

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS
OCEANOS E DA TERRA

**Qualidade ambiental associada ao cultivo
suspensão de vieiras (*Nodipecten nodosus*)
na Baía de Ilha Grande/RJ**

KARIN BRAUNE

Niterói

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS
OCEANOS E DA TERRA**

**QUALIDADE AMBIENTAL ASSOCIADA AO CULTIVO
SUSPENSO DE VIEIRAS (*NODIPECTEN NODOSUS*)
NA BAÍA DE ILHA GRANDE/RJ**

KARIN BRAUNE

Dissertação apresentada ao programa de pós graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, da Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre.
Área de concentração: Biogeoquímica.

Orientadora: Prof. Dra. Mirian Araújo Carlos Crapez

Co-orientadora: Prof. Dra. Simone Pennafirme Ferreira

Niterói

2022

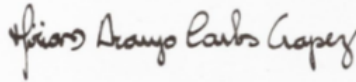
KARIN BRAUNE

**QUALIDADE AMBIENTAL ASSOCIADA AO CULTIVO
SUSPENSO DE VIEIRAS (*NODIPECTEN NODOSUS*) NA
BAÍA DE ILHA GRANDE/RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e Terra, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.
Área de Concentração: Biogeoquímica

Aprovada em 30/06/2022.

BANCA EXAMINADORA



Mirian Araújo Carlos Crapez, Dra (Orientadora)
UFF



Simone Pennafirme Ferreira, Dra, (Co-orientadora)
UFF



Thaise Machado Senez Mello, Dra.
UFF



Frederico Sobrinho da Silva, Dr.
UFRJ



Fernando Neves Pinto, Dr.
UFF

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

B825q Braune, Karin
Qualidade ambiental associada ao cultivo suspenso de vieiras
(Nodipecten nodosus) na Baía de Ilha Grande/RJ / Karin Braune
; Mirian Araújo Carlos Crapez, orientadora ; Simone
Pennafirme Ferreira, coorientadora. Niterói, 2022.
101 p. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Niterói, 2022.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDOT.2022.m.05485654738>

1. Biogeoquímica marinha. 2. Qualidade ambiental. 3.
Contaminação biológica. 4. Maricultura. 5. Produção
intelectual. I. Crapez, Mirian Araújo Carlos, orientadora.
II. Ferreira, Simone Pennafirme, coorientadora. III.
Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências.
IV. Título.

CDD -

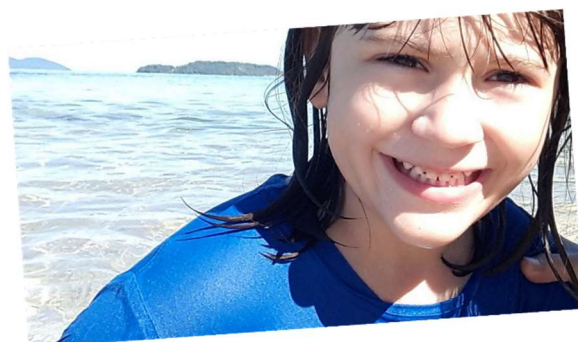
Como nunca antes, há conhecimento de porque o oceano é importante para todos, em todos os lugares, o tempo todo.

Agora existe um conhecimento que não existia e não poderia existir antes das tecnologias avançadas que levaram os humanos para o céu, nas profundezas do mar, e forneceram os meios para olhar para o passado, avaliar o presente e antecipar o futuro.

O oceano contém 97% da água da Terra, impulsiona o clima e o tempo, regula a temperatura e a química do planeta, fornece a maior diversidade e espaço vital para a vida no Universo conhecido.

A resposta final para a pergunta sobre por que a biodiversidade é importante é bastante simples: o resto do mundo vivo pode seguir sem nós, mas nós não podemos seguir sem eles.

Dra. Sylvia Earle – Mission Blue



**Ao meu filho Yuri
minha maior motivação**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Fluminense, aos professores e toda equipe do programa de pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra (DOT) do Departamento de Geologia e Geofísica Marinha do Instituto de Geociências;

À minha orientadora Professora Dra. Mirian Araújo Carlos Crapez, por me acolher como sua “filha científica”, pela orientação, incentivo e amizade, minha profunda gratidão;

À coorientadora Professora Dra. Simone Pennafirme Ferreira, minha veterana na graduação, por suas dicas valiosas, força e toda colaboração no desenvolvimento deste trabalho, foi um feliz reencontro;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo;

À equipe do Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande (IEDBIG), ao presidente do instituto José Luiz Zaganelli, e em especial ao diretor técnico Renan Ribeiro pela amizade, coleta das amostras junto aos maricultores e todo apoio no fornecimento de dados e informações fundamentais para realização desse trabalho;

Ao biólogo Dr. Fernando Neves Pinto pela realização da etapa de preparação e secagem das amostras e todo apoio fornecido;

Ao Laboratório de Estudos Marinho e Ambientais (LABMAM) da PUC/Rio pelo espaço físico, corpo técnico e fornecimento de suprimentos para elaboração das análises, permitindo que mesmo com todas as dificuldades impostas pela pandemia pudéssemos realizar a parte experimental desse trabalho, ao técnico Renato Fortes pela disponibilidade e apoio no desenvolvimento de cada etapa de preparação para as análises e ao professor Dr. Carlos German Massone pela importante contribuição na realização das análises instrumentais;

Ao amigo biólogo Leandro Pessoa pelo incentivo desde a minha seleção para o mestrado, e a importante contribuição para a revisão final desse trabalho;

À amiga Thaisa pelo carinho, incentivo e pelo grande apoio na minha preparação para defesa;

Aos amigos e a minha família (são muitos, todos com um lugar especial no meu coração) pelo incentivo, amor e compreensão por minha ausência durante várias etapas da elaboração dessa dissertação, agradeço sempre por ter vocês em minha vida;

E a todos que de alguma forma participaram na realização desse sonho antigo.

RESUMO

Neste trabalho foi avaliada a qualidade química da água na área de produção de vieiras de cultivos suspensos como objeto de estudo a Baía de Ilha Grande/RJ. Foi realizada uma análise bibliométrica e descritiva para avaliar o estado da arte da produção científica global sobre a espécie *Nodipecten nodosus*. O portfólio foi extraído das principais bases de dados que incluiu artigos científicos, revisões e capítulos de livros, posteriormente selecionados através do Methodi Ordinatio, com priorização a partir de três critérios: fator de impacto, ano de publicação e número de citações. O Brasil foi o país mais produtivo. As principais áreas de pesquisa relacionadas à espécie foram “crescimento e sobrevivência”, “reprodução”, “poluição” e “genética, taxonomia e morfologia”.

De forma experimental foram analisados organismos cultivados em 4 fazendas marinhas na região em idade comercial, com a identificação e quantificação dos HPAs indicados pela Agência americana Environmental Protection Agency, comparando os resultados com os níveis encontrados na literatura e com os valores orientadores de convenções internacionais, uma vez que não há legislação específica no Brasil.

Embora as tecnologias de cultivo estejam bem consolidadas, foram verificadas lacunas na integração de estudos ligados à avaliação e gestão da qualidade ambiental das áreas de produção, seja com base em análises de parâmetros físicos, químicos ou biológicos, sendo importante o desenvolvimento de pesquisas visando a estruturação de aspectos legais bem como a determinação de áreas mais propícias à produção garantindo a implantação da atividade de forma econômica e ambientalmente sustentável.

Palavras-chave: qualidade ambiental; aquicultura; biomonitores; *Nodipecten nodosus*; POPs; cientometria.

ABSTRACT

In this work, the chemical water quality was evaluated in the scallops production area in suspended culture, a case study in Ilha Grande Bay/RJ. A bibliometric and descriptive analysis was carried out to assess the state of the art of global scientific production on the species *Nodipecten nodosus*. The portfolio was extracted from the main databases that included scientific articles, reviews and book chapters, later selected through the Methodi Ordinatio, with prioritization based on three criteria: impact factor, year of publication and number of citations. Brazil was the most productive country. The main areas of research related to the species were “growth and survival”, “reproduction”, “pollution” and “genetics, taxonomy and morphology”.

In an experimental way, organisms in commercial-age from 4 marine farms produced in the region were analyzed, with the identification and quantification of the PAHs indicated by the American Environmental Protection Agency, comparing the results with the levels found in the literature and with the guiding values of international conventions, since there is no specific legislation in Brazil.

Although the culture technologies are well established, gaps were observed in the integration of studies related to the evaluation and management of the environmental quality of the production areas, whether based on analyzes of physical, chemical or biological parameters, it is important to develop researches aimed at structuring legal aspects as well as determining areas most suitable for production, ensuring the implementation of the activity in an economically and environmentally sustainable way.

Keywords: environmental quality; aquaculture; biomonitoring; *Nodipecten nodosus*; POPs; scientometrics.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	8
CAPÍTULO 1	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1 Revisão sistemática da literatura	15
2.2 Análises bibliométricas	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 Características das publicações	18
3.2 Principais autores e análise de coautoria	20
3.3 Análise da cooperação entre países	21
3.4 Co-ocorrência de palavras-chave	21
4. CONCLUSÃO	30
CAPÍTULO 2	32
RESUMO	33
ABSTRACT	34
1. INTRODUÇÃO	35
1.1 Propriedades físico químicas dos HPAs	38
1.2 Fontes de HPAs	39
1.3 Análise da contaminação ambiental e valores orientadores	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1 Área de estudo	44
2.2 Coleta das amostras	48
2.3 Preparação das amostras e análises	49
2.4 Limite de detecção e limite de quantificação do método	52
2.5 Identificação das possíveis fontes de HPAs	52
2.6 Avaliação dos níveis de contaminação	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4. CONCLUSÃO	63
CONCLUSÃO GERAL	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXO 1	75
ANEXO 2	85

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1 - Imagem ilustrativa das espécies de bivalves mais cultivadas no Brasil, na ordem *Crassostrea gasar* (ostra nativa), *Crassostrea gigas* (ostra exótica do pacífico), *Crassostrea rhizophorae* (ostra nativa), *Nodipecten nodosus* (vieira nativa) e *Perna perna* (mexilhão nativo).

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Distribuição da espécie *Nodipecten nodosus*. Fonte: <https://www.aquamaps.org>

Figura 2 – Etapas para realização do Methodi Ordinatio. Adaptado: Pagani *et al.* 2015.

Figura 3 – Produção científica anual sobre a espécie *Nodipecten nodosus* de 1998 a 2021 no portfólio selecionado.

Figura 4 – Relação de coautoria entre os 11 principais autores com maior número de publicações no portfólio selecionado ao longo do tempo. Fonte: VOSviewer.

Figura 5 - Relação do número de publicações por país, com destaque as publicações de autores de apenas uma nacionalidade, e publicações realizadas por autores de diferentes nacionalidades em cooperações internacionais de 1998 a 2021.

Figura 6 – Rede de co-ocorrência das 15 principais palavras-chave no portfólio selecionado de 1998 a 2021, com no mínimo 3 ocorrências. Fonte: VOSviewer.

CAPÍTULO 2

Figura 1 – 16 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) prioritários em estudos ambientais segundo a agência americana *Environmental Protection Agency* (EPA 1987) (ORNELLAS, AZEREDO E TORRES, 2007).

Figura 2 - Taxa de renovação na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de verão. Fonte: SisBahia, 2018.

Figura 3 - Taxa de renovação na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de inverno. Fonte: SisBahia, 2018.

Figura 4 - Idade da água na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de verão. Fonte: SisBahia, 2018.

Figura 5 - Idade da água na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de inverno. Fonte: SisBahia, 2018.

Figura 6 – Localização dos pontos de amostragem dos organismos cultivados na Baía de Ilha Grande/RJ.

Figura 7 – Accelerated Solvent Extractor 200, Dionex (ASE).

Figura 8 – Concentração das amostras no rota-evaporador e clean-up via cromatografia líquida em coluna fina.

Figura 9 – Concentração dos extratos e adição de padrão interno.

Figura 10 – Representação gráfica utilizando as divisões propostas por Vethaak *et al* (2017), quanto aos critérios de classificação das concentrações de HPA com base nos possíveis efeitos a biota, azul indica conformidade com a Concentração de Avaliação de Background (BAC), verde indica que concentrações ou os níveis de efeitos estão entre o BAC e o Critérios de Avaliação Ambiental (EAC), e vermelha indicaria que os EAC foram excedidos.

Figura 11 - Comparação entre a concentração de HPA de baixo peso molecular (BPM) e alto peso molecular (APM), e o somatório dos 16 HPAs de BPM e APM, em cada um dos organismos amostrados, em ng/g de peso seco. B1 a B4 = Bananal, PA1 a PA4 = Ponta do Aripeba, PL 1 a PL 4 = Ponta Leste e G1 a G4 = Gipóia.

Figura 12 - Representação do somatório dos 16 HPAs (USEPA) de baixo peso molecular (BPM) em amarelo, e alto peso molecular (APM) em azul, em cada um dos organismos amostrados, em ng/g de peso seco, por local de coleta. As amostras PA4, B2 e PL1, apresentaram maior concentração de compostos de APM enquanto que as demais amostras apresentaram maior concentração de compostos de BPM. B1 a B4 = Bananal, PA1 a PA4 = Ponta do Aripeba, PL 1 a PL 4 = Ponta Leste e G1 a G4 = Gipóia.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Temas de pesquisa mais estudados e algumas das referências encontradas.

Tabela 2 – Resultados brutos da busca sistemática, antes da filtragem.

Tabela 3 – Filtragem e seleção do portfólio.

Tabela 4 - Ranking dos 9 principais periódicos do portfólio selecionado com base no número de publicações.

Tabela 5 – Ranking dos 5 principais periódicos do portfólio selecionado com base no índice h. TC: número total de citações; NP: Número de publicações; FI: fator de impacto (JCR 2020).

Tabela 6 – Representação dos 11 principais autores no portfólio selecionado e o número de publicações por autor (NP).

Tabela 7 – Principais palavras-chave no portfólio selecionado e o número de ocorrência no período de 1998 a 2021, desconsiderando os termos de busca.

Tabela 8 – As 4 principais áreas de estudo com base nas palavras-chave do autor.

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Valores orientadores de concentrações de HPA em sedimento e água marinhos (BUCHMAN, 2008).

Tabela 2 - Condições instrumentais de Extração via ASE.

Tabela 3 - Razões diagnósticas comumente usadas para identificação de fontes de contaminação de HPAs.

Tabela 4 – Critérios adotados para moluscos filtradores segundo a OSPAR no que se refere aos efeitos a biota, para concentração de HPAs em ng/g ps. BAC = concentração de avaliação de background, valores anormais, porém sem efeitos negativos a biota e EAC = valores de concentração a partir dos quais são apresentados riscos de efeitos biológicos notáveis e toxicidade aguda.

Tabela 5 - Variação das concentrações totais de HPA (\sum HPA ng/g peso seco) em ostras, mexilhões e vieiras (ng/g, peso seco) em estudos realizados no Brasil.

Tabela 6 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas no Bananal (B), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (B1 a B4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos

HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

Tabela 7 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas na Ponta Leste (PL), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (PL1 a PL4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

Tabela 8 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas na Gipóia (G), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (G1 a G4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

Tabela 9 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas na Ponta do Aripeba (PA), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (PA1 a PA4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

LISTA DE ABREVIATURAS

Σ - somatório

~ - aproximadamente

°C - graus Celsius

[HPA] - Concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Σ [HPA APM] - Somatório da concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos de alto peso molecular

Σ [HPA BPM] - Somatório da concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos de baixo peso molecular

ACE - Acenafteno

ACL – Acenaftileno

AMBIG – Associação de Maricultores da Baía de Ilha Grande

AMP - Área marinha protegida

ANT - Antraceno

APM - Alto peso molecular

ASE - Accelerated Solvent Extractor

BaA - Benzo(a)antraceno

BAC - Background Assessment Concentration (Concentrações de Avaliação de Background)

BaP - Benzo(a)pireno

BbFA - Benzo(b)fluoranteno

BC - Background Concentration

BghiPe - Benzo(ghi)perileno

BIG - Baía de Ilha Grande

BkFA - Benzo(k)fluoranteno

BPM - Baixo peso molecular

CEMBRA - Centro de excelência para o mar brasileiro

CG/EM - Cromatografia Gasosa/Espectrômetro de Massa

Cri - Criseno

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBahA - Dibenzo(ah)antraceno

DHA - Ácido graxo docosaheptaenóico

EAC - Ecotoxicological Assessment Criteria

EC - European Commission
ERL - Effects range low (Taxa mínima de efeitos)
ERM - Effects range median (Taxa média de efeitos)
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ESEC – Estação Ecológica de Tamoios
FA - Fluoranteno
FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FEN - Fenantreno
FIPERJ - Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro
FI - Fluoreno
HPA - Hidrocarboneto policíclico aromático
IEDBIG - Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande
IPi - Indeno (1,2,3-cd) pireno
 K_{ow} - Coeficiente de partição octanol-água
LABMAM - Laboratório de Estudos Marinho e Ambientais
LD - Limite de detecção do método
LMM/UFSC - Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina
LQ - Limite de quantificação do método
MMA - Ministério do Meio Ambiente
ng - nanograma
ng/g - nanograma por grama
ng/L - nanograma por litro
NAF - Naftaleno
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
ODS - Objetivos de desenvolvimento sustentável
ONU - Organização das nações unidas
OSPAR - Oslo and Paris Convention
PCBs - Bifenilas policloradas
Pe – Perileno
PESAGRO - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro
PEL - Probable Effect Level (Provável Nível de Efeito)
pH - pontencial hidrogeniônico

Pi - Pireno

PI - Padrão interno

ps - peso seco

pu - peso úmido

TEF - Fator de equivalência de toxicidade

TEL - Threshold Effect Level (Valor limiar de efeito)

TEQ - Quantificação de equivalência de toxicidade

TSM - Temperatura Superficial do Mar

UC - Unidade de Conservação

UNESCO - Organização das nações unidas para a educação, a ciência e a cultura

USEPA - United States Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)

INTRODUÇÃO GERAL

Os modelos econômicos aplicados à exploração dos recursos renováveis naturais, geralmente estabelecem um limite máximo de exploração, ou seja, o rendimento máximo sustentável. No entanto, tratando-se de recursos pesqueiros, esse limite é frequentemente ultrapassado, levando à sobre-exploração, ao esgotamento ou até mesmo à extinção do recurso (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

Segundo dados fornecidos pela FAO (2020), os valores médios da pesca de captura global total permaneceram relativamente estáveis desde o final da década de 1980 até 2018, com as capturas flutuando entre 86 milhões e 93 milhões de toneladas por ano. No entanto, em 2018, a produção total por pesca de captura atingiu o nível mais alto já registrado, 96,4 milhões de toneladas - um aumento de 5,4% em relação à média dos três anos anteriores.

