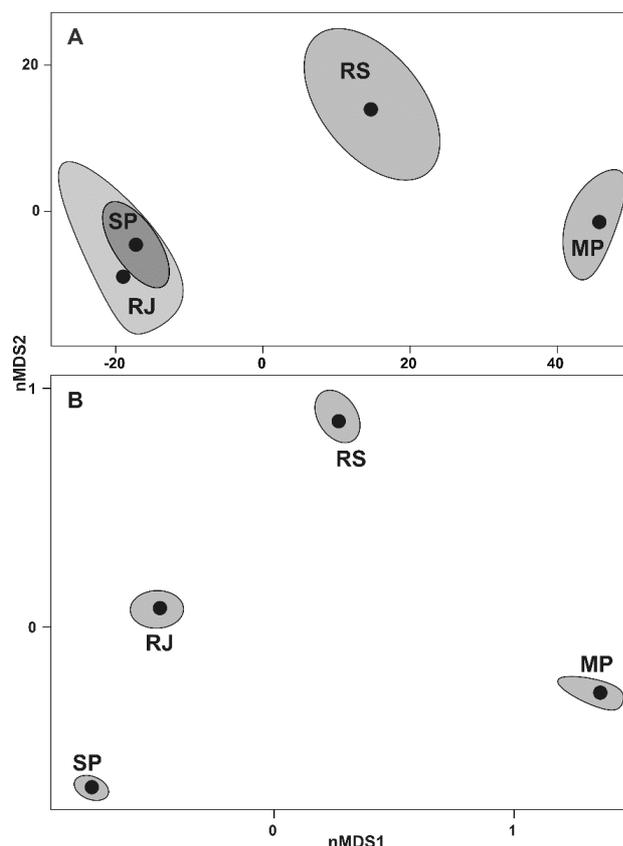


Fig. 3 Esquema de escala multi-dimensional não-métrica (nMDS) de médias de bootstrap (50 repetições) de infracomunidades de parasitos em quatro amostras de *Pagrus pagrus* do Atlântico Sudeste com base na semelhança de Bray-Curtis de dados de raízes quadradas transformadas. As repetições individuais são baseadas em desenho aleatório e substituição de amostras do conjunto de dados original. **A**: parasitos de longa duração; **B**: ectoparasitos. Os círculos negros representam os centróides globais em todas as repetições. As linhas de fronteira representam 95% de regiões de confiança. RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo, RS: Rio Grande do Sul; MP: Mar del Plata.

Os resultados das análises PERMANOVA, tanto para os endoparasitos de vida longa como para os ectoparasitos, mostraram efeito significativo do comprimento do hospedeiro na abundância de parasitos multivariados e observou-se uma interação entre o comprimento e a localidade do hospedeiro (Tabela 2), indicando que a natureza do relacionamento entre a covariável e a resposta multivariada diferiram em diferentes níveis do fator. Além disso, levando em consideração as variações entre as amostras devido ao

tamanho do peixe, detectou variabilidade significativa entre os conjuntos de parasitos. Testes de pareados concordaram em geral com as ordenações nMDS baseadas em bootstrap. Na verdade, a maioria dos pares de amostras diferiu significativamente ($P < 0,01$), com exceção do RJ e SP ($P > 0,05$) para abundância de parasitos de longa vida, enquanto que todas as amostras de ectoparasitos diferiram significativamente ($P < 0,01$).

Algumas dessas diferenças podem ser atribuídas a diferenças nas dispersões multivariadas de infra-comunidades de parasitos em termos de desvios de centroides, pois os resultados do PERMDISP foram significativos para ambas as guildas ($F_{3,180} = 23,63$ e $F_{3,180} = 189,61$ para parasitos de longa duração e parasitos, respectivamente, ambos P (perm) $< 0,001$). De fato, o teste em pares mostrou diferenças significativas nas dispersões multivariadas para todas as comparações envolvendo RS (todo P (perm) $< 0,01$) que foi a localidade com maiores desvios de centroides para ambas as guildas.

O MDS e as análises de agrupamento de dados de prevalência quando dos parasitos de longa duração foram considerados revelando um padrão aparente de separação entre amostras (Fig. 4a). Apesar de as amostras serem bastante equidistantes no espaço bidimensional, as análises de agrupamento identificaram dois grupos claramente separados, um composto pelas duas amostras capturadas na região norte da área de estudo (RJ e SP) e outra por amostras do Sul (RS e MP) com alta semelhança (66 e 68%, respectivamente). *Corynosoma australe* e *Grillotia carvajalregorom* estavam relacionados tanto com as amostras do Sul quanto com *Anisakis simplex* s.l. e *Hysterothylacium* sp. tanto para RJ quanto para MP, finalmente *Raphidascaris* sp. para hospedeiros do RJ.

Um padrão semelhante foi obtido para as abundâncias médias (Fig. 4b), embora com maior similaridade entre amostras do Norte (80%) e menor semelhança entre as localidades do Sul (56%). Neste caso, *C. australe*, *G. carvajalregorom* e *Hysterothylacium* sp. foram, como esperado para suas abundâncias médias, fortemente associadas ao MP. No caso dos ectoparasitos, prevalência (Fig. 4c) e abundância média (Fig. 4d), apresentaram padrões diferentes. De fato, quanto à prevalência, RJ e RS resultaram mais parecidos (79%) do que em relação ao resto, enquanto SP e MP ramificaram sucessivamente a similaridade decrescente (72 e 65%, respectivamente). A maioria das espécies foi associada a MP, enquanto Gnathiidae gen. sp., *Echinopelma brasiliensis* e *Encotyllabe spari* estavam relacionados com RS, RJ e SP, respectivamente. Por outro lado, as localidades mais similares em termos de abundâncias médias foram RJ e SP (64%), com SP e MP ramificando sucessivamente em 55 e 44%. Em todas as análises MDS, o nível de estresse = 0 indicou composições comunitárias substancialmente diferentes de aleatórias

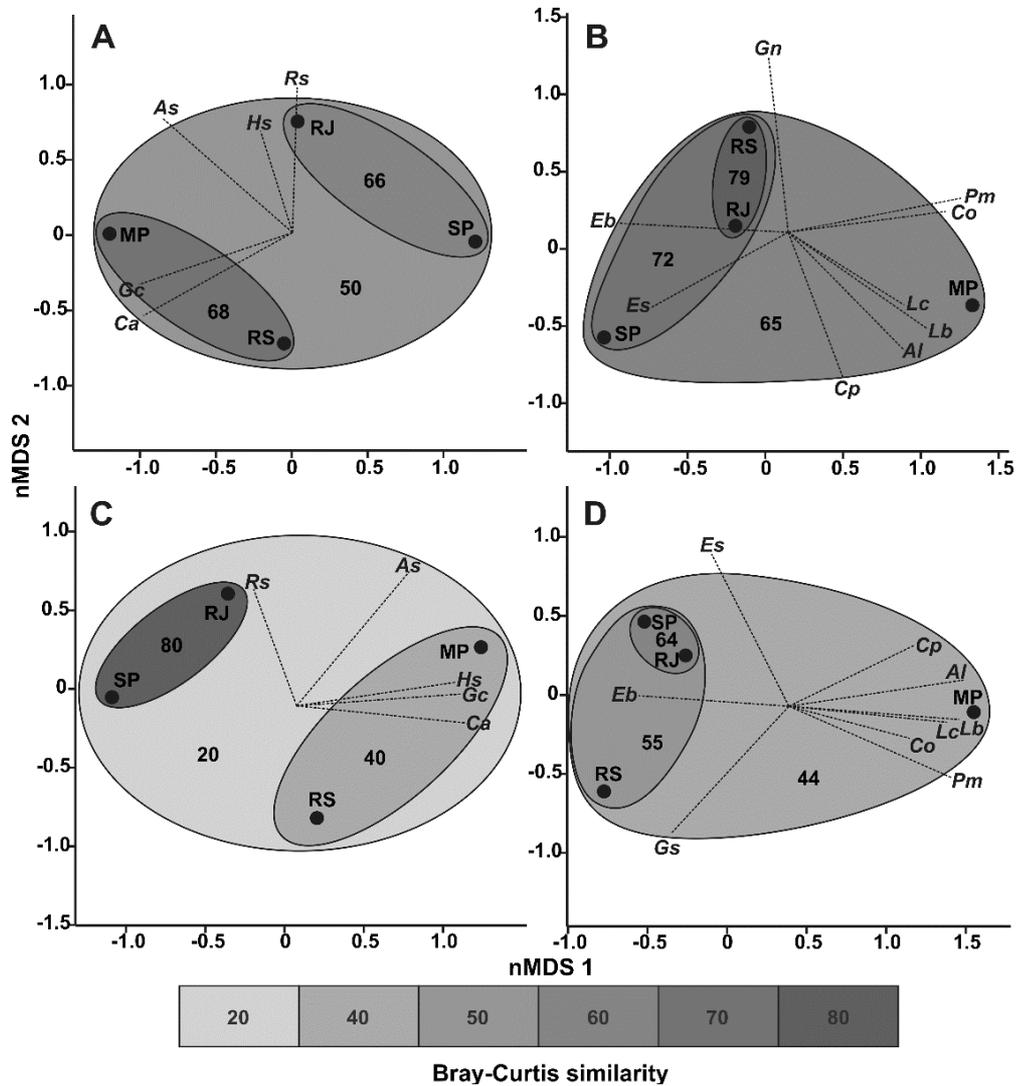


Fig. 4. Gráfico de escala multidimensional não métrica (nMDS) e análises de agrupamento de quatro comunidades componentes (similaridade Bray-Curtis) de parasitos de *Pagrus pagrus* no Atlântico Sudeste. **A:** prevalência de parasitos de longa duração; **B:** prevalência de ectoparasitos; **C:** abundância média de parasitos de longa duração; **D:** significativa abundância de ectoparasitos. Os resultados de um agrupamento hierárquico são sobrepostos no gráfico nMDS com níveis de similaridade representados por uma escala de cinza, com seu valor dado como um número dentro de cada área cinzenta. Os vetores representam as correlações Pearson da prevalência de espécies parasitos individuais com os eixos nMDS. Localidades: RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo; RS: Rio Grande do Sul; MP: Mar del Plata. Espécies de parasitos: Al: *Anoplodiscus longivaginus*; As: *Anisakis simplex s.l.*; Ca: *Corynosoma australe*; Co: *Colobomatus pagri*; Cp: *Clavellotis pagri*; Eb: *Echinopelma brasiliensis*; Es: *Encotyllabe spari*; Gc: *Grillotia carvajalregorum*; Gn: Gnathiidae gen. sp.; Hs: *Hysterothylacium sp.*; Lb: *Lamellodiscus baeri*; Lc: *Lernanthropus caudatus*; Pm: *Polyabroides multispinosus*; Rs: *Raphidascaris sp.*