A produção total de pesca e aquicultura atingiu um recorde de 214 milhões de toneladas em 2020, compreendendo 178 milhões de toneladas de animais aquáticos e 36 milhões toneladas de algas, em grande parte devido ao crescimento da aquicultura, especialmente na Ásia. O comércio internacional dos produtos da pesca e da aquicultura geraram cerca de US\$ 151 bilhões em 2020, abaixo do recorde de US\$ 165 bilhões em 2018, principalmente devido ao surto de COVID-19 (FAO, 2022).

A produção global de animais aquáticos estimada em 178 milhões de toneladas em 2020, representa uma ligeira queda em relação ao recorde histórico de 179 milhões de toneladas em 2018. Em 2020 a pesca de captura contribuiu com 90 milhões de toneladas (51%) e a aquicultura com 88 milhões de toneladas (49%).

Da produção global de animais aquáticos, mais de 157 milhões de toneladas (89%) foram utilizados para consumo humano. O restante 20 milhões de toneladas foram destinadas a produtos não alimentares, para produzir principalmente farinha de peixe e óleo de peixe (16 milhões de toneladas ou 81%) (FAO, 2022).

Além disso, a produção aquícola (principal impulsionador do crescimento da produção total desde o final da década de 1980) continuou a se expandir, embora em um ritmo mais lento nos últimos dois anos (3,3% em 2018–2019 e 2,6% em 2019–2020 versus uma média de 4,6% ao ano durante o período 2010–2018) (FAO, 2022).

Evidências acumuladas por mais de um século mostram que as pescarias mundiais impactam consideravelmente tanto as espécies-alvo, quanto as espécies capturadas como fauna acompanhante e demais organismos que compõem as relações tróficas dos ecossistemas, podendo levar espécies ou comunidades inteiras à extinção (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

Nos últimos anos, a aquicultura tem sido apontada como uma alternativa eficiente para o equilíbrio entre a oferta e a demanda do mercado mundial. O desequilíbrio atual se deve à diminuição dos estoques pesqueiros, causados pela sobre-exploração dos recursos e pela degradação de áreas essenciais ao manejo das espécies (CEMBRA, 2012). Além disso, houve, também, o incremento na demanda de alimentos, devido ao aumento da população mundial (FAO, 2020).

Em 2018 foram produzidos 17,7 milhões de toneladas de moluscos (US\$ 34,6 bilhões) principalmente bivalves (FAO, 2020).

A demanda por bivalves aumentou substancialmente ao longo do tempo. A produção responsável de bivalves na aquicultura tem um impacto ambiental positivo e benefícios nutricionais significativos, principalmente em termos de fornecimento de micronutrientes. Os altos preços sustentados dos bivalves catalisaram a expansão da indústria da aquicultura de bivalves em várias regiões (FAO, 2020).

O desenvolvimento científico dos últimos 50 anos melhorou a compreensão do funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a consciência global da necessidade de geri-los de forma sustentável. Vinte e cinco anos após a adoção do Código de Conduta para a Pesca Responsável (o Código; FAO, 1995), a importância de utilizar os recursos pesqueiros e da aquicultura de forma responsável é agora amplamente reconhecida e priorizada. O referido código descreveu o desenvolvimento de instrumentos, políticas e programas internacionais para apoiar os esforços de gestão responsável em nível global, regional e nacional (FAO, 2020).

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Nela foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser alcançados por todos os países até 2030. O Objetivo 14 da Agenda 2030, Vida na Água, visa conservar e promover o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos (ONU, 2019).

Em 2016, as Nações Unidas concluíram a primeira Avaliação Mundial dos Oceanos que apontou a urgência de gerenciar com sustentabilidade as atividades no oceano. Por isso, em 2017, foi proclamada a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, a ser implementada de 2021 a 2030, buscando cumprir os compromissos da Agenda 2030, com foco no ODS 14 e correlatos, e o estabelecimento de medidas para uma economia oceânica sustentável, garantindo um oceano produtivo e a segurança alimentar da população (ONU, 2019).

Esses esforços foram consolidados e priorizados desde 2015 para abordar particularmente, de forma coerente e coordenada o ODS 14 e outros ODS relevantes para a pesca e aquicultura. Para este fim, a implementação de políticas de gestão da pesca e da aquicultura com base científica, juntamente com regimes previsíveis e transparentes para a utilização e comércio internacional de peixes, são amplamente aceitos como critérios mínimos substantivos para a pesca e a aquicultura sustentáveis (FAO, 2020).

Adicionalmente a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou 2022 como o Ano Internacional da Pesca Artesanal e da Aquicultura (IYAFA 2022). O IYAFA 2022 se enquadra na Década da Agricultura Familiar das Nações Unidas, iniciada em 2019, em celebrações que visam proporcionar maior visibilidade aos pequenos produtores.

Os cultivos de ostras, vieiras e mexilhões vêm se tornando um importante segmento da indústria aquícola brasileira, por serem considerados atividades ambientalmente responsáveis e proporcionarem uma rápida melhoria da condição de vida de várias comunidades envolvidas (WASSERMAN, 2007)(CÔRTEZ; WASSERMAN; AVELAR, 2008). Ainda mais quando comparados ao custo de produção, inferior ao verificado na produção de peixes (piscicultura) e de camarões (carcinicultura), por exemplo. Isto porque os moluscos bivalves ocupam baixa posição na cadeia trófica e hábito de vida sésil, ou seja, passam a maior

parte da vida fixados, dedicando sua energia principalmente ao crescimento através do processo de filtração, alimentando-se de micro-organismos (vegetais e animais) e matéria orgânica dissolvida ou em pequenas partículas presentes na água (MARENZI; CASTILHO-WESTPHAL, 2011).

No Brasil, aquicultura marinha de bivalves (malacocultura) destaca-se nos estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro, sendo desenvolvida também em São Paulo, Paraná e Espírito Santo.

A malacocultura brasileira produz em escala comercial cinco espécies de bivalves marinhos, sendo três ostreídeos (ostras *Crassostrea gigas*, *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae*), um pectinídeo (vieira *Nodipecten nodosus*) e um mitilídeo (mexilhão *Perna perna*) (Figura 1). De acordo com a Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) quatro dessas espécies de bivalves são cultivados comercialmente no estado do Rio de Janeiro (*Crassostrea gigas*, *Crassostrea rhizophorae*, *Nodipecten nodosus* e *Perna perna*).



Figura 1 - Imagem ilustrativa das espécies de bivalves mais cultivadas no Brasil, na ordem *Crassostrea gasar* (ostra nativa), *Crassostrea gigas* (ostra exótica do pacífico), *Crassostrea rhizophorae* (ostra nativa), *Nodipecten nodosus* (vieira nativa) e *Perna perna* (mexilhão nativo).

As potencialidades da aquicultura marinha no Estado do Rio de Janeiro são grandes, de acordo com a avaliação de técnicos e pesquisadores vinculados a projetos desenvolvidos na região. O Estado possui o terceiro maior litoral do país com 625 km de extensão, encerrando condições fisiográficas e oceanográficas favoráveis a esta prática, sem contar que vem sendo privilegiado com o aumento da demanda no mercado interno e externo. Isto vem ocorrendo, por tratar-se de uma alternativa de sobrevivência nos períodos de defeso da pesca (CÔRTEZ; WASSERMAN; AVELAR, 2008).

No estado do Rio de Janeiro, as características geográficas e ambientais propícias impulsionaram o desenvolvimento da maricultura em duas regiões

principais: a Costa Verde, região do litoral sul que possui como seu polo Angra dos Reis, e a Região dos Lagos, destacando-se Arraial do Cabo (FIPERJ, 2021).

A maricultura efetivada pelas comunidades pesqueiras tradicionais da Ilha Grande teve início no ano de 1996, quando a Prefeitura Municipal de Angra dos Reis (PMAR) através da Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca (SMAP), implantou o Projeto de Desenvolvimento Sustentável da Baía da Ilha Grande que constituiu a maior ação dirigida à aquicultura familiar no município de Angra dos Reis, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro (MOSCHEN, 2007).

A espécie escolhida para iniciar o projeto foi o mexilhão *Perna perna*, por demandar tecnologia simples e o fornecimento de sementes não depender de laboratório, sendo as mesmas obtidas no meio natural o que, a princípio, facilitaria o processo produtivo. Paralelamente ao cultivo de mexilhões foram sendo realizados alguns experimentos com a vieira *Nodipecten nodosus*, espécie nativa muito comum na Baía da Ilha Grande (MOSCHEN, 2007).

Também na década de 90 foi iniciado o Projeto de Repovoamento Marinho da Baía da Ilha Grande (POMAR), desenvolvido pelo Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande (IEDBIG), uma organização não governamental, de caráter social, ambiental e científico, que tem como objetivo principal o estabelecimento da maricultura através da reprodução da vieira *Nodipecten nodosus* em laboratório.

No Brasil a produção de sementes em laboratório é realizada atualmente pelo IEDBIG em Angra dos Reis/RJ, e pelo Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC) em Florianópolis/SC.

A cultura bivalve em geral está experimentando um aumento da produção e ganhando maior importância como alternativa econômica ao declínio da pesca artesanal. Como resultado, a demanda por águas límpidas e cristalinas para a cultura bivalve está contribuindo para uma maior consciência ambiental nas comunidades costeiras e provocando políticas públicas para o saneamento de moluscos e o manejo adequado da zona costeira (Novaes *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2014, RUPP; PARSONS, 2016).

No entanto, à medida que o cultivo de moluscos bivalves atinge níveis crescentes de produção, com bons rendimentos econômicos, a tendência é que a necessidade de maior controle da qualidade ambiental dos locais de cultivo e dos produtos também aumente (MARENZI; CASTILHO-WESTPHAL, 2011).

Vários são os fatores bióticos e abióticos que influenciam ou interferem no desenvolvimento dos animais de cultivo, podendo-se destacar os seguintes: temperatura, salinidade, disponibilidade alimentar, densidade populacional, poluição, predação e parasitismo.

Apesar das vantagens alimentares dos produtos marinhos, particularmente dos moluscos, estes são cultivados na água do mar, por isso, têm sua qualidade intimamente vinculada às condições químicas, físicas e biológicas desta água, ficando sujeitos a doenças, algumas delas inclusive, podem ser fatais para o homem. Neste sentido, a qualidade continuada dos moluscos bivalves cultivados, utilizados no consumo e comercialização, só pode ser garantida a partir da preservação da qualidade da água, da higidez das sementes, dos animais e das condições dos ecossistemas costeiros, onde estão inseridos (CÔRTEZ; WASSERMAN; AVELAR, 2008).

Como filtradores de suspensão, as vieiras podem também ser indicadores de poluição, sendo considerados organismos sentinelas, já que têm a capacidade de reter material orgânico e inorgânico da água do mar.

Em 2007 produtores da Associação dos Maricultores da Baía da Ilha Grande (AMBIG) no Rio de Janeiro, detectaram modificações fisiológicas nos moluscos cultivados. As ostras apresentaram alteração na coloração do líquido intravalvar, que se mostrava esverdeado, enquanto as vieiras apresentavam os rins com um volume maior do que o normal e com a coloração vinho, quando normalmente é marrom claro. Apesar das alterações fisiológicas, não foram registradas mortalidades entre os animais (Panorama aquicultura, 2007).

Nesta ocorrência não foi possível determinar qual era a doença, o porquê do seu surgimento, e quais as ações necessárias para mitigar ou excluir seus efeitos. Não houve indicações seguras de que se tratava, efetivamente de uma doença, ou de uma simples resposta fisiológica, a alguma variável ambiental, pelo fato de não ter havido uma análise integrada dos resultados, de maneira a permitir a documentação da ocorrência. Dos exames realizados, apenas os laudos bacteriológicos foram remetidos para a AMBIG. Durante esse período, foram divulgados os resultados de exames bacteriológicos, histológicos e do fitoplâncton, realizados por pesquisadores de diferentes universidades locais, mas não houve consenso, quanto à presença ou ausência de patógenos, desta forma o comércio de bivalves foi interrompido por um período na região, mas liberado

posteriormente, quando os animais se apresentaram novamente dentro dos padrões, sem ter sido estabelecida a causa das anormalidades registradas (CÔRTEZ; WASSERMAN; AVELAR, 2008).

Após esse episódio não foram registrados outros eventos similares, porém nos últimos anos a produção de vieiras na região da Baía de Ilha Grande vem apresentando considerável queda, devido a elevada taxa de mortalidade em diversas fases do ciclo de vida desse bivalve, especialmente nas fases iniciais, para a qual ainda não foi determinada causa.

Em 2019 o IED-BIG, fez um informe a respeito da mortalidade de vieiras na Reunião do Conselho Consultivo da Estação Ecológica de Tamoios (ESEC). Conforme comunicado realizado, o primeiro evento foi registrado em 2017, com 300.000 vieiras mortas e em 2019 outros eventos de mortalidade foram registrados, com perda de mais de 80% das vieiras. A causa da mortalidade ainda não foi elucidada, mas segundo informado nesta reunião, análises começaram a ser feitas para identificar se a mortalidade está relacionada a contaminação por bactérias e/ou protozoários (ESEC, 2019).

Em julho de 2021 a Secretaria de Desenvolvimento Econômico/Secretaria Executiva de Agricultura, Aquicultura e Pesca de Angra dos Reis assinou um acordo de cooperação técnica com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), esse acordo permitirá ao município ter acesso a análises laboratoriais dos produtos de origem animal e vegetal. E segundo a prefeitura também será importante para identificar o que está causando problemas no desenvolvimento das vieiras no município (DIÁRIO DO VALE, 2021).

Em março de 2022 a FIPERJ visitou as instalações do IED-BIG, para fomentar o apoio técnico à instituição e o auxílio aos maricultores da região da Baía da Ilha Grande afetados pela mortalidade de vieiras. A parceria da FIPERJ com o IED-BIG está prevista no Termo de Cooperação Técnica lavrado entre as duas instituições em 2021. Para auxiliar os produtores, estão previstas ações de pesquisa científica e incremento da cadeia produtiva, onde se pretende aumentar a distribuição de sementes de vieiras para aqueles que sofreram grandes perdas, e também a realização de estudos que possam identificar as causas da mortalidade, evitando que a ocorrência se repita (FIPERJ, 2022).

Pelo exposto, o conhecimento e monitoramento das condições ambientais, assim como o entendimento das interações desses fatores nas fases de desenvolvimento das vieiras, podem contribuir para práticas de cultivo e manejo mais sustentáveis e para gestão da qualidade ambiental das áreas produtivas.

OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Considerando o contexto aqui apresentado, o presente estudo tem como objetivo geral abordar os principais aspectos de qualidade ambiental que podem interferir no crescimento e sobrevivência do molusco bivalve *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758), com uma avaliação integrada do estado da arte visando o desenvolvimento sustentável da atividade.

Além da presente introdução e conclusão geral, a dissertação está organizada em dois capítulos no formato de artigos a serem publicados em periódicos científicos nacionais, estruturados com base nos objetivos específicos conforme descrito a seguir:

O CAPÍTULO 1 – “*Nodipecten nodosus*: uma revisão bibliométrica da produção científica mundial”, apresenta uma revisão sistemática da produção científica global sobre a espécie, com uma análise quantitativa e descritiva dos estudos selecionados.

O CAPÍTULO 2 – “Poluentes orgânicos persistentes em vieiras de cultivos suspensos da Baía de Ilha Grande/RJ”, fornece uma avaliação da qualidade química da água na área de produção, com base na análise e quantificação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de organismos adultos em idade comercial, cultivados na região, por meio de experimentação.

CAPÍTULO 1

Nodipecten nodosus: uma revisão bibliométrica
da produção científica mundial



www.apta.sp.gov.br

Nodipecten nodosus: uma revisão bibliométrica da produção científica mundial

RESUMO

Neste estudo, foi realizada uma análise bibliométrica para avaliar a produção científica global sobre a espécie *Nodipecten nodosus* até setembro de 2021. O portfólio extraído das principais bases de dados que incluiu artigos científicos, revisões e capítulos de livros gerou um total de 151 publicações, posteriormente selecionados através do Methodi Ordinatio, com priorização a partir de três critérios: fator de impacto, ano de publicação e número de citações, gerando um total de 72 publicações para revisão bibliométrica e descritiva. O resultado indicou que as publicações variaram de forma descontinuada ao longo de 1998 a 2021. O Brasil possui o maior número de publicações próprias e em coautoria, totalizando participação em 50% do portfólio selecionado. A maior parte dos estudos foram realizados por cooperações internacionais, em áreas de cultivo brasileiras, venezuelanas e colombianas. Freites foi o autor com maior número de publicações. Aquaculture foi o periódico mais produtivo. As análises das palavras-chave dos autores sugeriram que “crescimento” foi o termo usado com mais frequência, seguido por “sobrevivência”. As principais áreas de pesquisa relacionadas à espécie foram “crescimento e sobrevivência”, “reprodução”, “poluição” e “genética, taxonomia e morfologia”. Embora as tecnologias de cultivo estejam bem consolidadas, foram verificadas lacunas na integração de estudos ligados à avaliação e gestão da qualidade ambiental das áreas de produção, seja com base em análises de parâmetros físicos, químicos ou biológicos, sendo importante o desenvolvimento de pesquisas visando a estruturação de aspectos legais bem como a determinação de áreas mais propícias à produção garantindo a implantação da atividade de forma econômica e ambientalmente sustentável.

Palavras-chave: *Nodipecten nodosus*; análise bibliométrica; cientometria; revisão; aquicultura; qualidade ambiental.

Nodipecten nodosus: a bibliometric review of world scientific production

ABSTRACT

In this study, a bibliometric analysis was carried out to evaluate the global scientific production on the *Nodipecten nodosus* species until September 2021. The portfolio extracted from the main databases that included scientific articles, reviews and book chapters generated a total of 151 publications, subsequently selected through the Methodi Ordinatio, with prioritization based on three criteria: impact factor, year of publication and number of citations, generating a total of 72 publications for bibliometric and descriptive review. The result indicated that the publications varied discontinuously from 1998 to 2021. Brazil has the largest number of own and co-authored publications, totaling 50% of the selected portfolio. Most of the studies were carried out by international cooperations, in Brazilian, Venezuelan and Colombian cultivation areas. Freitas was the author with the highest number of publications. Aquaculture was the most productive journal. The authors' keyword analyzes suggested that "growth" was the most frequently used term, followed by 'survival". The main areas of research related to the species were "growth and survival", "reproduction", "pollution" and "genetics, taxonomy and morphology". Although the cultivation technologies are well established, gaps were observed in the integration of studies related to the evaluation and management of the environmental quality of the production areas, whether based on analyzes of physical, chemical or biological parameters, being important the development of research aimed at structuring of legal aspects as well as the determination of areas more favorable to production, guaranteeing the implementation of the activity in an economically and environmentally sustainable way.