3.4. DISCUSSÃO

A alta riqueza de espécies observada em toda a amostra está de acordo com a encontrada em estudos prévios sobre comunidades de parasitos de *P. pagrus* (PARAGUASSU et al., 2002, SOARES; LUQUE 2015, SOARES et al., 2014). No entanto, o número de espécies de parasitos variou entre as guildas, sendo os endoparasitos de curta duração o menos representado, como já foi observado em trabalhos anteriores (PARAGUASSU et al., 2002; SOARES e LUQUE 2014; SOARES et al., 2015). Esse fato pode ser devido ao baixo nível trófico e uma dieta bentofágica de *P. pagrus* composta principalmente por invertebrados e peixes de baixo nível trófico, como a anchova (MANOOCH 1977, CAPITOLI; HAIMOVICI, 1993), características que resultam em comunidades pobres em espécies de parasitos transmitidos de forma trófica (GEORGE-NASCIMENTO 1987; VALTONEN et al., 2010). Os endoparasitos de longa duração, por outro lado, persistem por longos períodos ou para toda a vida do hospedeiro, acumulando-se nos peixes e atingindo conseqüentemente maiores valores de riqueza de espécies.

A riqueza de espécies de ambos ectoparasitos e endoparasitos de longa duração variou entre as amostras, atingindo o valor máximo em MP. Pode ser devido ao tamanho significativamente maior dos pargos nesta localidade, uma vez que os hospedeiros maiores geralmente apresentam maiores taxas de parasitos (POULIN 2004); no entanto, a riqueza média de espécies nas infracomunidades de ambas as guildas foi maior em hospedeiros de RJ do que nas outras duas localidades brasileiras, apesar de seu tamanho significativamente menor nesta localidade. Portanto, a estrutura da comunidade parasitária e suas semelhanças também são determinadas por outros fatores, incluindo fatores biológicos e ambientais de diversidade parasitária.

De fato, os resultados averiguados por bootstrap e as análises de PERMANOVA evidenciaram que outros fatores além do comprimento do hospedeiro desempenharam um papel na estruturação das comunidades parasitárias, mostrando semelhanças e diferenças não relacionadas ao tamanho do peixe, especialmente a segunda análise, que "corrige" o efeito dessa variável.

As diferenças observadas podem resultar de uma combinação de fatores que atuam diferencialmente na estrutura das guildas de parasitos. Em ambientes marinhos, os principais determinantes das variações geográficas na estrutura de comunidades são as condições ambientais, principalmente os perfis de temperatura e salinidade (ESCH; FERNÁNDEZ, 1993), através do seu efeito nos ciclos de vida das diferentes espécies de parasitos e seus hospedeiros (CANTATORE; TIMI 2015). Além disso, as variações geográficas do parasitismo dependerão da presença de hospedeiros adequados para todos os estádios de desenvolvimento (MACKENZIE; ABAUNZA 1998), bem como sobre suas densidades e tamanho da população (BAGGE et al., 2004).

A variabilidade temporal de curto prazo nas condições físicas também é relevante na condução de parâmetros populacionais de espécies de curta duração, muitas das quais, e provavelmente a maioria delas, sobreviverão em um ou outro hospedeiro por muito menos tempo do que a vida útil do peixe (LESTER; MACKENZIE 2009).

No presente estudo, tanto os endoparasitos de vida longa como os ectoparasitos de curta duração apresentaram diferenças significativas entre amostras, diferindo apenas os resultados das comparações entre RJ e SP, cujas comunidades foram de estrutura similar para o primeiro, mas diferentes para o segundo. Com base em um consenso geral de que o critério mais importante para um parasito marcador eficaz na distribuição do hospedeiro

é o seu longo tempo de permanência nos peixes (LESTER; MACKENZIE 2009; CANTATORE; TIMI 2015; BRAICOVICH et al., 2016), os resultados obtidos para parasitos persistentes são mais confiáveis em termos de estrutura de estoque dos hospedeiros. Portanto, as comparações entre as assembleias desta guilda sugerem a existência de três estoques de pargo rosa nas quatro localidades pesquisadas, com peixes de RJ e SP constituindo uma única unidade.

Por outro lado, as comunidades de ectoparasitos exibiram diferenças significativas entre todos os pares de localidades, incluindo o casal RJ-SP considerado como estoque único de acordo com dados sobre parasitos persistentes. Essas diferenças podem ser devidas à variabilidade ambiental de curto prazo nos atributos populacionais de cada espécie parasita, mas também em atributos populacionais dos pargos rosa em cada localidade.

Na verdade, a maioria dos ectoparasitos de *P. pagrus* são específicas do hospedeiro e monoxenos e sua dinâmica de população poderia responder, ou seja, a densidade do hospedeiro, tamanho da população ou estrutura etária em cada localidade. Esses traços demográficos e de história de vida são altamente variáveis, mesmo em pequenas escalas espaciais para esta espécie hospedeira (DEVRIES 2006), devido à alta fidelidade do seu local (GRIMES et al., 1982) e sua conseqüente exposição a conjuntos específicos de fatores ambientais após o recrutamento para um dado habitat padrão (DEVRIES, 2005), principalmente restrito a fundos rochosos (LABROPOULOU et al., 1999).

Devido à especificidade e aos ciclos de vida monoxenos, os ectoparasitos tendem a ocorrer ao longo da maior parte do intervalo de distribuição de seus hospedeiros, enquanto que os membros da guilda de endoparasitos de curta duração são heteroxenos e transmitidos tróficamente, suas distribuições dependem, conseqüentemente, dos seus hospedeiros intermediários e definitivos. Esses outros hospedeiros incluem invertebrados e peixes para estádios larvais e elasmobrânquios, teleósteos predadores, mamíferos marinhos e aves para parasitos adultos, muitos deles exibindo alta vagilidade e homogeneizando a distribuição de estádios larvais em grandes áreas. Como resultado, as comunidades de parasitos larvais de longa duração constituem melhores indicadores para fins de avaliação de estoque que os ectoparasitos, cujos parâmetros populacionais não são apenas variáveis temporariamente, mas heterogêneos em pequenas escalas espaciais.

O grau de diferenciação da população geográfica em populações atlânticas de *P. pagrus* foi avaliado com marcadores genéticos. Usando DNA mitocondrial e marcadores de microssatélites, Ball et al. (2007) encontraram diferenças profundas entre grandes áreas, como o oeste e o leste do Atlântico Norte e o Brasil, mas pouca ou nenhuma variação geográfica regional significativa dentro delas.