Keywords: *Nodipecten nodosus*, aquaculture, environmental quality, bibliometric analysis, scientometrics, review.

1. INTRODUÇÃO

Os moluscos bivalves têm a capacidade de transformar rapidamente o seu alimento em grande quantidade de carne, ingerindo diretamente o plâncton produzido nos oceanos e compondo uma cadeia alimentar curta, ligada diretamente aos seres humanos. Razão pela qual o cultivo de moluscos (malacocultura) representa grande parte da produção mundial na aquicultura (MARENZI; CASTILHO-WESTPHAL, 2011).

Os altos preços sustentados dos bivalves catalisaram a expansão da indústria da aquicultura bivalve em várias regiões. Em 2018 os pectinídeos representaram 11% da produção total mundial de moluscos, com 1.918.000 toneladas (FAO, 2020).

Existem cerca de 400 espécies de pectinídeos, comumente chamados de vieiras, que são membros importantes de comunidades bentônicas de regiões tropicais a boreais. Porém, apenas 10% dessas espécies foram exploradas comercialmente. Em comparação com ostras, mexilhões e amêijoas (vongole), o cultivo de vieiras é uma atividade relativamente nova (LODEIROS *et al.*, 2021).

As vieiras são moluscos bivalves da família Pectinidae com ocorrência em todos os mares e oceanos e que apresentam grande importância ecológica e econômica, sendo alvo de importantes atividades de pesca e aquicultura em muitos países (RUPP, 2020).

Entre as 16 espécies de pectinídeos descritas para o litoral brasileiro, duas se destacam devido ao maior tamanho e interesse comercial: *Nodipecten nodosus* (LINNAEUS 1758) e *Euvola ziczac* (LINNAEUS 1758), sendo a primeira a única espécie cultivada no Brasil.

Nas décadas de 70 e 80, *Euvola ziczac* foi alvo da indústria pesqueira ao largo do litoral de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, porém, devido à excessiva exploração, seus estoques foram dizimados de maneira irreversível (PEZZUTO; BORZONE, 2004).

O pectinídeo *Nodipecten nodosus*, Linnaeus (1758), destaca-se pelo potencial zootécnico e econômico na aquicultura (RUPP, 2009), sendo a maior vieira do litoral brasileiro com até 18cm (RUPP, 2020). Apresenta uma distribuição geográfica tipicamente tropical, ocorre desde o sul da Península de Yucatán, leste

da América Central, ilhas do Caribe, Colômbia, Venezuela e, descontinuamente, ao longo do litoral brasileiro, até o Estado de Santa Catarina, que é o limite sul de sua distribuição, e em alguns pontos da África (São Tomé e Príncipe, Golfo do Gabão e Ilha Ascensão) (Rios, 1994)(GALVÃO *et al.*, 2009) (Figura 1).



Figura 1 - Distribuição da espécie *Nodipecten nodosus*. Fonte: <https://www.aquamaps.org>.

A importância econômica, ecológica e evolutiva da espécie gerou muitos estudos de várias disciplinas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Temas de pesquisa mais estudados e algumas das referências encontradas.

Tema de pesquisa	Referências
crescimento, reprodução e sobrevivência	(FREITES <i>et al.</i> , 2014; LODEIROS <i>et al.</i> , 1998, 2016a; RUPP; PARSONS, 2016; SILVA <i>et al.</i> , 2020; VELASCO; BARROS, 2019a);
poluição e biomonitoramento	(ANDRÉ LOURENÇO <i>et al.</i> , 2015; LINO <i>et al.</i> , 2016; PIAZZA <i>et al.</i> , 2016; VANNUCI-SILVA <i>et al.</i> , 2017);
patologias	(DA SILVA; MAGALHÃES; BARRACCO, 2011; SOARES <i>et al.</i> , 2012a; SÜHNEL <i>et al.</i> , 2014a);
segurança alimentar	(LAFISCA; DE MESQUITA; VIEIRA-DA-MOTTA, 2019; SOARES <i>et al.</i> , 2012b);
morfologia	(AUDINO <i>et al.</i> , 2015a, 2015b, 2015c, 2015d; AUDINO; SERB; MARIAN, 2020);
fatores ambientais	(BAHIA, 2016; CARRARO <i>et al.</i> , 2012; CORTÉS-USECHE; GÓMEZ-LEÓN; SANTOS-ACEVEDO, 2011; POURMOZAFFAR <i>et al.</i> , 2019; RUPP <i>et al.</i> , 2005; RUPP; PARSONS, 2004; SANTOS <i>et al.</i> , 2017);
genética	(AMERICO <i>et al.</i> , 2013; HERNANDEZ-IBARRA; RAMIREZ; IBARRA, 2020; IBARRA <i>et al.</i> , 2006; PETERSEN; IBARRA; MAY, 2009; SAAVEDRA; PEÑA, 2006);

Quanto à reprodução, são organismos hermafroditas funcionais e sua gônada apresenta uma coloração branca na parte responsável pela produção de espermatozoides e uma coloração laranja na porção que produz os ovócitos. Os gametas são liberados na água e a fecundação é externa. Com hábito epibentônico, alimentam-se de partículas em suspensão, que filtram da água e bombeiam para o interior da concha.

O hábito alimentar destes animais os torna suscetíveis à incorporação de contaminantes, tanto pelo que o animal ingere, como pela fração solúvel na água (Rainbow, 2002) (GALVÃO *et al.*, 2010b).

Para conhecer as características e tendências das pesquisas sobre uma espécie, é importante a realização de análises integradas e sistemáticas sobre a produção científica. A bibliometria é uma forma de análise estatística usada para analisar a literatura acadêmica quantitativamente. Embora já bastante consolidada, uma avaliação sistemática dos resultados da pesquisa sobre a vieira *Nodipecten nodosus* não foi localizada.

Com foco no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14, vida na água, buscando cumprir os compromissos da Agenda 2030, (ONU, 2019). Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, a ser implementada de 2021 a 2030, reforça a urgência de gerenciar com sustentabilidade as atividades no oceano.

Adicionalmente a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou 2022 como o Ano Internacional da Pesca Artesanal e da Aquicultura (IYAFA).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é fornecer à comunidade de pesquisadores e de aquicultores uma revisão sistemática da produção bibliográfica global sobre a espécie *Nodipecten nodosus*, através de uma análise bibliométrica e descritiva dos estudos selecionados que poderá apontar lacunas que precisam ser preenchidas por meio da realização de novos estudos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Revisão sistemática da literatura

Neste trabalho, para a revisão sistemática da literatura, foi utilizado o *Methodi Ordinatio*, uma metodologia multicritério de tomada de decisão proposto por Pagani *et al.* (2015) para seleção de artigos científicos, com priorização a partir de três critérios: fator de impacto, ano de publicação e número de citações (PAGANI; KOVALESKI; DE RESENDE, 2018). A composição do portfólio bibliográfico atendeu as 9 etapas desta metodologia conforme apresentado na Figura 2.

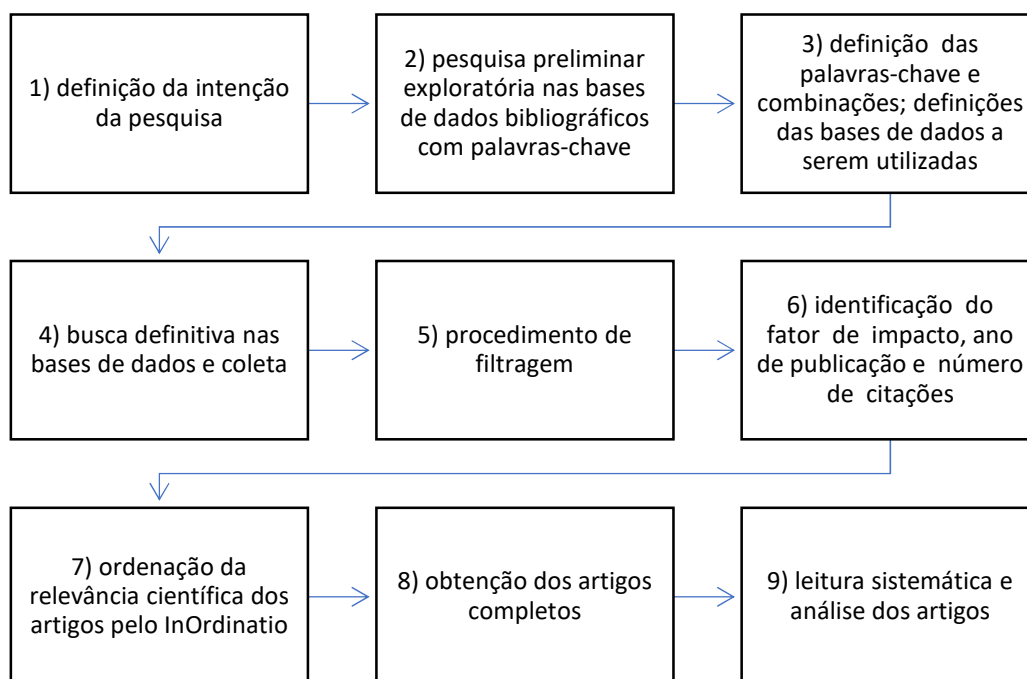


Figura 2 – Etapas para realização do *Methodi Ordinatio*. Adaptado: Pagani *et al.* 2015.

Na primeira etapa a intenção da pesquisa foi definida inicialmente como “analisar os estudos sobre o crescimento e a sobrevivência, e os aspectos relacionados a mortalidade da espécie de vieira *Nodipecten nodosus*”. Na segunda etapa uma pesquisa exploratória foi então realizada para definir possíveis palavras-chave e os bancos de dados a serem utilizados. Nesta etapa, foram utilizadas diversas combinações para termos de busca incluindo o nome, a classificação da espécie e os temas de estudo. O processamento do levantamento bibliográfico incluiu a tokenização, extração das palavras com maior

relevância para realização da busca de dados, com a separação do tema de pesquisa em *tokens* e foram ainda aplicadas a normalização, dentre as quais destacam-se a conversão para caixa baixa, remoção de caracteres não alfanuméricos, remoção de acentos, sendo ainda utilizados os termos de busca em inglês.

Na terceira etapa foram então selecionados os bancos de dados das bases eletrônicas Web of Science (WOS) e SCOPUS através do Portal de Periódicos CAPES CAFe, e para uma pesquisa complementar os portais Google Scholar (www.scholar.google.br) e ResearchGate.

Para quarta etapa os termos finais da pesquisa foram definidos utilizando-se apenas o nome científico da espécie, sem uma temática específica, visando assim analisar toda produção sobre a espécie, sendo a seleção realizada por meio dos operadores booleanos, que transformam uma busca em uma expressão lógica, incluindo “(Nodipecten or Lyropecten) and nodosus”, “ou” para aumentar a abrangência da pesquisa aos dois gêneros que denominam o organismo objeto de estudo, uma vez que a espécie é também cientificamente denominada *Lyropecten nodosus* e “e” para restringir os resultados a espécie alvo. Esta etapa realizada até setembro de 2021, sem uma data de início, gerou um número bruto de 151 documentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados brutos da busca sistemática, antes da filtragem.

Palavras chave	base de dados Portal de Periódicos CAPES CAFe		busca complementar		Total
	Web of Science Clarivate	SCOPUS	Google Scholar	Research gate	
(<i>Nodipecten</i> or <i>Lyropecten</i>) and <i>nodosus</i>	74	66	10	1	151

Para atendimento à quinta etapa, os documentos selecionados foram analisados no gerenciador de referências Mendeley. Nesta ferramenta foi aplicado o procedimento de filtragem e eliminação, conforme critérios apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Filtragem e seleção do portfólio.

ETAPAS	DOCUMENTOS EXCLUÍDOS	RESTANTE
Número bruto de documentos		151
Exclusão de conferências, teses, dissertações	5	146
Exclusão por duplicatas	57	89
Exclusão dos documentos não alinhados ao tema	17	72
Total		72

Após as filtrações, os 72 documentos finais foram exportados do gerenciador Mendeley e importados para o software JabRef e deste, as referências foram exportadas e editadas em uma planilha Excel. Conforme indica a sexta etapa do método foram inseridas as colunas: fator de impacto (JCR 2020) e número de citações, na sétima etapa foi aplicada a equação InOrdinatio (PAGANI; KOVALESKI; DE RESENDE, 2018), cuja relação completa encontra-se no anexo 1.

$$\text{InOrdinatio} = (\text{IF}/1000) + \alpha * [10 - (\text{Ano da pesquisa} - \text{Ano da publicação})] + (\sum C_i)$$

Onde IF é o fator de impacto, α é um fator de ponderação variando de 1 a 10, atribuído pelo pesquisador. Quanto menor for a importância ao critério ano, o valor de α deverá ser mais próximo de um. Para esta pesquisa, o valor atribuído a α foi 5, considerando uma média entre os artigos mais atuais e as publicações de base.

O número de citações das publicações selecionadas foi levantado pelo Google Scholar uma vez que na busca base pelos periódicos aparecem apenas as citações da mesma base de dados e, portanto, em número inferior ao total real de citações.

Após a obtenção dos documentos completos (etapa 8), para análise descritiva deste trabalho, optou-se pela leitura sistemática e análise dos 58 documentos cujo InOrdinatio foi positivo. Para garantir que o número de trabalhos analisados era adequado, fez-se uma avaliação a partir dos artigos com índices negativos. Verificou-se que os resultados desses já haviam sido abordados em outros trabalhos mais recentes. Assim, os trabalhos mais antigos lidos foram aqueles identificados como “clássicos” e cujo InOrdinatio era positivo.

2.2 Análises bibliométricas

As análises bibliométricas dos 72 documentos do portfólio selecionado foram desenvolvidas através dos softwares VOSviewer e Biblioshiny. O VOSviewer adota uma interface focada na visualização de redes bibliométricas e o Biblioshiny apresenta maior número de possibilidades em análises (MOREIRA; GUIMARÃES; TSUNODA, 2020). Este último consiste de um pacote desenvolvido para a linguagem R e que fornece um conjunto de ferramentas para pesquisas relacionadas à bibliometria e à cientometria (ARIA; CUCCURULLO, 2017). As ferramentas acessadas em setembro de 2021 encontram-se disponíveis em: <http://www.bibliometrix.org/biblioshiny.html> e <https://www.vosviewer.com/>.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características das publicações

O número de publicações no portfólio selecionado sobre a espécie *Nodipecten nodosus* variou de forma descontinuada ao longo de 1998 a 2021 (Figura 3), com destaque ao ano de 2016 com maior número de publicações (8), 2009 (6), 2015 (6) e 2020 (6).

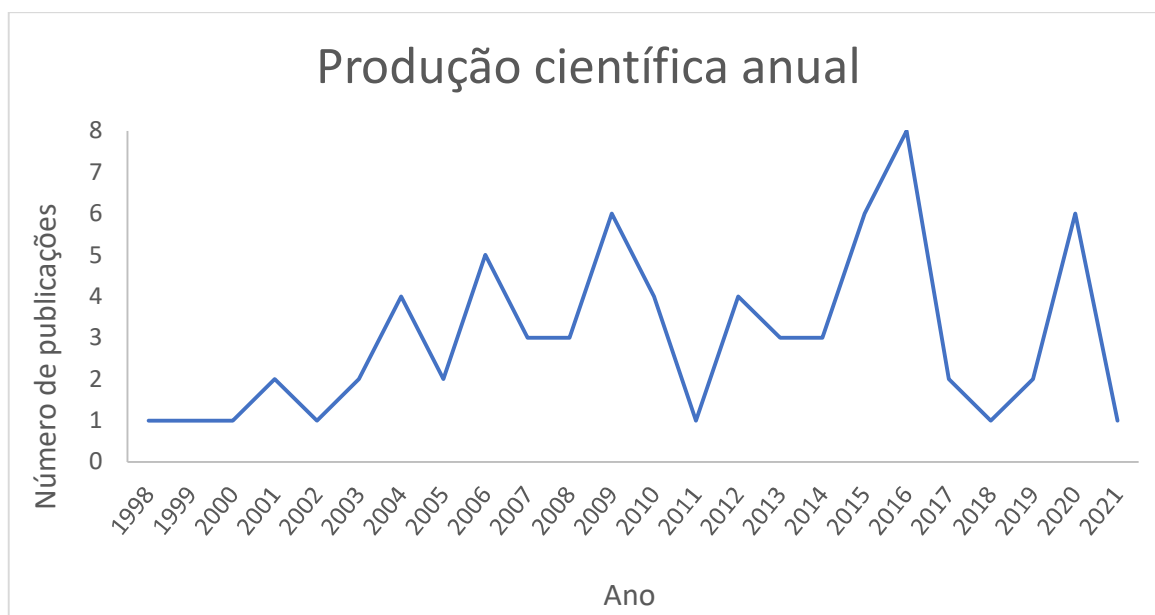


Figura 3 – Produção científica anual sobre a espécie *Nodipecten nodosus* de 1998 a 2021 no portfólio selecionado.

As 72 publicações selecionadas correspondem a 6 capítulos de livro, 2 revisões e 64 artigos.

Os artigos e revisões foram publicados em 37 periódicos. Destes, 9 periódicos publicaram pelo menos 2 documentos. Aquaculture foi o periódico mais popular (10), seguido por Aquaculture Research (7), Journal of Shellfish Research (7) e Boletim do Instituto de Pesca (4) (Tabela 4). O índice h calculado pela relação do número de trabalhos publicados (NP) e o número total de citações (TC), também foi analisado para avaliar a produção e o impacto dos periódicos, neste estudo, Aquaculture tem o maior TC (267) e o maior índice h (10) entre os 5 principais periódicos do portfólio selecionado (Tabela 5).

Tabela 4 - Ranking dos 9 principais periódicos do portfólio selecionado com base no número de publicações.

PERIÓDICO	NP
AQUACULTURE	10
AQUACULTURE RESEARCH	7
JOURNAL OF SHELLFISH RESEARCH	7
BOLETIM DO INSTITUTO DE PESCA	4
BOLETIN DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS	2
BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY	2
JOURNAL OF EXPERIMENTAL MARINE BIOLOGY AND ECOLOGY	2
JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNITED KINGDOM	2
REVIEWS IN AQUACULTURE	2

Tabela 5 – Ranking dos 5 principais periódicos do portfólio selecionado com base no índice h. TC: número total de citações; NP: Número de publicações; FI: fator de impacto (JCR 2020).