Do mesmo modo, apenas evidências genéticas limitadas ou não para uma separação entre regiões adjacentes foram relatadas, isto é, na divisão Atlântico-Mediterrâneo (BARGELLONI et al., 2003) e no Mar Argentino (PORRINI et al., 2015). Apesar dos hábitos sedentários de pargos rosa adultos, os estádios pelágicos de larvas e movimentos adultos ocasionais de longa duração são suficientes para homogeneidade genética em regiões (BALL et al., 2007).

No entanto, os parâmetros do histórico de vida, como crescimento, tamanho e tamanho na maturidade, mostraram diferenças entre os pargos rosa do Atlântico e do Golfo do México (HOOD e JOHNSON 2000); Da mesma forma, a caracterização da forma do corpo evidenciou dois morfotipos significativamente diferentes entre duas regiões no Mar Argentino (PORRINI et al., 2015), evidenciando que a homogeneidade genética em grandes áreas não deve ser usada para implicar que as populações ou estoques

de *P. pagrus* devem ser gerenciadas como grupos individuais (BALL et al., 2007). O uso de parasitos indicadores constitui, portanto, uma ferramenta útil para fornecer evidências para a identificação de estoque desta espécie no sudeste do Atlântico, apoiando que as pescarias ao longo de Mar del Plata, sul do Brasil e Rio de Janeiro ocorrem em unidades populacionais distintas que podem ser gerenciadas de forma independente e que a sobrepesca ou recuperação em qualquer uma dessas regiões não tem efeitos significativos sobre a abundância de peixes das outras regiões no curto prazo.

As análises de resultados de uma perspectiva biogeográfica indicam que as localidades onde os três estoques de pargo rosa foram identificados por seus parasitos de longa duração pertencem às três ecoregiões da Província argentina, apoiando o esquema biogeográfico proposto por Spalding (2007), como foi observado para outros peixes costeiros na região (PEREIRA et al., 2014, BRAICOVICH et al., 2017). De fato, como observado nestes trabalhos anteriores para outras espécies de peixes, as amostras de SP foram mais parecidas com as do MP do que com as das costas do sul do Brasil. Por outro lado, a heterogeneidade dos ectoparasitos sugere fortemente que os membros desta aliança devem ser evitados como indicadores de estudos zoogeográficos, especialmente levando em consideração sua variabilidade em escalas locais.

Em conclusão, há variabilidade distributiva de parasitos persistentes ao longo de grandes escalas, mas não de ectoparasitos de curta duração, fornece informações valiosas para ajudar a definir padrões biogeográficos robustos, cuja identificação se tornou um requisito urgente para o planejamento sistemático da conservação (WHITTAKER et al., 2005), especialmente nos ecossistemas marinhos, amplamente afetados pelas pescarias e outros distúrbios antropogênicos (LOURIE; VINCENT, 2004; SHEARS et al., 2008, MULLER-KARGER et al., 2017).

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M.J.; GORLEY, R.N.; CLARKE, K. R. PERMANOVA for PRIMER: **Guide to statistical methods**. PRIMER-E, Plymouth; U.K., 240 p. 2008.
- ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; HAIMOVICI, M. Diagnóstico do estoque e orientações para o ordenamento da pesca de *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758). In: Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B.; Ávila-da-Silva, A. O.; Cergole, M. C. (Eds.). Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: **Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração II**. – USP, São Paulo: pp 49-58, 2006.
- BAGGE, A.M.; POULIN, R.; VALTONEN, E.T. Fish population size, and not density, as the determining factor of parasite infection: a case study. **Parasitology**, v.128, n.3, p. 305–313, 2004. doi: 10.1017/S0031182003004566
- BALL, A.O.; BEAL, M.G.; CHAPMAN, R.W. Population structure of red porgy, *Pagrus pagrus*, in the Atlantic Ocean. **Marine Biology**, v.150, n.6, p. 1321–1332, 2007. doi: 10.1007/s00227-006-0425-y
- BARGELLONI, L.; ALARCON, J.A.; ALVAREZ, M.C.; PENZO, E.; MAGOULAS, A.; REIS, C.; PATARNELLO, T. Discord in the family Sparidae (Teleostei): divergent phylogeographical patterns across the Atlantic–Mediterranean divide. **Journal of Evolutionary Biology**, v.16, n.6, p. 1149–1158, 2003. doi: 10.1046/j.1420-9101.2003.00620

- BLAYLOCK, R.B.; MARGOLIS, L.; HOLMES, J.C. Zoogeography of the parasites of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*) in the northeast Pacific. **Canadian Journal of Zoology**, v.76, n.12, p. 2262-2273, 1998. doi: 10.1139/z98-172
- BLAYLOCK, R.B.; MARGOLIS, L.; HOLMES, J.C. The use of parasites in discriminating stocks of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*) in the northeast Pacific. **Fishery Bulletin**, v.101, n.1, p. 1-9, 2003. <http://fishbull.noaa.gov/1011/01blaylo.pdf>
- BRAICOVICH, P.E.; IENO, E.N.; SÁEZ, M.; DESPOS, J.; TIMI, J.T. Assessing the role of host traits as drivers of the abundance of long-lived parasites in fish stock assessment studies. **Journal of Fish Biology**, v.89, n.5, p. 2419–2433, 2016. doi:10.1111/jfb.13127
- BRAICOVICH, P.E.; PANTOJA, C.; PEREIRA, A.N.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasites of the Brazilian flathead *Percophis brasiliensis* reflect West Atlantic biogeographic regions. **Parasitology**, v.144, n.2, p. 169–178, 2017. doi.org/10.1017/S0031182016001050
- BUSH, A.O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M.; SHOSTAK, A.W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **Journal of Parasitology**, v. 83, n. 4, p. 575- 583, 1997. doi: 10.2307/3284227
- BYRNES, T.; ROHDE, K. Geographical distribution and host specificity of ectoparasites of Australian bream, *Acanthopagrus* spp. (Sparidae). **Folia Parasitologica**, v.39, n. 2497264, 1992. <https://folia.paru.cas.cz/magno/fo/1992/mn3.php>
- CANTATORE, D.M.P.; TIMI, J.T. Marine parasites as biological tags in South American Atlantic waters, current status and perspectives. **Parasitology**, v.142, n.1, p. 5–24, 2015. doi:10.1017/S0031182013002138
- CAPITOLI, R.; HAIMOVICI, M. Alimentación del besugo *Pagrus pagrus* en el extremo sur del Brasil. **Frente Marítimo**, v.14, p. 81-86, 1993.
- CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. **PRIMER v7: user manual/tutorial**. PRIMER-E Ltd., Plymouth, U.K., 296 p. 2015.
- CLARKE, K.R.; SOMERFIELD, P.J.; CHAPMAN, M.G. On resemblance measures for ecological studies, including taxonomic dissimilarities and a zero-adjusted Bray–Curtis coefficient for denuded assemblages. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.330, n.1, p. 55– 80, 2006. doi:10.1016/j.jembe.2005.12.017
- COUSSEAU, M.B.; PERROTTA, R.G. **Peces marinos de Argentina: biología, distribución, pesca**. 4a. ed., Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. (INIDEP). Mar del Plata. (Argentina). 193 p. 2013.
- DEVRIES, A.D. **The life history, reproductive ecology and demography of the red porgy, *Pagrus pagrus*, in the northwestern Gulf of Mexico**. Dissertação (Ciências Biológicas). Tallahassee: Florida State University. 2006. http://purl.flvc.org/fsu/fd/FSU_migr_etd-0076
- ESCH, G.W.; FERNÁNDEZ, J.C. **A Functional Biology of Parasitism**, 1st Edn. Chapman & Hall, London, UK. 1993.
- GASTON, K.J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, v.405, n. 6783, p. 220-227, 2000. doi: 10.1038/35012228
- GEORGE-NASCIMENTO, M.A. Ecological helminthology of wildlife animal hosts from South America: a literature review and a search for patterns in marine food webs. **Revista Chilena de Historia Natural**, v.60, n.2, p. 181–202, 1987.
- GONZÁLEZ, M.T.; MORENO, C.A. The distribution of the ectoparasite fauna of *Sebastes capensis* from the southern hemisphere does not correspond with