PERIÓDICO	Índice h	TC	NP	FI (2020)	Ano inicial
AQUACULTURE	10	267	10	4,242	1998
AQUACULTURE RESEARCH	6	105	6	2,082	2002
JOURNAL OF SHELLFISH RESEARCH	6	64	6	1,396	2004
JOURNAL OF EXPERIMENTAL MARINE BIOLOGY AND ECOLOGY	2	73	2	2,171	1999
BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY	2	30	2	1,651	2009

3.2 Principais autores e análise de coautoria

Na Tabela 6 estão representados os 11 autores mais relevantes e o número de publicações por autor (NP). Freites foi o autor com maior número de publicações (12), seguido de Lodeiros (11), ambos da Venezuela, após Rupp autor brasileiro (10), Ferreira, Suhnel também do Brasil e Velasco da Colômbia com 9 publicações cada. Na Figura 4 estão representadas as relações de coautoria entre os 11 autores com maior número de publicações.

Tabela 6 – Representação dos 11 principais autores no portfólio selecionado e o número de publicações por autor (NP).

AUTORES	NP
Freites, L	12
Lodeiros, CJ	11
Rupp, GS	10
Ferreira, JF	9
Suhnel, S	9
Velasco, LA	9
Barros, J	7
Magalhães, ARM	7
Himmelman, JH	6
Lagreze, F	6
Parsons, GJ	6

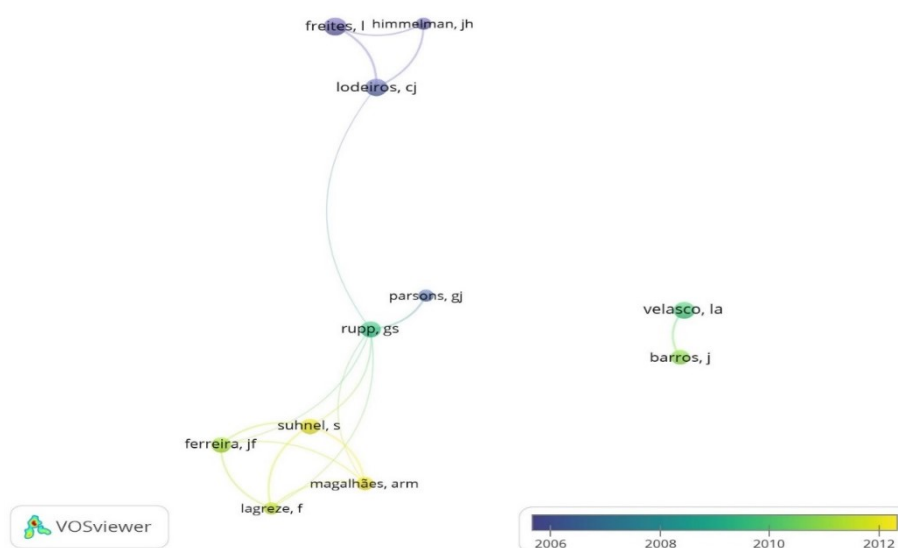


Figura 4 – Relação de coautoria entre os 11 principais autores com maior número de publicações no portfólio selecionado ao longo do tempo. Fonte: VOSviewer.

3.3 Análise da cooperação entre países

As publicações selecionadas são de autores de 13 países ao redor do mundo. O Brasil possui o maior número de publicações próprias (21) e em coautoria (16), totalizando participação em 50% do portfólio selecionado. Segue a Colômbia, se consideradas as publicações nacionais (11) e o Canadá (15) no total de publicações, incluindo coautorias. A análise de cooperação mostrou que grande parte dos trabalhos foram realizados em colaboração com outros países (Figura 5).

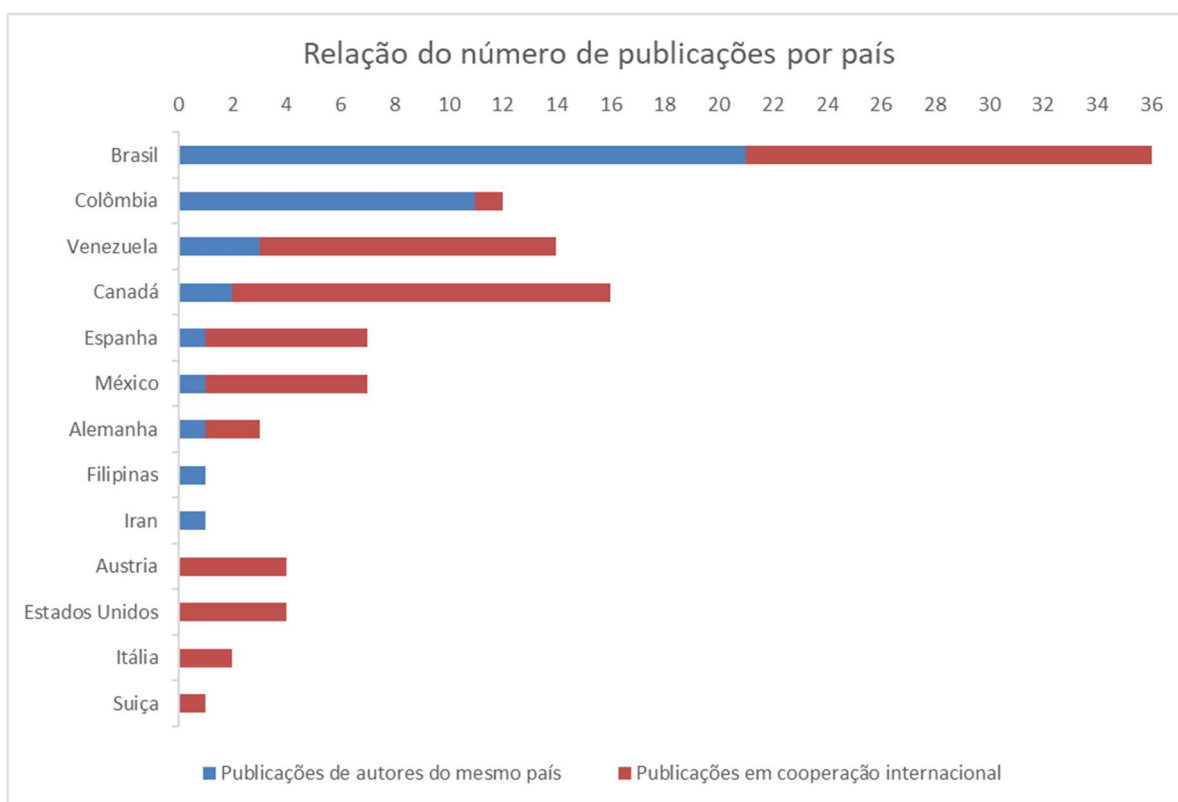


Figura 5 - Relação do número de publicações por país, com destaque as publicações de autores de apenas uma nacionalidade, e publicações realizadas por autores de diferentes nacionalidades em cooperações internacionais de 1998 a 2021.

3.4 Co-ocorrência de palavras-chave

Uma vez que se utilizou o nome científico da espécie para seleção do portfólio, as palavras *Nodipecten nodosus*; *Lyropecten (Nodipecten) nodosus*; *Lyropecten (=Nodipecten) nodosus* e *Lyropecten nodosus* foram desconsideradas da análise de co-ocorrência das palavras-chave, assim como outros termos que

identificam o organismo objeto de estudo, como vieira(s), molusco(s), bivalve(s), Pectinidae e vieira pata de leão, por se tratar de palavras equivalentes a busca dos documentos.

A Tabela 7 contém as principais palavras-chave, já desconsiderando os termos acima citados, e o número de ocorrência no portfólio selecionado.

Tabela 7 – Principais palavras-chave no portfólio selecionado e o número de ocorrência no período de 1998 a 2021, desconsiderando os termos de busca.

Posição	Palavra-chave	Ocorrência	Posição	Palavra-chave	Ocorrência
1	crescimento	14	13	morfologia	3
2	sobrevivência	9	14	<i>Nodipecten subnodosus</i>	3
3	<i>Argopecten nucleus</i>	7	15	cultivo berçário	3
4	Brasil	4	16	pós larva	3
5	densidade	4	17	temperatura	3
6	Golfo de Cariaco	4	18	Venezuela	3
7	aquacultura	3	19	cultivo	3
8	astaxantina	3	20	carotenóides	2
9	bioacumulação	3	21	condicionamento	2
10	dha	3	22	biodisponibilidade	2
11	fatores ambientais	3	23	desenvolvimento embrionário	2
12	larva	3	24	epibiontes	2

As palavras-chave revelam que a maior parte dos estudos se concentrou no Brasil e na Venezuela.

Na costa venezuelana, no sudoeste do Mar do Caribe, mais de 200 espécies de bivalves foram catalogadas, incluindo 10 espécies de pectinídeos, sendo que apenas *Nodipecten nodosus* e *Euvola ziczac* são explorados nas regiões costeiras para consumo local. Após um aumento na demanda por vieiras na década de 1980, o Instituto Oceanográfico da Venezuela da Universidade de Oriente iniciou estudos experimentais com vieiras do Caribe, principalmente no Golfo de Cariaco (LODEIROS *et al.*, 2016b).

No Brasil os estudos relacionados a aquacultura de bivalves foram conduzidos em sua maioria a partir da década de 1990, nos estados de Santa Catarina, com destaque para Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), além de trabalhos conduzidos em São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo por diversas instituições.

Crescimento e sobrevivência é o tema mais estudado, desde o início das pesquisas relacionadas à espécie, sendo comum a avaliação da densidade populacional nos cultivos, análises das etapas reprodutivas, e dos fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento da espécie como temperatura, salinidade, predação, parasitismo e incrustação por epibiontes, além de questões relacionadas a área de estabelecimento do cultivo como profundidade, ventos e ondas.

A sobrevivência da espécie *Nodipecten nodosus*, é variável e pode ser bastante baixa, oscilando entre 14 e 80% (Lodeiros *et al.* 1998, Acosta *et al.* 2000, Mendoza *et al.* 2003, Rupp 2007, Velasco *et al.* 2009, Gómez-León *et al.* 2010). Os principais fatores relacionados à baixa sobrevivência dessas espécies são a predação, a presença de grandes quantidades de bioincrustação e altas temperaturas (> 28 ° C) (Freites & Núñez 2001, Rupp 2007, Velasco *et al.* 2009) (VELASCO; BARROS, 2019b).

Lodeiros e colaboradores (2021) destacam que o manejo com a troca das redes deve ser realizado para reduzir a densidade das vieiras, remover predadores como estrelas do mar, caranguejos e gastrópodes, e evitar o acúmulo de incrustações nas malhas, o que diminui a circulação de água na rede e, conseqüentemente, a disponibilidade de alimentos (LODEIROS *et al.*, 2021).

RUPP (2007) identificou que organismos incrustantes sobre as conchas podem causar deformações nas valvas, reduzindo seu valor comercial. Os resultados do estudo realizado ofereceram indícios que um período superior a 120 dias sem a limpeza das valvas pode provocar efeitos deletérios sobre as vieiras cultivadas (RUPP, 2007).

Outros estudos sugerem ainda que a competição interespecífica de vieiras com organismos incrustantes começa a afetar o crescimento das vieiras após um determinado tamanho corporal, possivelmente devido ao esgotamento dos recursos alimentares. Roma *et al.* (2009) testaram o uso de ouriços do mar (*Lytechinus variegatus* e *Echinometra lucunter*) e um gastrópode (*Tegula viridula*) como biocontroladores de incrustação no cultivo de *Nodipecten nodosus*. Os ouriços do mar foram capazes de reduzir a incrustação nas lanternas, mas não nas valvas das vieiras. Vieiras cultivadas em associação com *Echinometra lucunter* exibiram uma altura de concha significativamente maior do que os outros tratamentos, indicando o uso potencial desta espécie como um biocontrolador no

cultivo de vieiras. Esses resultados concordam com Lodeiros e Garcia (2004) em que *Echinometra lucunter* também reduziu a incrustação nas redes, mas não nas conchas das ostras (RUPP; PARSONS, 2016).

Quanto ao desenvolvimento da espécie foram localizados estudos relacionados a morfologia, desenvolvimento embrionário, condicionamento, e características de cultivo.

Manzoni *et al.* (1996) realizaram um estudo para avaliar a variação do índice de condição gonadosomático de uma população de *Nodipecten nodosus* em Santa Catarina que indicou um padrão de liberação de gametas parcial e assíncrono, possivelmente com desovas ao longo de todo o ano.

Dos estudos que abordam a reprodução e suas fases, destaca-se a palavra astaxantina, um carotenóide incorporado na dieta que de acordo com as pesquisas realizadas afeta positivamente a viabilidade larval da espécie (SCHLEDER *et al.*, 2008; SÜHNEL *et al.*, 2010, 2014b).

Outro termo relacionado aos estudos com enriquecimento da dieta é o DHA, ácido docosahexaenóico, um ácido graxo essencial, testado na fase de maturação para avaliação dos efeitos na desova e no crescimento e sobrevivência larval (SÜHNEL *et al.*, 2012; VELASCO; BARROS, 2007, 2008).

A temperatura e a salinidade são considerados os principais fatores que afetam a sobrevivência e o crescimento dos organismos marinhos. É provável que ocorram altas mortalidades quando os limites de tolerância para esses fatores são excedidos, seja em populações naturais ou cultivadas (RUPP; PARSONS, 2016). De acordo com estudos realizados por RUPP e PARSONS 2004, os adultos mostram menor tolerância à temperatura e salinidade, e concluem ainda que as vieiras podem ser mais vulneráveis a eventos de baixa salinidade quando expostas a altas temperaturas, o que pode ser frequentemente registrado durante o verão.

A salinidade é um fator que limita claramente a distribuição das vieiras e é uma consideração importante na aquicultura. A maioria das espécies vive em água do mar de alta salinidade e não sobrevive em baixas salinidades. As vieiras, ao contrário da maioria dos outros bivalves, são incapazes de fechar suas valvas e a concentração osmótica da hemolinfa entra em equilíbrio com a concentração do meio externo após um determinado período, causando estresse fisiológico e

mortalidade posterior. As tolerâncias de salinidade variam entre as espécies de vieiras; no entanto, a maioria é considerada estenoalina (LODEIROS *et al.*, 2021).

O estudo de VELASCO e BARROS 2008 comparou diferentes estratégias de alimentação, mudança de água, temperatura e densidade para a cultura larval de *Nodipecten nodosus* e *Argopecten nucleus*. Entre suas conclusões, a taxa de crescimento de *Nodipecten nodosus* aumentou com a temperatura da água (22, 25 e 28 ° C), mas maior mortalidade foi registrada na temperatura mais alta. Portanto, a fim de otimizar o crescimento e sobrevivência durante a fase larval, intermediária e final crescimento, o cultivo de *Nodipecten nodosus* requer locais nos quais a salinidade não caia abaixo de 29 e a temperatura não exceda 28°C (RUPP; PARSONS, 2016).

Isso confirma as condições termais (LODEIROS *et al.*, 2001; URIBE *et al.*, 2001), adequada para esta atividade (LODEIROS, C.; MAEDA-MARTÍNEZ, A. N.; FREITES, L.; URIBE, E. LLUCH-COTA, D. B.; SICRD, M. T, 2001).

Na última década somam-se as pesquisas relacionando a espécie ao biomonitoramento e análise de qualidade da água, com ênfase a bioacumulação, biodisponibilidade, e estudo das respostas a poluentes como metais (GALVÃO *et al.*, 2009; LINO *et al.*, 2016; VANNUCI-SILVA *et al.*, 2017), em especial o cádmio, e hidrocarbonetos (LOURENÇO *et al.*, 2015; PIAZZA *et al.*, 2016a), como o fenantreno.

Conforme estudos compilados por Galvão *et al.* (2009), devido ao seu hábito alimentar filtrador, os moluscos bivalves podem adsorver e acumular em seus tecidos diversos patógenos humanos eventualmente presentes nas águas de cultivo, tais como vírus entéricos, bactérias, protozoários e helmintos. Podem também incorporar diversos contaminantes químicos, incluindo: metais (por exemplo, zinco, cobre, mercúrio, chumbo, cobre, cádmio e cromo), compostos organoclorados, hidrocarbonetos de petróleo, e elementos radioativos (SANTOS, 2016).

Embora *Vibrio* sejam importantes agentes encontrados em locais de cultivo no mar, esses parasitas são considerados uma importante fonte de mortalidade. A presença de organismos patogênicos reconhecidos deve ser um critério para a rejeição de um local de cultivo. Os avanços no campo da pesquisa em saúde das vieiras seguiram as técnicas mais amplas na capacidade de identificar agentes de doenças em outros animais aquáticos. Progresso significativo tem sido feito na

capacidade de diagnóstico, particularmente a capacidade de distinguir entre patógenos infecciosos e lesões histopatológicas críticas em vieiras usando técnicas moleculares (LODEIROS *et al.*, 2021).

Grande parte dos trabalhos realizados na região da América Central, na costa do Oceano Atlântico abordam em conjunto a espécie de vieira *Argopecten nucleus* e para o Oceano Pacífico a vieira *Nodipecten subnodosus* que se distribui na região costeira do México e Peru.

Na Figura 6 estão relacionadas 15 das principais palavras, que possuem no mínimo 3 ocorrências, representadas através de uma rede de co-ocorrência. As palavras bioacumulação, morfologia, astaxantina e larva não aparecem na representação por não ocorrerem em conjunto com as demais palavras principais.