- zoogeographical provinces of free-living marine animals. **Journal of Biogeography**, v.32, n.9, p. 1539–1547, 2005. doi:10.1111/j.1365-2699.2005.01323.x
- GONZÁLEZ, M.T.; BARRIENTOS, C.; MORENO, C.A. Biogeographical patterns in endoparasite communities of a marine fish (*Sebastes capensis Gmelin*) with extended range in the Southern Hemisphere. **Journal of Biogeography**, v.33, n.6, p. 1086–1095, 2006. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01488.x
- GRIMES, C.B.; MANOOCH, C.S.; HUNTSMAN, G.R. Reef and rock outcropping fishes of the outer continental shelf of North Carolina and South Carolina, and ecological notes on the red porgy and vermilion snapper. **Bulletin of Marine Science**, v.32, n.1, p. 277-289, 1982.
- HAYWARD, C.J. Distribution of external parasites indicates boundaries to dispersal of sillaginid fishes in the Indo-West Pacific. **Marine and Freshwater Research**, v.48, n.5, p. 391-400, 1997.
- HOOD, P.B.; JOHNSON, A.K. Age, growth, mortality, and reproduction of red porgy, *Pagrus pagrus*, from the eastern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v.98, n.4, p.723–735, 2000.
- LABROPOULOU, M.; MACHIAS, A.; TSIMENIDES, N. Habitat selection and diet of juvenile red porgy, *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758). **Fishery Bulletin**, v.97, n.3, p. 495–507, 1999.
- LANFRANCHI, A.L.; BRAICOVICH, P.E.; CANTATORE, D.M.P.; ALARCOS, A.J.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Ecotonal marine regions – ecotonal parasite communities: helminth assemblages in the convergence of masses of water in the southwestern Atlantic. **International Journal for Parasitology**, v.46, n.12, p. 809–818, 2016. doi:10.1016/j.ijpara.2016.07.004
- LESTER, R.J.G.; MACKENZIE, K. The use and abuse of parasites as stock markers for fish. **Fisheries Research**, v.97, n.1, p. 1–2, 2009. doi:10.1016/j.fishres.2008.12.016
- LOURIE, S.A.; VINCENT, A.C.J. Using biogeography to help set priorities in marine conservation. **Conservation Biology**, v.18, n.4, p. 1004-1020, 2004. doi: 10.1111/j.1523-1739.2004.00137.x
- MACKENZIE, K.; ABAUNZA, P. Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. **Fisheries Research** v.38, n.1, p. 45–56, 1998. doi: 10.1016/S0165-7836(98)00116-7
- MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and its Measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 1988. doi: 10.1007/978-94-015-7358-0
- MANOOCH CS Foods of the red porgy, *Pagrus pagrus* Linnaeus (Pisces: Sparidae), from North Carolina and South Carolina. **Bulletin of Marine Science**, v.27, n.4, p. 776-787, 1977.
- MARQUES, J.F.; SANTOS, M.J.; CABRAL, H.N. Zoogeographical patterns of flatfish (Pleuronectiformes) parasites in the Northeast Atlantic and the importance of the Portuguese coast as a transitional area. **Scientia Marina**, v.73, n.3, p. 461-471, 2009. doi: 10.3989/scimar.2009.73n3461
- MENNI, R.C.; JAUREGUIZAR, A.J.; STEHMANN, M.F.W.; LUCIFORA, L.O. Marine biodiversity at the community level: zoogeography of sharks, skates, rays and chimaeras in the southwestern Atlantic. **Biodiversity and Conservation**, v.19, n.3, p. 775–796, 2010. doi: 10.1007/s10531-009-9734-z
- MULLER-KARGER, F.E.; RUEDA-ROA, D.; CHAVEZ, F.P.; KAVANAUGH, M.T.; ROFFER, M.A. Megaregions among the large marine ecosystems of the Americas.