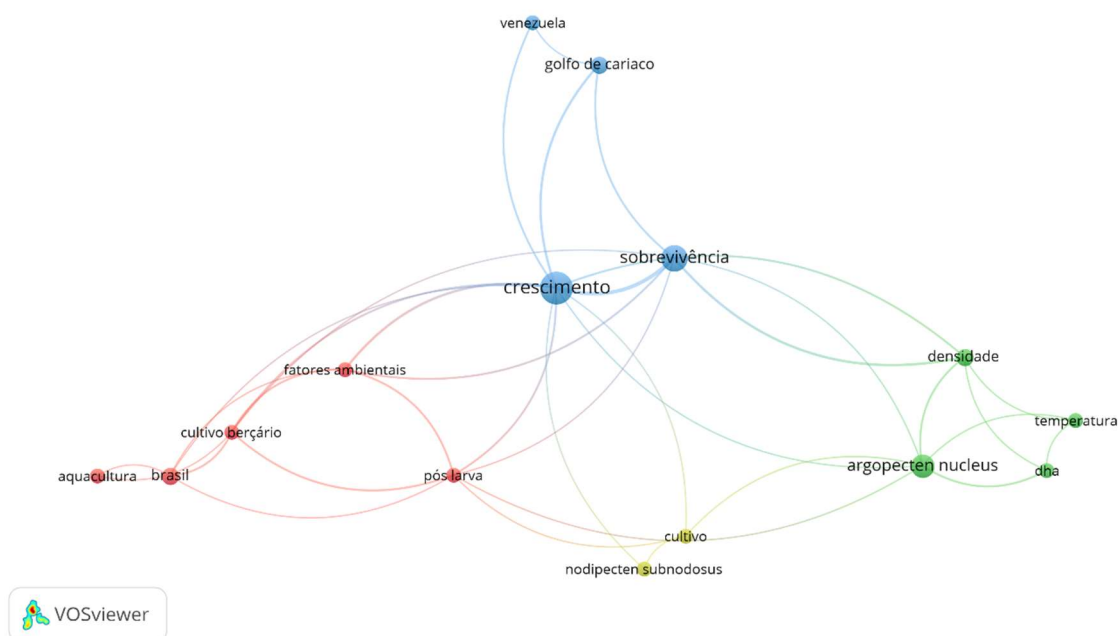


Figura 6 – Rede de co-ocorrência das 15 principais palavras-chave no portfólio selecionado de 1998 a 2021, com no mínimo 3 ocorrências. Fonte: VOSviewer.

Conforme descrito na Tabela 8 foram identificadas 4 principais áreas de concentração das pesquisas, sendo elas: crescimento e sobrevivência; reprodução; poluição; genética, taxonomia e morfologia.

Sob o ponto de vista técnico e operacional, a produção de sementes, assim como acontece com quase todos os organismos potencial ou efetivamente cultivados na maricultura, é o ponto mais crítico, sendo alvo de estudo nas diferentes áreas de pesquisa identificadas pela análise das palavras-chave mais

utilizadas pelos autores. Muitos estudos já foram realizados em Santa Catarina para subsidiar a produção de sementes de vieiras em laboratório e para definição de tecnologias para as distintas etapas de cultivo no mar, e atualmente a disponibilidade de sementes não tem sido um fator limitante ao desenvolvimento da atividade no estado catarinense (RUPP, 2020). Mas tem sido um entrave no caso da produção no estado do Rio de Janeiro.

Tabela 8 – As 4 principais áreas de estudo com base nas palavras-chave do autor.

Área de Pesquisa	Palavras chave do autor
Crescimento e sobrevivência	crescimento; sobrevivência; condicionamento; aquacultura; cultivo; densidade; coletores; fatores ambientais; temperatura; epibiontes; predadores; salinidade; estação de ressurgência; incrustação; fauna associada; dieta de microalgas; troca de água; manejo; cultivo suspenso; cultivo de fundo
Reprodução	reprodução; larva; pós-larva; desenvolvimento embrionário; gônada; maturação; astaxantina; carotenóides; dha; ácidos graxos; assentamento; estágio sexual; laboratório; cultivo berçário; criação de larvas; juvenis; metamorfose; reserva energética
Poluição	bioacumulação; biomonitoramento; depuração; biodisponibilidade; metal pesado; HPA; fenantreno; estresse; respostas imunológicas; material orgânico particulado; solventes orgânicos; patologia; biotransformação; parasitas; respostas fisiológicas
Genética, taxonomia e morfologia	cromossomos; microssatélite; filogenia; morfogênese; evolução; morfologia; ontogenia; fisiologia; órgãos sensoriais

No que diz respeito aos fatores ambientais, LODEIROS e colaboradores (2021) destacam que áreas adequadas para o cultivo de vieiras devem ter níveis de clorofila a maior que 1 µg/L, baixa fração inorgânica de seston, altos níveis de oxigênio dissolvido, pouca variação na salinidade, baixas correntes, mas o suficiente para permitir um fluxo adequado dentro das lanternas e temperaturas dentro da faixa ótima da espécie. As águas devem estar isentas de contaminantes orgânicos e inorgânicos e sem registros históricos de parasitas e patógenos por moluscos bivalves. Além disso, áreas protegidas de ventos fortes e ondas altas são preferíveis para evitar efeitos negativos sobre os organismos cultivados. O

local de cultivo deve estar longe de áreas estuarinas e sujeito a uma estreita faixa de flutuação em fatores ambientais (LODEIROS *et al.*, 2021).

Os estudos realizados por RUPP e colaboradores (2004, 2007 e 2020), em consonância com trabalhos contidos no portfólio selecionado, indicam que em condições ambientais propícias, *Nodipecten nodosus* apresenta alta sobrevivência, podendo atingir tamanho comercial em cerca de um ano após a etapa de berçário, com altura de concha superior a 8cm e peso do músculo superior a 10g. Tais condições propícias são: profundidade superior a 8m, porcentagem de matéria inorgânica em suspensão inferior a 80%, salinidade superior a 29 e temperaturas que não excedam 29°C por períodos prolongados.

LAFISCA, DE MESQUITA e VIEIRA-DA-MOTTA (2019) forneceram uma descrição crítica do arcabouço sobre a legislação brasileira relacionada a comercialização de moluscos, comparando-a com a de outros blocos comerciais como Estados Unidos e União Europeia, indicando aspectos que podem ser melhorados ou alterados, para dar maior funcionalidade a todo o processo de fiscalização de moluscos e permitir o crescimento sustentável e legal da criação em toda a costa brasileira.

Conforme descrevem os autores acima citados, em consonância com o Codex Alimentarius, um padrão geral para contaminantes e toxinas em alimentos, o levantamento sanitário se concentra não apenas na análise bacteriológica, mas também no amplo conhecimento teórico e de campo da área de produção de moluscos circundante, desde o levantamento costeiro, até a análise de toda a bacia hidrográfica (Codex Alimentarius, 2012). Esta estratégia visa compreender as possíveis fontes de contaminação (Rice *et al.* 2015), e a análise das correntes marítimas para compreender os movimentos dos contaminantes (LAFISCA; DE MESQUITA; VIEIRA-DA-MOTTA, 2019).

O nível máximo do Codex (ML) para um contaminante em um alimento ou ração é a concentração máxima dessa substância recomendada pela Comissão do Codex Alimentarius para ser legalmente permitida naquele produto (FAO; WHO, 2018).

A inspeção sanitária de moluscos bivalves difere daquela realizada em animais vertebrados. A simplicidade da fisiologia desses animais e os efeitos dramáticos das mudanças ambientais em sua saúde e atividade alimentar (Morley 2010; Souza *et al.* 2012; Cappello *et al.* 2013) requerem uma visão holística

focada não apenas no animal, mas também no ambiente. Considerando a relevância do meio ambiente na sanidade e segurança dos moluscos, as legislações de diversos países incluem o estudo preventivo do meio ambiente, as fontes de poluição e a dispersão como elemento central para definir o risco de contaminação dos moluscos, antes mesmo do início do processo de cultivo (EU 2012; Fda / Cfsan_Nssp 2016) (LAFISCA; DE MESQUITA; VIEIRA-DA-MOTTA, 2019).

Conforme recente diagnóstico realizado pela Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ, 2021) sobre a maricultura no estado, os principais entraves no desenvolvimento regional incluem a falta de uma estrutura organizada que reúna os representantes dos setores organizados da cadeia produtiva, o fornecimento confiável de sementes, a ausência de programas formais de monitoramento sanitário e ambiental, a lentidão na definição e legalização do arrendamento de áreas de aquicultura, a dificuldade de obtenção de crédito financeiro para a produção, a necessidade de melhorias nos serviços de assistência técnica, a escassez de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e a falta de capacitação dos produtores. Os pesquisadores sugerem ainda a elaboração de um plano estratégico baseado em políticas nacionais de recursos marinhos para fortalecer a produção da maricultura no RJ e cumprir os ODS da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), através da CIDASC, companhia vinculada à Secretaria da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural, já realiza o monitoramento periódico dos moluscos bivalves produzidos nas fazendas marinhas de Santa Catarina para assegurar que os mesmos estejam seguros para consumo humano. A Epagri desenvolveu um protótipo de sistema que interpreta automaticamente os resultados do monitoramento sanitário realizado em áreas de cultivo e extração de moluscos de Santa Catarina e disponibiliza em ambiente online a situação das áreas monitoradas segundo o que está previsto na legislação estadual. O sistema retorna uma tabela dinâmica que indica a situação das áreas e um mapa ilustrativo indicando a situação e os limites das áreas monitoradas. O sistema ainda gera um gráfico mostrando o histórico de resultados relacionados à poluição

fecal na área, dando um panorama de como se comporta a questão da poluição na área consultada ao longo do tempo (EPAGRI, 2020).

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, revisamos sistematicamente a produção científica mundial sobre a espécie *Nodipecten nodosus* até setembro de 2021, para investigar o desenvolvimento temporal, colaboração científica e tendências emergentes, utilizando as principais bases de dados bibliográficos, em uma análise bibliométrica e descritiva. O Brasil foi o país mais produtivo, e a maior parte dos estudos foram realizados por cooperações internacionais, em áreas de cultivo brasileiras, venezuelanas e colombianas.

Nota-se que no Brasil, estudos relacionados às questões reprodutivas e tecnologias de cultivo foram conduzidos ao longo dos últimos 30 anos. Estes propiciaram o estabelecimento da aquicultura desta espécie de bivalve em suas áreas nativas, permitindo, além da produção visando a comercialização, auxiliar no repovoamento marinho. No entanto foram verificadas lacunas na integração de estudos ligados à avaliação e gestão da qualidade ambiental das áreas de produção, seja com base em análises de parâmetros físicos, químicos ou biológicos.

Santa Catarina possui a maior parte da produção nacional de mexilhões, ostras e vieiras, e a disponibilidade de sementes de vieiras não tem sido um fator limitante ao desenvolvimento da atividade, mas especial atenção deve ser dada à expansão urbana e as atividades econômicas que se desenvolvem nas proximidades das áreas de cultivo. A EPAGRI tem atuado há mais de duas décadas na estruturação da maricultura no estado por meio da aplicação de políticas públicas voltadas ao planejamento e à regularização de empreendimentos aquícolas. Essas políticas públicas abrangem o acesso ao crédito, o uso de águas da União para fins de aquicultura e o controle higiênico-sanitário da produção.

Já para região da Baía de Ilha Grande no estado do Rio de Janeiro, o fornecimento confiável de sementes e a ausência de programas formais de monitoramento sanitário e ambiental, apontam como importantes entraves no desenvolvimento da maricultura local. Também há lacunas que impedem uma

maior estruturação de aspectos legais bem como a determinação de áreas mais propícias à produção garantindo a implantação da atividade de forma econômica e ambientalmente sustentável.

CAPÍTULO 2

Poluentes orgânicos persistentes em vieiras de cultivos suspensos na Baía de Ilha Grande/RJ.



www.angra.rj.gov.br

Poluentes orgânicos persistentes em vieiras de cultivos
suspensos na Baía de Ilha Grande/RJ.

RESUMO

Foi objeto deste estudo a avaliação da qualidade química da água na área de produção de vieiras de cultivos suspensos na Baía de Ilha Grande/RJ (BIG), com base na presença hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) que são considerados poluentes orgânicos persistentes (POPs) prioritários em estudos ambientais, ampliando o banco de dados sobre a qualidade ambiental na BIG.

Foram analisados organismos cultivados em 4 fazendas marinhas na região em idade comercial, com a identificação e quantificação dos HPAs indicados pela Environmental Protection Agency (EPA), comparando os resultados com os níveis encontrados na literatura e com os valores orientadores de convenções internacionais, uma vez que não há legislação específica no Brasil.

A extração foi realizada em amostras secas e os extratos foram fortificados com padrões internos. A purificação foi realizada via cromatografia líquida e a análise instrumental foi realizada por cromatografia a gás acoplada a um espectrômetro de massas.

As concentrações de HPAs analisadas indicaram um baixo nível geral de contaminação. Além disso, baseando-se nos critérios internacionais, os organismos cultivados não apresentaram riscos à saúde humana no que diz respeito à contaminação por HPAs pelo consumo.

Os compostos mais abundantes foram os de baixo peso molecular (BPM), como naftaleno e fenantreno, sugerindo com base em razões diagnósticas a predominância de fontes petrogênicas.

Quanto aos efeitos tóxicos a biota, foram identificados valores anormais segundo a classificação da OSPAR, porém todas as concentrações de HPA ficaram abaixo do valor que representaria risco de efeitos biológicos notáveis e toxicidade aguda.

Palavras-chave: *Nodipecten nodosus*, aquicultura, qualidade ambiental, POPs, HPAs, biomonitores.

Persistent organic pollutants in scallops from suspended culture in Ilha Grande Bay/RJ.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the chemical quality of water in the scallop production area of suspended culture in Ilha Grande Bay/RJ (BIG), based on the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) that are considered persistent organic pollutants (POPs) priorities in environmental studies, expanding the database on environmental quality at BIG.

Organisms in commercial-age from 4 marine farms in the region of BIG were analyzed, with the identification and quantification of PAHs indicated by the Environmental Protection Agency (EPA), comparing the results with the levels found in the literature and with the guiding values of international conventions, since that there is no specific legislation in Brazil.

Extraction was performed on dry samples and the extracts were fortified with internal standards. Purification was performed via liquid chromatography and instrumental analysis was performed by gas chromatography coupled to a mass spectrometer.

The analyzed PAH concentrations indicated a low general level of contamination. In addition, based on international criteria, the cultivated organisms did not present risks to human health with regard to contamination by PAHs through consumption.

The most abundant compounds were those of low molecular weight (LMW), such as naphthalene and phenanthrene, suggesting, based on diagnostic reasons, the predominance of petrogenic sources.

As for toxic effects to biota, not normal values were identified according to the OSPAR classification, but all HPA concentrations were below the value that would represent a risk of notable biological effects and acute toxicity.

Keywords: *Nodipecten nodosus*, aquaculture, environmental quality, POPs, PAHs, biomonitors.

1. INTRODUÇÃO

A Baía de Ilha Grande (BIG) apresenta muitas belezas e cores, frutos da sua diversidade de espécies, que se deve às condições geográficas e hidrográficas da região, aliadas a variáveis tais como conectividade dos sistemas costeiros, aporte de matéria orgânica de rios e variação de fatores oceanográficos, físicos e químicos. Por essas características, é considerada oficialmente um *hotspot* de biodiversidade marinha no litoral brasileiro e uma das áreas mais produtivas em termos de recursos naturais. Outro destaque é o rico patrimônio histórico e cultural, já que a região conta com a significativa presença de povos e populações tradicionais (indígenas, quilombolas e caiçaras) ocupando áreas costeiras que convivem lado a lado com atividades industriais e portuárias, atreladas a setores estratégicos para o desenvolvimento nacional, tais como a exploração petrolífera, o setor naval e a geração de energia nuclear (INEA; FAO, 2018). As características naturais proporcionam o desenvolvimento de atividades econômicas diretamente relacionadas aos serviços ecossistêmicos, como é o caso da pesca e o setor da maricultura além de um polo de visitação e turismo (CORRÊA-SILVA *et al.*, 2021).

O cenário da maricultura na região da Baía da Ilha Grande tem sido promissor devido ao considerável aumento na produção de moluscos, principalmente da vieira – *Nodipecten nodosus*, e pela recente produção de peixes marinhos, no caso o bijupirá – *Rachycentron canadum*. A maricultura não apenas representa uma atividade econômica, mas também um estilo de vida, com ex-pescadores, profissionais da área aquícola e pequenos empresários adotando a atividade como principal fonte de renda. A região possui iniciativas experimentais e fazendas marinhas de sistema familiar e de pequeno porte para o mexilhão (*Perna perna*), a vieira (*Nodipecten nodosus*), a alga (*Kappaphycus alvarezii*) e o peixe bijupirá (*Rachycentron canadum*) (ROMBENSO; ARAÚJO; RODRIGUES, 2015).

Apesar das vantagens alimentares dos produtos marinhos, particularmente dos moluscos, estes são cultivados na água do mar e, por isso, têm sua qualidade intimamente vinculada às condições químicas, físicas e biológicas desta água, ficando sujeitos a doenças e, algumas delas, podem ser fatais para o homem (CÔRTEZ; WASSERMAN; AVELAR, 2008). À medida que o cultivo de moluscos

bivalves atinge níveis crescentes de produção, com bons rendimentos econômicos, a tendência é que a necessidade de maior controle da qualidade ambiental dos locais de cultivo e dos produtos também aumente (MARENZI; CASTILHO-WESTPHAL, 2011).

Os bivalves filtram cerca de 100 litros de água todos os dias. Todo o material que está na água é capturado, como organismos microscópicos (principalmente microalgas) e partículas de matéria orgânica (MARENZI; CASTILHO-WESTPHAL, 2011).

Uma grande variedade de compostos antropogênicos de natureza orgânica, usados em áreas terrestres para diversos fins, podem chegar às áreas costeiras por diferentes vias e mecanismos. Plásticos e seus derivados, produtos farmacêuticos, drogas, pesticidas, bifenilos policlorados (PCBs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são apenas alguns exemplos contidos na lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) que chegam ao litoral e ecossistemas marinhos, embora sejam considerados poluentes tóxicos (VAGI; PETSAS; KOSTOPOULOU, 2021).

Além disso, as águas da plataforma recebem entradas diretas de contaminantes da atmosfera e de indústrias offshore, incluindo perfuração e mineração, produzindo uma ampla gama de efeitos biológicos em organismos, incluindo respostas bioquímicas, imunológicas, fisiológicas e bioenergéticas ao estresse, crescimento e produção reprodutiva alterados e efeitos histopatológicos. Esses cenários podem ter um impacto imediato nas vieiras e, por isso, é fundamental estudar a presença de contaminantes na área de cultivo (LODEIROS *et al.*, 2021).

Os POPs são substâncias químicas orgânicas reconhecidas como uma séria ameaça global à saúde humana e aos ecossistemas. Os POPs podem permanecer intactos por períodos excepcionalmente longos, acumular-se no tecido adiposo de organismos vivos, incluindo humanos e na cadeia alimentar, e são tóxicos para humanos e animais selvagens (UNEP, 2022).

A contaminação do meio ambiente por POPs tem sido relatada nas últimas décadas. A exposição contínua e o acúmulo de POPs resultam em efeitos tóxicos em organismos aquáticos e humanos devido a seu potencial de teratogenicidade, carcinogenicidade e mutagenicidade (Sarker *et al.*, 2016). Como um tipo típico de

POPs, os HPAs têm sido amplamente encontrados em ambientes marinhos (LI *et al.*, 2021).

Um grupo muito utilizado em estudos de avaliação de contaminantes em ambientes marinhos são os moluscos bivalves. As principais vantagens da utilização desse grupo de organismos são: ocorrem em estuários e zonas costeiras; são sésseis ou com pouca mobilidade; possuem tempo de vida relativamente longo; ampla distribuição geográfica; aparecem frequentemente em alta densidade e são de fácil coleta (CUNNINGHAM, 1979). Entretanto, é o hábito alimentar filtrador suspensívoro destes animais que os tornam suscetíveis à incorporação de contaminantes (GALVÃO *et al.*, 2009).

Em 1975, os bivalves foram apontados como possíveis biomonitores para o programa internacional de monitoramento de poluentes no ambiente marinho: o *Mussel Watch*, da agência americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (GOLDBERG *et al.*, 1978). Em 2004, o Programa de meio ambiente das Nações Unidas (UNEP), também recomendou o emprego de bivalves para o mesmo fim (GALVÃO *et al.*, 2009).

Os bivalves filtradores podem acumular contaminantes nos seus tecidos em concentrações de 1.000 a 10.000 vezes superior às verificadas na fonte de exposição (UNEP, 2004). Desta forma, os bivalves filtradores são mais expostos a agentes tóxicos presentes no meio que outras espécies. Assim, a adoção destes animais como um modelo biológico para se estimar a exposição da biota a contaminantes, pode ser qualificada como uma opção mais “conservadora” para o monitoramento ambiental (GALVÃO *et al.*, 2009).

Para que a bioacumulação ocorra, a taxa de retenção de um contaminante precisa ser maior do que a taxa de eliminação desse contaminante pelo organismo (DURELL *et al.*, 2006).

Neste sentido, a qualidade continuada dos moluscos bivalves cultivados, utilizados no consumo e comercialização, só pode ser garantida a partir da preservação da qualidade da água, da higidez das sementes, dos animais e das condições dos ecossistemas costeiros, onde estão inseridos (CÔRTEZ; WASSERMAN; AVELAR, 2008).

Embora já se tenha o conhecimento dos fatores ambientais e demais aspectos que interferem no crescimento e sobrevivência das vieiras, faltam dados

de monitoramento para uma melhor gestão das atividades de produção e análise das causas específicas de mortalidade.

Sendo assim, é objeto deste estudo a avaliação da qualidade química da água na área de produção de vieiras de cultivos suspensos na Baía de Ilha Grande/RJ, com base na análise da presença de POPs, como os HPAs nos tecidos dos bivalves. Mais especificamente, este estudo teve como objetivos 1) identificar e quantificar a presença dos HPAs classificados como prioritários pela Environmental Protection Agency (EPA) em vieiras cultivadas em sistema suspenso na Baía de Ilha Grande, 2) identificar as possíveis fontes de HPAs para a Baía de Ilha Grande, através do uso conjunto de razões diagnósticas e 3) comparar os resultados das concentrações de HPAs em *Nodipecten nodosus* com os níveis encontrados na literatura e com os valores orientadores de convenções internacionais, ampliando o banco de dados sobre a qualidade ambiental na BIG.

1.1 Propriedades físico químicas dos HPAs

A agência americana *Environmental Protection Agency* (USEPA), estabeleceu 16 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) como prioritários em estudos ambientais: naftaleno (Naf), acenaftileno (Acl), acenafteno (Ace), fluoreno (Flu), antraceno (Ant), fenantreno (Fen), fluoranteno (Fla), pireno (Pir), benzo(a)antraceno (BaA), criseno (Cri), benzo[b]fluoranteno (BbF), benzo[k]fluoranteno (BkF), indeno[1,2,3-cd]pireno (InP), dibenzo[a,h]antraceno (DahA), benzo[a]pireno (BaP) e benzo[g,h,i]perileno (BghiP) (Figura 1).

Com base em seus valores de peso molecular, os HPAs podem ser divididos em duas categorias principais: (i) aqueles que são compostos por menos de quatro anéis aromáticos (dois ou três anéis de benzeno fundidos), como Fen, Naf, Flu, Ace e Acl, que são conhecidos como HPAs de baixo peso molecular (BPM) e são mais solúveis em água; e (ii) aqueles com quatro ou mais anéis de benzeno fundidos, como Cri, Pir, BaP, DahA e vários outros, que são referidos como HPAs de alto peso molecular (APM) e que são geralmente substâncias mais hidrofóbicas, uma vez que têm valores mais altos da forma logarítmica das constantes de partição octanol/água ($\log K_{ow}$) do que HPAs BPM e, portanto, são mais prontamente distribuídas na matéria orgânica e possuem maior tendência de

sorção em partículas orgânicas em comparação com HPAs APM (VAGI; PETSAS; KOSTOPOULOU, 2021).

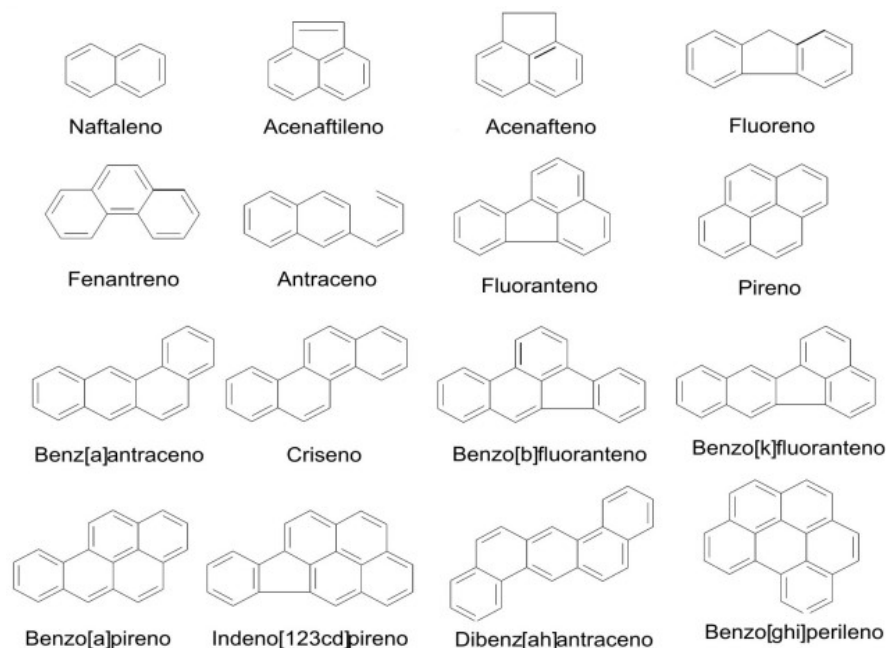


Figura 1 – 16 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) prioritários em estudos ambientais segundo a agência americana *Environmental Protection Agency* (EPA 1987) (ORNELLAS, AZEREDO E TORRES, 2007).

1.2 Fontes de HPAs

Para auxiliar na compreensão da sua origem em ambientes aquáticos, os hidrocarbonetos são classificados em petrogênicos ou pirogênicos. Os hidrocarbonetos petrogênicos estão diretamente associados ao petróleo, enquanto os pirolíticos ou pirogênicos são aqueles produzidos por processos de combustão. Em ambos os casos, há fontes naturais e antrópicas. Hidrocarbonetos petrogênicos são encontrados em ambientes aquáticos em áreas de afloramento natural de petróleo ou pela erosão de rochas, mas também em locais afetados pelo petróleo extraído pelo homem e/ou seus produtos petroquímicos. Os hidrocarbonetos pirogênicos são principalmente produzidos por ações antrópicas como a queima incompleta de combustíveis fósseis e materiais como madeira, carvão e lixo, e processos industriais diversos (siderurgia, metalurgia), mas eles também têm origem natural, a partir de incêndios florestais e erupções vulcânicas (CARREIRA; MASSONE, 2021).

Segundo Car & Neff (1988), os HPAs originários de fontes petrogênicas demonstram dominância de compostos de 2 a 3 anéis, enquanto o predomínio de compostos de 4 a 5 anéis geralmente está associado a fontes pirolíticas.

Os hidrocarbonetos petrogênicos de origem antrópica são introduzidos nos ambientes aquáticos através do escoamento urbano, efluentes industriais e domésticos, atividades de embarcações de grande porte e de recreação, transporte, produção e refino de óleo, assim como em decorrência de acidentes diversos (NRC, 2003; Protection, 1993). Já os hidrocarbonetos pirolíticos são lançados na atmosfera e podem ser transportados por longas distâncias a partir da fonte de origem antes de se depositarem no continente ou oceano por via úmida e/ou seca (Dachs *et al.*, 1999; Lipiatou *et al.*, 1993), e têm má distribuição global (CARREIRA; MASSONE, 2021).

Uma fonte potencial de HPAs está na síntese biogênica desses compostos. Acredita-se que a síntese de HPAs por microorganismos, plantas e animais seja uma fonte considerável em áreas remotas ou isoladas de fontes antropogênicas de contaminação (Krauss *et al.* 2005). Em especial estão as regiões tropicais, que apesar de poucos dados com relação às zonas temperadas, parecem obter misturas distintas de HPAs (Wilcke & Amelung 2000, ORNELLAS, AZEREDO E TORRES, 2007).

Uma dessas evidências estaria na predominância de HPAs individuais como naftaleno, fenantreno e perileno, compostos esses considerados importantes indicadores da síntese natural de HPAs em regiões tropicais (Azuma *et al.* 1996, Wilcke *et al.* 2000, Krauss *et al.* 2005). A presença de HPAs como naftaleno e fenantreno é controversa em ambientes tropicais, tendo em vista suas características voláteis e de fácil degradação ambiental quando comparados com os HPAs de maior peso molecular. (Wilcke *et al.* 2000). Esse paradoxo fortalece ainda mais a hipótese de fontes intrínsecas de HPAs nessas regiões (ORNELLAS, AZEREDO E TORRES, 2007).

Biomassas como o cerrado, caatinga, pantanal e florestas de mata atlântica, também apresentam evidências de fontes naturais de HPAs. Wilcke e colaboradores (2003) verificaram uma alta frequência relativa de fenantreno com relação aos demais HPAs em solos de florestas de mata atlântica. Isso porque o fenantreno pode ser sintetizado a partir de precursores biogênicos, como os alquil

fenantrenos, encontrados principalmente em tecidos vegetais (Sims & Overcash 1983, ORNELLAS, AZEREDO E TORRES, 2007).

A identificação das fontes deve empregar diferentes razões diagnósticas, especialmente quando são comparados HPAs de APM e BPM. As razões de diagnóstico envolvem isômeros ou compostos de HPA com propriedades físico-químicas semelhantes (TOBISZEWSKI; NAMIEŚNIK, 2012; YUNKER *et al.*, 2002).

1.3 Análise da contaminação ambiental e valores orientadores

O conhecimento sobre a presença de hidrocarbonetos antrópicos em água é de suma importância, uma vez que a exposição desses contaminantes na água é uma das principais rotas de contaminação para a biota (MEADOR *et al.*, 1995).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 454/2012, classifica a contaminação em sedimentos em 2 níveis, onde o Nível 1 se refere ao limiar onde há baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota; e o Nível 2, onde se espera um provável efeito adverso à mesma.

Um passo importante e essencial para integrar informações de contaminantes químicos, biomarcadores e dados biológicos é o estabelecimento de critérios de avaliação para todos os parâmetros medidos. No Brasil, as bases da legislação para padrões de qualidade na avaliação dos efeitos biológicos adversos relativos às concentrações de HPA nos compartimentos ecológicos, solo, sedimento, água e atmosfera são fundamentados em estudos de órgãos estrangeiros como a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dos Estados Unidos, que estabeleceu valores orientadores e de referência para os HPAs.

A NOAA classifica as concentrações de contaminantes em sedimentos marinhos em TEL (Threshold effect level) e PEL (Probable effect level). O TEL representa os valores onde provavelmente não se observam efeitos tóxicos à biota, enquanto o PEL mostra o limite a partir de onde efeitos adversos são esperados.

As concentrações indicadas como TEL, PEL, ERL (effects range low - taxa mínima de efeitos) e ERM (effects range median - taxa média de efeitos) (Tabela 1), servem como ferramentas para interpretação toxicológica ambiental de dados

químicos para sedimento marinho. Já os parâmetros de toxicidade com efeitos “Agudo” e “Crônico” são utilizados como parâmetros para amostras de água. Todas essas informações servem como base de comparação para estudos ambientais, sendo bastante utilizados por órgãos governamentais e ambientais na tomada de decisões relativas a contaminações (ANDRADE, 2014).

Tabela 1 - Valores orientadores de concentrações de HPA em sedimento e água marinhos (BUCHMAN, 2008).

COMPOSTO	SEDIMENTO MARINHO (ng/g)				ÁGUA MARINHA µg/L	
	TEL	ERL	PEL	ERM	AGUDO	CRÔNICO
Naftaleno	34,6	160	391	2100	2350	1,4
Acenafitileno	5,87	44	128	640	300	
Acenafteno	6,71	16	88,9	500	970	40
Fluoreno	21,2	19	144	540	300	
Fenantreno	86,7	240	544	1500	7,7	4,6
Antraceno	46,9	85,3	245	1100	300	
Fluoranteno	113	600	1494	5100	40	
Pireno	153	665	1398	2600	300	
Benzo(a)antraceno	74,8	261	693	1600	300	
Criseno	108	384	846	2800	300	
Benzo(b)fluoranteno					300	
Benzo(k)fluoranteno					300	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	88,8	430	736	1600	300	
Dibenzo(a,h)antraceno					300	
Benzo(a)pireno	6,22	63,4	135	260	300	
Benzo(g,h,i)perileno					300	
ΣHPA BPM	312	552	1442	3610	300	
ΣHPA APM	655	1700	6676	9600	300	
HPA TOTAL	1684	4022	16770	44792	300	

TEL: limiar de concentração abaixo do qual não há risco potencial de efeitos adversos

PEL: nível acima do qual se espera que efeitos adversos ocorram frequentemente

ERL: concentração mínima acima da qual efeitos adversos começam a ser observados na biota marinha

ERM: nível acima do qual efeitos adversos são observados

ΣHPA BPM: concentração de HPA de baixo peso molecular

ΣHPA APM: concentração de HPA de alto peso molecular

HPA TOTAL: concentração de HPA total

Muitos processos afetam a concentração desses compostos, as concentrações relativas de HPA podem mudar uma vez que os contaminantes entrem no oceano devido a processos específicos, os HPAs alvo têm diferentes taxas de evaporação, solubilidade e degradação, e diferentes afinidades para matéria orgânica e partículas, fatores que são difíceis de representar com precisão em um modelo (BAUMARD *et al.*, 1998).

No Brasil não há regulamentação que indique as concentrações máximas de HPAs permitidas em bivalves para consumo humano. No entanto, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2000), a Convenção de Oslo e Paris para a Proteção do Ambiente Marinho (OSPAR, 1997) e a Comissão Europeia (EC, 2011) estabeleceram diretrizes que sugerem níveis permissíveis para alguns dos 16 HPAs prioritários (MARTINS *et al.*, 2020).

De acordo com Vethaak *et al* (2017), a Convenção de Oslo e Paris (OSPAR) também conhecida como Convenção para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste, adotada em 1992, que entrou em vigor em 1998, desenvolveu dois tipos de critérios de avaliação a serem analisados e apresentados de forma que possam ser diretamente comparáveis (OSPAR COMMISSION, 2010): aqueles que refletem níveis acima das concentrações preliminares (*Background Concentrations* - BC), conhecidos como concentração de avaliação de *background* (*Background Assessment Concentration* - BAC) e critérios de avaliação ecotoxicológicos (*ecotoxicological assessment criteria* - EAC) representando as concentrações abaixo das quais é improvável que ocorram efeitos biológicos inaceitáveis. BAC reflete a Estratégia de Substâncias Perigosas da OSPAR, segundo a qual as concentrações devem estar em concentrações próximas dos níveis de referência para substâncias que ocorrem naturalmente (portanto, zero para substâncias produzidas pelo homem) (OSPAR Commission, 2014).

Dentre os HPAs reconhecidamente carcinogênico genotóxico, o benzo[a]pireno (BaP) é o composto de referência por sua alta toxicidade, sendo classificado pelo IARC (Agência Internacional de Pesquisa em Câncer) como grupo 1, de substância comprovadamente carcinogênica para humanos. O BaP também é o composto que apresenta mais dados toxicológicos disponíveis (JECFA, 2006; Yender, 2002; “NOTA TÉCNICA Nº 27/2019/SEI/GGALI/DIRE2/ANVISA,” 2019).

Benzo(a)pireno (BaP) e o somatório de 4 HPAs, criseno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno e benzo(b)fluoranteno também foram incluídos no padrão europeu de segurança alimentar (nº 835/2011) (EC, 2011).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Baía da Ilha Grande (BIG), localizada no sul do Estado do Rio de Janeiro (22°50' - 23°20'S, 44°00' - 44°45'W), possui uma área de 65.258ha e cerca de 350km de perímetro na linha d'água (MMA; SBF, 2007). O setor costeiro correspondente à BIG localiza-se no extremo oeste do Estado do Rio de Janeiro englobando, na sua faixa terrestre, a totalidade dos Municípios de Angra dos Reis e Paraty e o trecho costeiro correspondente ao Distrito de Conceição de Jacareí, a oeste do Município de Mangaratiba. A faixa marinha engloba o mar territorial, estendendo-se até doze milhas náuticas da Linha de Base do Brasil (*definida pelo Decreto nº 8.400/2015*), compreendendo assim a totalidade da BIG (INEA, 2021).

Aproximadamente 72% dos setores terrestre e marinho da BIG são constituídos por Unidades de Conservação (UC) da natureza, incluindo UCs de uso sustentável e de proteção integral. Tais áreas abrigam formações florestais em estágio de conservação médio-avançado, incluindo também trechos de restinga, manguezais, ilhas costeiras, arrecifes e costões rochosos. As áreas florestais respondem por 76% das florestas preservadas do Estado (INEA, 2021).

A BIG é um corpo d'água marinho semiconfinado pela presença da Ilha Grande, separada do continente por um estreito associado a uma grande depressão batimétrica, conhecido como Canal Central (INEA, 2015). A combinação da BIG e da Baía de Sepetiba (BS) forma um complexo sistema estuarino parcialmente misturado (INEA, 2020).

Fisiograficamente, a BIG pode ser subdividida em (i) Porção Oeste, (ii) Canal Central e (iii) Porção Leste (MMA; IBAMA, 2006). A comunicação da baía com o oceano é realizada por meio de duas barras: a barra leste (próxima à BS) e a barra oeste (entre as Pontas da Juatinga e dos Meros) (INEA, 2020).