- Environmental Development**, v.22, p. 52-62, 2017. doi:doi.org/10.1016/j.envdev.2017.01.005
- PARAGUASSÚ, A.R.; LUQUE, J.L.; ALVES, D.R. Community ecology of metazoan parasites of red porgy *Pagrus pagrus* (Osteichthyes: Sparidae) from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 24, p.461–467, 2002.
- PEREIRA, A.N.; PANTOJA, C.; LUQUE, J.L.; TIMI, J.T. Parasites of *Urophycis brasiliensis* (Gadiformes: Phycidae) as indicators of marine ecoregions in coastal areas of the South American Atlantic with the assessment of their stocks. **Parasitology Research**, v.113, n.11, p. 4281–4292, 2014. doi: 10.1007/s00436-014-4106-3
- PORRINI, L.P.; IRIARTE, P.J.F.; IUDICA, C.M.; ABUD, E.A. Population genetic structure and body shape assessment of *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Sparidae) from the Buenos Aires coast of the Argentine Sea. **Neotropical Ichthyology**, v.13, n.2, p. 431-438, 2015. doi: 10.1590/1982-0224-20140149
- POULIN, R. Macroecological patterns of species richness in parasite assemblages. **Basic and Applied Ecology**, v.5, n.5, p. 423-434, 2004. doi:10.1016/j.baae.2004.08.003
- POULIN, R.; KRASNOV, B.R.; MOUILLOT, D.; THIELTGES, D.W. The comparative ecology and biogeography of parasites. **Philosophical Transactions of Royal Society of London B: Biological Sciences**, v.366, n.1576, p. 2379-2390, 2011. doi: 10.1098/rstb.2011.0048
- REVERTER, M.; CRIBB, T.H.; CUTMORE, S.C.; BRAY, R.A.; PARRAVICINI, V.; SASAL, P. Did biogeographical processes shape the monogenean community of butterfly fishes in the tropical Indo-west Pacific region? **International Journal for Parasitology**, v.30, n. 47, p. 447-455, 2017. doi:10.1016/j.ijpara.2017.01.006
- ROHDE, K. Ecology and biogeography of marine parasites. **Advances in Marine Biology**, v.43, p. 1-86, 2002.
- ROHDE, K.; HAYWARD, C.J. Oceanic barriers as indicated by scombrid fishes and their parasites. **International Journal for Parasitology**, v.30, n.5, p. 579-583, 2000. doi: 10.1016/S0020-7519(00)00023-0
- SHEARS, N.T.; SMITH, F.; BABCOCK, R.C.; DUFFY, C.A.J.; VILLOUTA, E. Evaluation of Biogeographic Classification Schemes for Conservation Planning: Application to New Zealand's Coastal Marine Environment. **Conservation Biology**, v.22, n.2, p. 467-481, 2008. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00882.x
- SIMBERLOFF, D; DAYAN, T. The guild concept and the structure of ecological communities. **Annual review of ecology and systematics**, v. 22, n. 1, p. 115-143, 1991. https://doi.org/10.1146/annurev.es.22.110191.000555
- SOARES, I.A.; LUQUE, J.L. Seasonal variability of the composition and structure of parasite communities of red porgy, *Pagrus pagrus* (Perciformes: Sparidae) off Brazil. **Helminthologia**, v.52, n.3, p. 236-243, 2015. doi: 10.1515/helmin-2015-0038
- SOARES, I.A.; VIEIRA, F.M.; LUQUE, J.L. Parasite community of *Pagrus pagrus* (Sparidae) from Rio de Janeiro, Brazil: evidence of temporal stability. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.23, n.2, p. 216-223, 2014. doi: 10.1590/S1984-29612014047
- SPALDING, M.D.; FOX, H.E.; ALLEN, G.R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z.A.; FINLAYSON, M.; HALPERN, N.S.; JORGE, M.A.; LOMBANA, A.; LOURIE, S.A.; MARTIN, K.D.; MCMANUS, E.; MOLNAR, J.; RECCHIA, C.A.;

- ROBERTSON, J. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **BioScience**, v.57, n.7, p. 773-583, 2007. doi: 10.1641/B570707.
- TIMI, J.T.; MACKENZIE, K. Parasites in fisheries and mariculture. **Parasitology**, v.142, n.1, p. 1-4., 2015. doi: 10.1017/S0031182014001188
- GALTONIAN, E.T.; MARCOGLIESE, D.J.; JULKUNEN, M. Vertebrate diets derived from trophically transmitted fish parasites in the Bothnian Bay. **Oecologia**, v.162, n.1, p. 139-152., 2010. doi: 10.1007/s00442-009-1451-5
- WHITTAKER, R.J.; ARAÚJO, M.B.; JEPSON, P.; LADLE, R.J.; WATSON, J.E.M.; WILLIS, K.J. Conservation biogeography: assessment and prospect. **Diversity and Distributions**, v.11, n.1, p. 3–23, 2005. doi: 10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x

4. CONCLUSÕES

- 1) O litoral brasileiro apresenta potencial para estudos de parasitos marcadores na identificação de estoques pesqueiros devido a escassez de trabalhos.
- 2) As guildas parasitárias fornecem informações valiosas na identificação de estoques pesqueiros que ajudam a definir padrões biogeográficos robustos de suas populações, cuja identificação se tornou um requisito urgente para o planejamento sistemático da conservação de recursos pesqueiros.
- 3) Ectoparasitos não são eficientes como marcadores de regiões zoogeograficas devido a sua especificidade.