Em contraste com a importância ecológica e ambiental, a BIG apresenta diversas fontes potenciais de poluição e contaminação. A água marinha local recebe, frequentemente, lixos e esgotos domésticos e industriais, sem o devido tratamento, dos dois centros urbanos localizados em sua proximidade (municípios de Angra dos Reis, RJ e Paraty, RJ). Adicionalmente, possui um intenso tráfico de embarcações de lazer e turismo, além de navios de grande porte (cruzeiros

marítimos, cargueiros, petroleiros), instalações de terminais marítimos e portos (SILVA, 2013).

Quanto aos contaminantes orgânicos e inorgânicos, o Plano Básico de Saneamento de Angra dos Reis (PBS) descreve que a situação atual dos sistemas de tratamento e coleta de esgotamento sanitário do município necessitam de melhorias e adequações. O atendimento parcial de algumas localidades, gera problemas de ordem administrativa e principalmente ambiental, com lançamento de esgoto diretamente em corpos hídricos sem nenhum tipo de tratamento (PMAR, 2014).

Conforme estudo realizado pela COPPE/UFRJ no projeto SisBahia (2018) a região que compreende as duas baías (BIG e BS) possui um ciclo hidrológico com maior incidência de chuvas no verão, ocorrendo certa influência das águas fluviais nas regiões próximas as suas embocaduras.

Porém, no período de inverno há uma maior entrada das águas oceânicas devido a passagem de frentes frias e consequente sobrelevação e rebaixamento do nível médio do mar, eventos meteorológicos que fazem com que as águas novas favoreçam a renovação nas BIG e BS (Figuras 2 e 3) (COPPE/UFRJ, 2018).

Nas análises da taxa de renovação, a simulação representativa de verão, mostra uma menor entrada de águas novas vindas da região oceânica para dentro das duas baías. Por isto estas apresentam uma maior idade na região do Canal de Ilha Grande. Esta é a diferença de idade mais marcante ao comparar os resultados das duas simulações. As correntes que passaram de oeste para leste por este canal influenciaram muito no envelhecimento das águas da BS no verão, como mostra a simulação da Figura 4.

Já na de inverno, houve uma maior entrada de águas do mar por este canal, o que renovou mais as águas de ambas baías, apresentando uma idade média menor que as do verão (Figura 5).

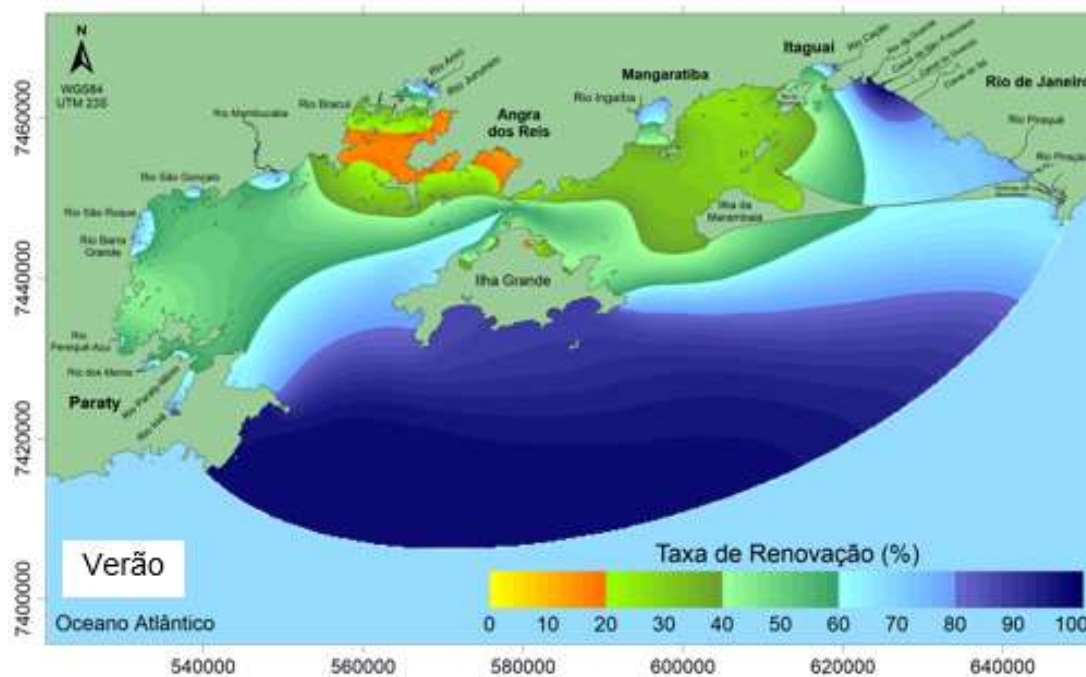


Figura 2 - Taxa de renovação na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de verão. Fonte: SisBahia, 2018.

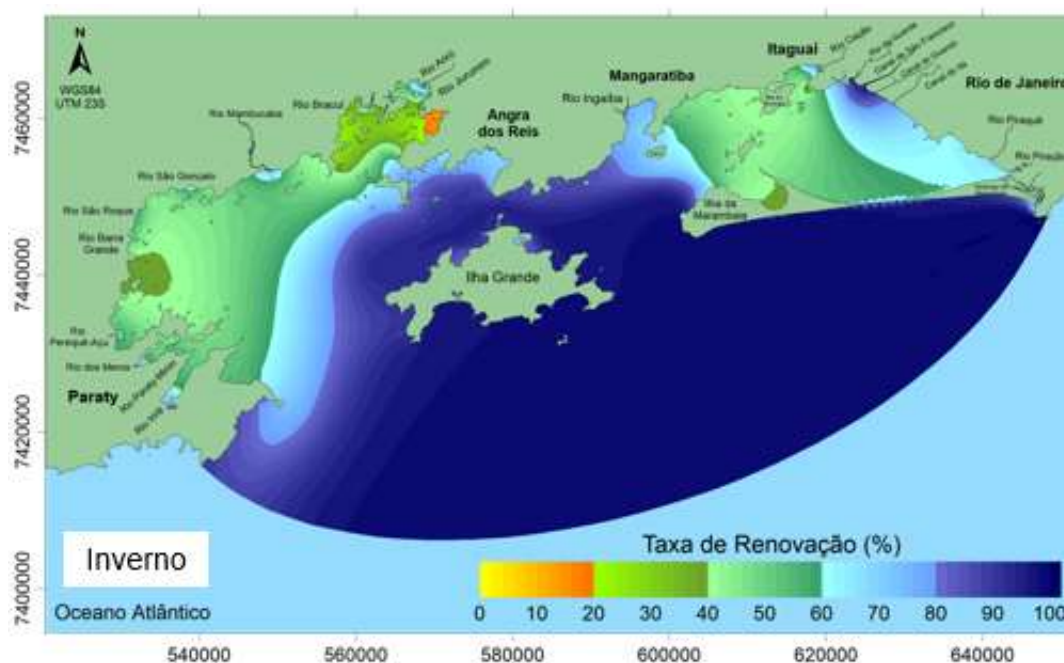


Figura 3 - Taxa de renovação na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de inverno. Fonte: SisBahia, 2018.

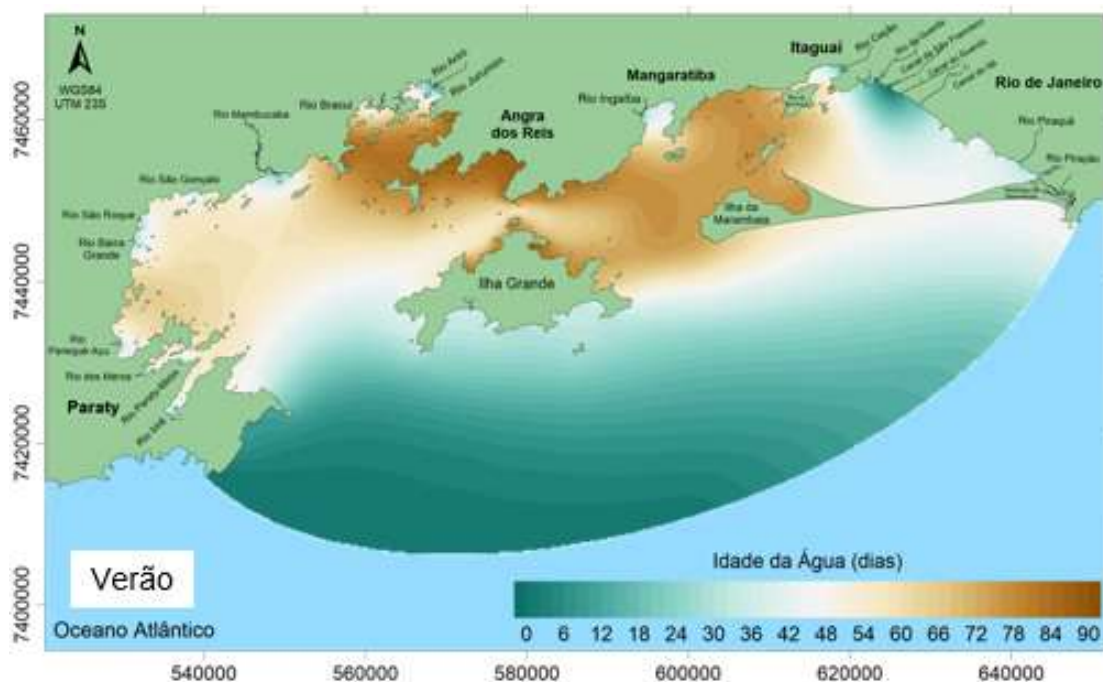


Figura 4 - Idade da água na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de verão. Fonte: SisBahia, 2018.

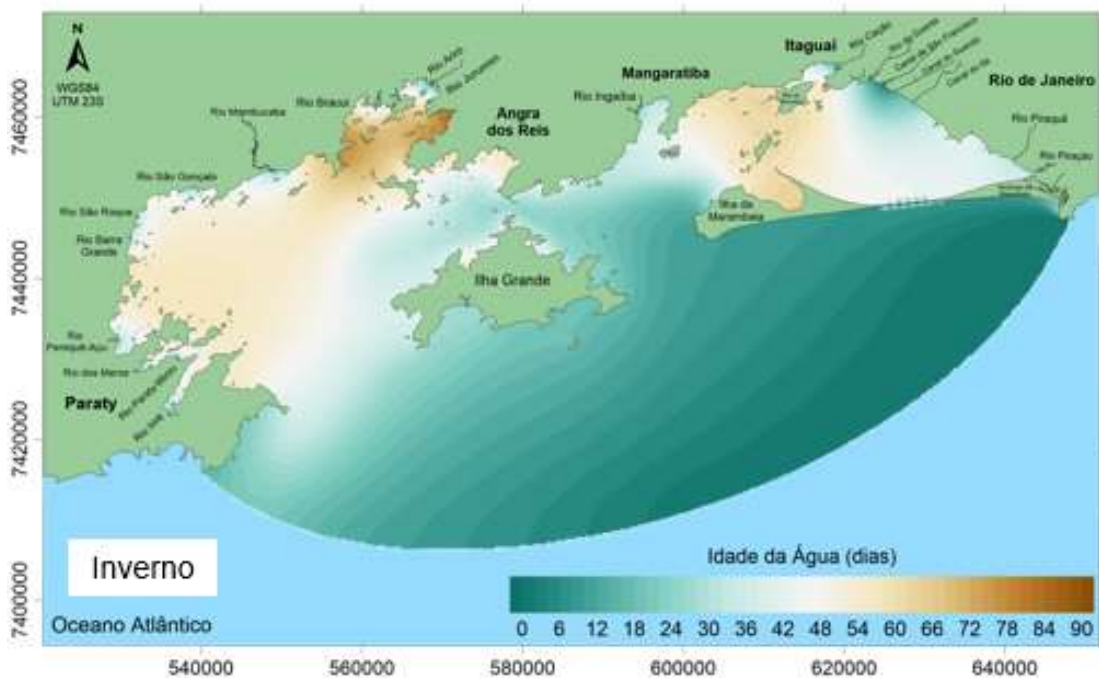


Figura 5 - Idade da água na Baías de Ilha Grande e Sepetiba, após 90 dias de simulação para o cenário de inverno. Fonte: SisBahia, 2018.

2.2 Coleta das amostras

Amostras de *Nodipecten nodosus* na fase adulta, com aproximadamente 12 meses, que corresponde a idade comercial, foram obtidas com apoio do Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande (IED-BIG). Os pontos de coleta foram determinados pela disponibilidade de organismos em tamanho comercial, além da cooperação de maricultores, provenientes de quatro fazendas marinhas na BIG (Figura 6), em Angra dos Reis/RJ, com diferentes intensidades de atividades antrópicas e características hidrodinâmicas. Os pontos de amostragem receberam os nomes dos locais onde foram coletados, sendo um ponto na Ilha da Gipóia, dois pontos na Ilha Grande (um no Bananal e outro na Ponta do Aripeba) e um ponto no continente na Ponta Leste. No total, 16 indivíduos, 4 animais de cada fazenda marinha, com aproximadamente 8 a 24g de peso úmido cada e conchas entre 5,5 a 8,5 cm, foram coletados no dia 30/04/2021, após o verão, período em que a taxa de renovação das águas na BIG é menor, com tempo maior de residência das águas onde os organismos são cultivados.



Figura 6 – Localização dos pontos de amostragem dos organismos cultivados na Baía de Ilha Grande/RJ.

Os organismos foram retirados das lanternas japonesas, sistema que oferece substrato e abrigo artificial para criação de vieiras instaladas na baía.

Após serem retiradas das lanternas, as valvas foram fechadas com elástico e os indivíduos foram acondicionados em papel alumínio, separados e identificados por área de coleta, e transportadas por embarcação até o laboratório do IEDBIG. As amostras foram mantidas congeladas até a realização das análises em laboratório.

2.3 Preparação das amostras e análises

A preparação das amostras foi realizada no laboratório de Radioisótopos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os tecidos moles dos bivalves foram removidos das conchas com o auxílio de uma pinça metálica e acondicionados em frascos de vidro descontaminados com n-hexano, passando por estufa para secagem e esterilização.

As amostras foram pesadas em peso úmido, maceradas e homogeneizadas com mixer. Após a preparação inicial, as amostras foram armazenadas em beckers de vidro, identificadas, etiquetadas, vedadas com papel alumínio, e armazenadas no freezer até a próxima etapa, que consistiu na liofilização das amostras, novamente pesadas, desta vez em peso seco.

A análise instrumental foi conduzida no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LABMAM) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio. Para a extração dos analitos (POPs) presentes nas amostras, pesou-se aproximadamente 1g de tecido de cada amostra (peso seco), em balança analítica, utilizou-se a técnica de extração via líquido pressurizado, no equipamento Accelerated Solvent Extractor 200, Dionex (ASE) (Figura 7). A extração das amostras ocorreu em células de aço inoxidável, previamente montadas; com 5g de sílica 5% (adsorvente), aproximadamente 1g de amostra e o volume restante completado com terra diatomácea, um material inerte.

Os dados das condições de extração via ASE encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Condições instrumentais de Extração via ASE.

Solvente	Diclorometano/Metanol (4:1 v/v)
Temperatura	80° Celsius
Pressão	1500 psi
Ciclos Estáticos	3
Tempo Estático	10min
Volume de Rinsagem	75%
Tempo de Purga	90s
Tempo de Extração	40min
Volume de Solvente	60mL



Figura 7 – Accelerated Solvent Extractor 200, Dionex (ASE).

Os extratos obtidos via ASE foram então concentrados com o auxílio de um rota-evaporador a vácuo e em banho maria até atingir um volume ideal (no máximo 4ml). Em seguida, foi realizado um “Clean-up” via cromatografia líquida em coluna fina para remoção de possíveis interferentes, como umidade e gordura residual (Figura 8).

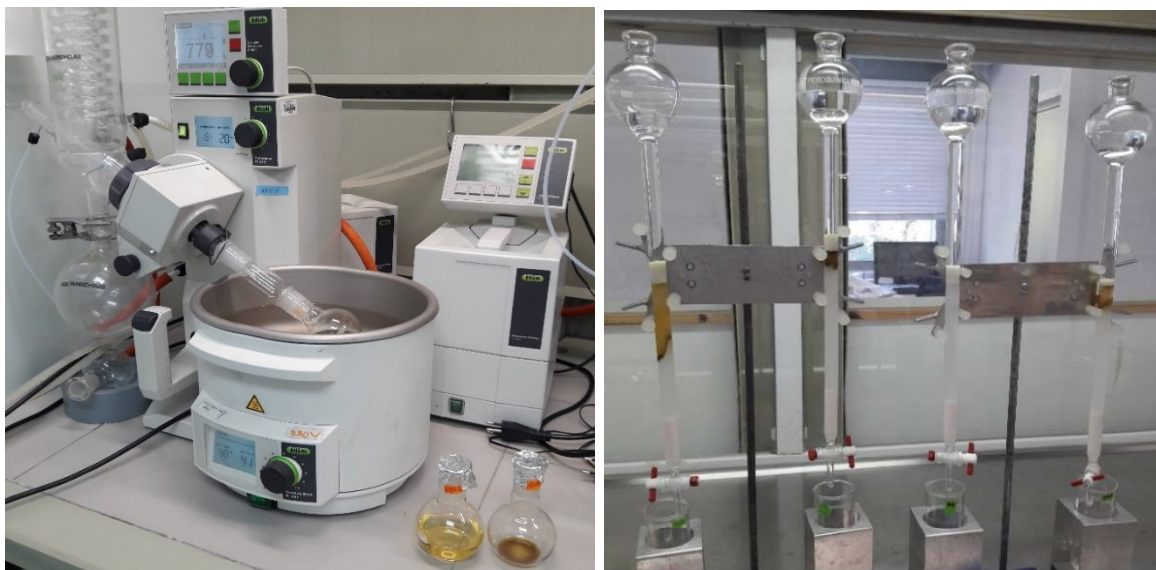


Figura 8 – Concentração das amostras no rota-evaporador e clean-up via cromatografia líquida em coluna fina.

Os extratos purificados foram novamente concentrados em um evaporador e transferidos quantitativamente para balões volumétricos de 1ml, onde foi adicionado 100ng de padrão interno (Figura 9).

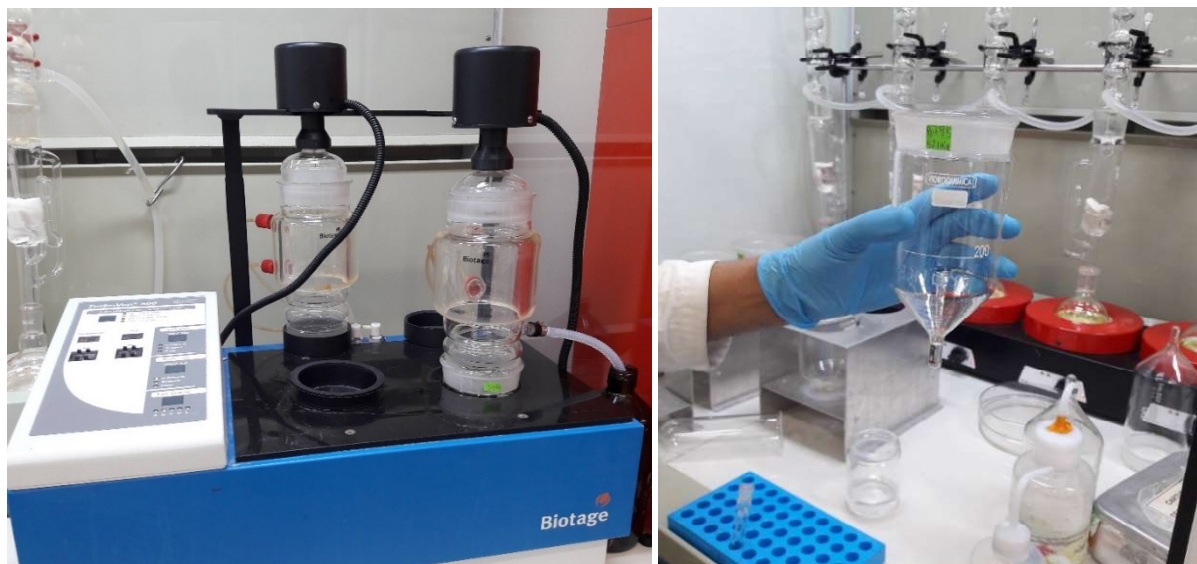


Figura 9 – Concentração dos extratos e adição de padrão interno.

Os brancos de amostragem foram realizados para cada conjunto de amostras analisadas, a fim de avaliar a contaminação que, potencialmente

ocorreu durante os procedimentos laboratoriais, medindo a resposta instrumental do procedimento analítico para impurezas ou espécies interferentes nos reagentes.

Para avaliar a eficiência do método de análise na presença de uma matriz representativa foi feita a fortificação dos analitos de interesse em uma concentração conhecida.

A análise instrumental foi realizada em cromatógrafo a gás (Agilent 6890N Series) acoplado a um espectrômetro de massas (Agilent 5973).

Neste estudo foram quantificadas as concentrações de perileno (Per) e mais os 16 HPAs prioritários propostos pela USEPA.

2.4 Limite de detecção e limite de quantificação do método

O limite de detecção (LD) representa a menor concentração da substância em exame que pode ser detectada, embora não seja necessariamente quantificada, por um determinado procedimento analítico. Enquanto o limite de quantificação (LQ) representa a menor concentração que pode ser medida da substância com exatidão e precisão aceitáveis, por meio de determinado método (RIBANI *et al.*, 2004). Os valores abaixo do limite de detecção estão representados na tabela de resultados por LD e os valores abaixo de 0,5 ng/g foram substituídos por <LQ, limite de quantificação do método. Todas as concentrações são expressas em peso seco.

2.5 Identificação das possíveis fontes de HPAs

As potenciais fontes de HPAs para cada ponto de amostragem foram identificadas utilizando as razões diagnósticas propostas na literatura.

As razões diagnósticas comumente usadas para identificação de fontes de contaminação, estão listadas na Tabela 3. Além disso, a abundância de HPAs de baixo peso molecular (BPM, HPAs com 2-3 anéis aromáticos) e alto peso molecular (APM, HPAs com 4-6 anéis aromáticos) foi também avaliada para distinguir as fontes pirolíticas e petrogênicas (Aguirre-Rubí *et al.*, 2019; Balgobin e Ramroop Singh, 2019; Commendatore *et al.*, 2012; Magi *et al.*, 2002; Moss *et al.*, 2015; Romero *et al.*, 2017).

O perileno, um hidrocarboneto associado a fontes naturais de matéria orgânica, é provavelmente derivado de processos biogênicos e a partir de sua porção relativa dentro do somatório de HPAs é possível indicar se as fontes são predominantes naturais ou antrópicas (Budzinski *et al.*, 1997).

Tabela 3 - Razões diagnósticas comumente usadas para identificação de fontes de contaminação de HPAs.

RAZÃO DIAGNÓSTICA	ÍNDICE	FONTE	REFERÊNCIAS
$\Sigma\text{BPM}/\Sigma\text{APM}$	>1	PETROGÊNICA	Magi <i>et al.</i> , 2002; Qiao <i>et al.</i> , 2006
	<1	PIROLÍTICA	
FEN/ANT	>10	PETROGÊNICA	Qiao <i>et al.</i> , 2006; Wu <i>et al.</i> , 2011; Yang, 2000
	<10	PIROLÍTICA	
FLU/PIR	<1	PETROGÊNICA	Budzinski <i>et al.</i> , 1997; Magi <i>et al.</i> , 2002; Qiao <i>et al.</i> , 2006; Readman <i>et al.</i> , 2002; Yang, 2000
	>1	PIROLÍTICA	
ANT/(FEN+ANT)	>0,1	PETROGÊNICA	Yang <i>et al.</i> , 2013; Yunker <i>et al.</i> , 2002
	<0,1	PIROLÍTICA	
PER/ ΣBPM	<0,1	FONTES NATURAIS	Bet <i>et al.</i> , 2015; Budzinski <i>et al.</i> , 1997; Yang, 2000
	>0,1	PIROLÍTICA	

2.6 Avaliação dos níveis de contaminação

Baumard *et al.* (1998) investigaram a contaminação ambiental no sedimento e em mexilhões do mar mediterrâneo ocidental, com diferentes níveis de exposição a poluentes e estabeleceram que níveis de HPAs variando de 0 a 100 ng/g, 100 a 1.000 ng/g, 1000 a 5000 ng/g e superiores a 5.000 ng/g eram típicos de áreas com níveis baixo, moderado, alto e muito alto de contaminação por HPA, respectivamente (BAUMARD *et al.*, 1998).

No Brasil, não há legislação específica sobre os níveis de HPAs em alimentos que garantam níveis seguros para o seu consumo. Entretanto, há várias orientações a respeito de concentrações limites em referências internacionais.

A Convenção de Oslo e Paris (OSPAR, 1997) elaborou um documento estipulando algumas concentrações limites de HPAs em mexilhões comestíveis (todos os valores em peso seco): 5-50ng/g para antraceno, 1.000-10.000 ng/g para fluoranteno ou pireno e 500-50.000 ng/g para fenantreno ou benzo(a)pireno. Já a Comissão Europeia propôs o limite de 5ng/g para o benzo(a)pireno e 30ng/g

para o somatório de Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno e Criseno (EUROPEAN COMMISSION, 2011). Além disso a USEPA considera como limite de HPAs totais que podem apresentar riscos para os consumidores um limite de 6.000ng/g em peso úmido, o que equivale a aproximadamente 44.400 ng/g de peso seco.

A fim de identificar possíveis efeitos a biota, os valores reportados foram também comparados aos dados disponibilizados pela OSPAR referentes aos critérios adotados para moluscos filtradores. Posteriormente, cada ponto de coleta foi classificado de acordo com os critérios abaixo, desenvolvidos por Vethaak *et al* (2017) (Tabela 4):




-  a) $[HPA] \leq BAC$: concentração de avaliação de background, valores inerentes ao ambiente;
-  b) $BAC < [HPA] < EAC$: Valores anormais, porém sem efeitos negativos à biota;
-  c) $[HPA] > EAC$: Critério de avaliação ecotoxicológicos, valores de concentração a partir dos quais representaria risco de efeitos biológicos notáveis e toxicidade, se referem principalmente à toxicidade aguda, não incluindo a biodisponibilidade de um contaminante em condições de campo, grau de bioacumulação, carcinogenicidade, genotoxicidade e disrupção endócrina.

Tabela 4 – Critérios adotados para moluscos filtradores segundo a OSPAR no que se refere aos efeitos a biota, para concentração de HPAs em ng/g ps. BAC = concentração de avaliação de background, valores anormais, porém sem efeitos negativos a biota e EAC = valores de concentração a partir dos quais são apresentados riscos de efeitos biológicos notáveis e toxicidade aguda.

HPA	BAC ng/g	EAC ng/g
Naftaleno		340
Fenantreno	11	1700
Antraceno		290
Fluoranteno	12,2	110
Pireno	9	100
Benzo[a]antraceno	2,5	80
Criseno	8,1	
Benzo(a)pireno	1,4	600
Benzo(g,h,i)perileno	2,5	110
Indeno(123-c,d)pireno	2,4	

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento e a avaliação integrada dos contaminantes no ambiente marinho e dos seus efeitos contribuem de forma eficaz para a avaliação integrada de toda a gama de impactos humanos no estado de qualidade do ambiente marinho, como parte da abordagem ecossistêmica (VETHAAK *et al.*, 2017).

A comparação dos dados deve ser feita com cautela, pois a concentração em cada espécie se deve ao efeito sinérgico de fatores como exposição, incorporação, capacidade de metabolismo e teor de gordura no tecido (MASSONE *et al.*, 2021).

Nas vieiras analisadas no presente estudo os somatórios de HPAs para os 16 compostos prioritários da USEPA variaram de valores menores que o limite de quantificação do método analítico (0,5 ng/g) a 76,91 ng/g ps, os resultados para os compostos individuais de HPA variaram desde concentrações inferiores ao limite de quantificação do método analítico (0,5 ng/g), até 29,03 ng/g ps, que são valores comparáveis a locais com baixo nível de contaminação relatados em análises com moluscos bivalves encontrados na literatura.

As concentrações dos HPAs por área de estudo e por indivíduo, assim como as médias de cada ponto de amostragem e o desvio padrão, com a comparação aos valores orientadores internacionais, estão demonstradas na Tabela Suplementar (Anexo 2).

A avaliação da saúde ambiental de áreas costeiras brasileiras, com base na avaliação da presença de POPs como os HPAs, através do uso de bivalves como biomonitores foi objeto de estudos em diversos estados brasileiros, conforme referências destacadas na Tabela 5, descritas a seguir.

Tabela 5 - Variação das concentrações totais de HPA (\sum HPA ng/g peso seco) em ostras, mexilhões e vieiras (ng/g, peso seco) em estudos realizados no Brasil.

Bivalve	Espécie	Local	Tipo	HPAs	Concentrações ng/g ps	Referência
Ostra	<i>Crassostrea sp.</i>	Sistema estuarino de Sergipe/SE	Nativo	16HPAs	4,3 a 18,1	Souza <i>et al.</i> , 2021
	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Madre de Deus/BA	Nativo	16HPAs	36,3 a 37,8	Martins <i>et al.</i> , 2020
	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Estuário do Rio Paraguaçu/BA	Nativo	16HPAs	21 a 33,5	Martins <i>et al.</i> , 2020
	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Estuário do Rio Jaguaribe/BA	Nativo	16HPAs	1,55 a 32,4	Martins <i>et al.</i> , 2020
Vieira	<i>Nodipecten nodosus</i>	Baía de Ilha Grande/RJ	Cultivo	16HPAs	<LD a 76,91	Presente estudo
	<i>Nodipecten nodosus</i>	Baía de Ilha Grande/RJ	Cultivo	16HPAs	111 a 169	Lourenço <i>et al.</i> , 2015
	<i>Nodipecten nodosus</i>	Bacia de Campos/RJ	Transplantados	16HPAs	100 a 4.219	Lourenço <i>et al.</i> , 2015
Mexilhão	<i>Perna perna</i>	Arraial do Cabo/RJ	Cultivo	16HPAs	20,31	Yoshimine <i>et al.</i> , 2012
	<i>Perna perna</i>	Ubatuba/SP	Cultivo	16HPAs	23,9	Yoshimine <i>et al.</i> , 2012
	<i>Perna perna</i>	Áreas costeiras/RJ	Nativo	16HPAs	21,85 a 75,99	Yoshimine <i>et al.</i> , 2012
	<i>Perna perna</i>	Baía de Guanabara/RJ	Nativo	16HPAs	69,30 a 238,93	Yoshimine <i>et al.</i> , 2012
	<i>Perna perna</i>	Baía de Guanabara/RJ	Nativo	35 HPAs	354 a >6.000	Franconi <i>et al.</i> , 2005
	<i>Perna perna</i>	Baía de Guanabara/RJ	Nativo	16 HPAs	9 a 273	Franconi <i>et al.</i> , 2007
	<i>Perna perna</i>	Baía Sul da Ilha de Santa Catarina/SC	Cultivo	16HPAs	38,96 a 63,47	Ramos <i>et al.</i> , 2017
	<i>Perna perna</i>	Baía de Guanabara/RJ	Nativo	16HPAs	62,92 a 243,59	Ramos <i>et al.</i> , 2017
	<i>Perna perna</i>	Canal de São Sebastião/SP	Nativo	16 HPAs	130 a 1.630	Pereira <i>et al.</i> , 2007
<i>Mytella charruana</i>	Lagoa do Mundaú Maceió/AL	Nativo	16 HPAs	41,4 a 52,5	Maioli <i>et al.</i> , 2010	

Com base nas categorias de poluição identificadas por Baumard *et al.* (1998), os níveis não normalizados de HPAs em *Nodipecten nodosus* na Baía de Ilha Grande foram considerados baixos (0–100 ng/g ps). Comparando as concentrações de HPAs totais encontradas neste estudo com aquelas encontradas por outros autores em bivalves da costa brasileira (Tabela 5), os valores aqui apresentados foram menores que aqueles encontrados por Lourenço *et al* 2015, na Baía de Ilha Grande, Yoshimine *et al* 2012, em áreas costeiras do Rio de Janeiro e por Yoshimine *et al* 2012, Francioni *et al*, 2005 e 2007, Ramos *et al*, 2017, na Baía de Guanabara.

MARTINS *et al.*, (2020) analisaram a presença de HPAs em ostras *Crassostrea rhizophorae*, coletadas em 3 pontos na Baía de Todos os Santos, a concentração do Σ 16 HPAs prioritários variou entre 1,55 e 37,8 ng/g ps, sendo neste estudo para estes autores o nível de contaminação classificado como de baixo a moderado.

No trabalho realizado por Francioni *et al* (2005), foi testada a resposta a contaminação por óleo no mexilhão *Perna perna* coletados em várias campanhas nos pilares da Ponte Rio-Niterói na Baía de Guanabara/RJ, inclusive antes e após um grande derramamento de petróleo em janeiro/2000. O estudo indica que os organismos são mais adequados que os sedimentos para monitorar a contaminação por petróleo na Baía de Guanabara. Similarmente o estudo compara os resultados de Baumard *et al.* (1998) que provaram ser confiável o uso do bivalve como biomonitor de contaminação da água, adequado para ser utilizado em avaliações costeiras e estuarinas.

Quanto a classificação proposta por Vethaak *et al*, com base nos valores orientadores da OSPAR, os 4 pontos amostrados apresentaram ao menos uma amostra com presença de HPA com valor acima do BAC, porém todas as amostras apresentaram valores abaixo de EAC (Figura 10).

Todos os valores encontrados estão abaixo dos valores orientadores para segurança alimentar propostos pela OSPAR (2021), EC (2011) e USEPA (2000).

O parâmetro benzo(a)pireno foi encontrado apenas em uma amostra, apresentando valor abaixo 5ng/g ps. E o somatório dos parâmetros benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno e benzo(b)fluoranteno do em todas as amostras ficou abaixo do nível recomendado pela Comissão Europeia (Tabelas 6 a 9).

O Bananal na Ilha Grande apresentou o parâmetro pireno acima de BAC (9 ng/g ps) na amostra B2 com 23,73 ng/g ps. Sendo identificada a presença dos parâmetros naftaleno, fenantreno, benzo(b)fluoranteno e benzo(k)fluoranteno (Tabela 6).

Tabela 6 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas no Bananal (B), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (B1 a B4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

HPAs (ng/g ps)	LC	BAC	EAC	Nº DE ANÉIS	B1	B2	B3	B4
Naftaleno	500*		340*	2	17,73	22,34	25,02	18,82
Acenaftileno				3	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno				3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoreno	50.000*			3	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	50*		290*	3	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	50.000*	11*	1700*	3	8,59	<LD	3,83	5,60
Fluoranteno	10.000*	12,2*	110*	4	<LD	<LQ	<LQ	<LQ
Pireno	10.000*	9*	100*	4	<LD	23,73	<LD	1,35
Benzo(a)antraceno		2,5*	80*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno		8,1*		4	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(b)fluoranteno				5	2,32	4,24	<LD	<LD
Benzo(k)fluoranteno			260*	5	<LD	0,50	<LD	0,88
Indeno(1,2,3-cd)pireno		2,4*		6	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo(a,h)antraceno				5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)pireno	5**	1,4*	600*	5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(g,h,i)perileno		2,5*	110*	6	<LD	<LD	<LD	<LD
Perileno					<LD	<LD	<LD	<LD
∑HPA BPM				2-3	26,32	22,34	28,85	24,42
∑HPA APM				4-6	2,32	28,46	<LD	2,23
∑16 HPA					28,64	50,80	28,85	26,65
∑BaA+BaP+BbFA+Cri BaP TEQ	30**				2,32	4,24	<LD	<LD

Na Ponta Leste 3 amostras apresentaram valores acima de BAC, o parâmetro fenantreno ficou acima do BAC em duas amostras (PL2 e PL3), e na amostra PL1 ficaram acima de BAC os parâmetros pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno e benzo(g,h,i)perileno. Também se observou a presença de naftaleno, acenafteno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno e perileno (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas na Ponta Leste (PL), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (PL1 a PL4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

HPAs (ng/g ps)	LC	BAC	EAC	Nº DE ANÉIS	PL1	PL2	PL3	PL4
Naftaleno	500*		340*	2	17,22	14,62	25,96	<LD
Acenaftileno				3	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno				3	<LQ	0,73	2,54	<LD
Fluoreno	50.000*			3	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	50*		290*	3	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	50.000*	11*	1700*	3	<LD	11,15	19,17	<LD
Fluoranteno	10.000*	12,2*	110*	4	14,19	<LD	<LD	<LD
Pireno	10.000*	9*	100*	4	29,03	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)antraceno		2,5*	80*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno		8,1*		4	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(b)fluoranteno				5	4,56	<LD	<LD	<LD
Benzo(k)fluoranteno			260*	5	<LD	<LD	<LD	<LD
Indeno(1,2,3-cd)pireno		2,4*		6	3,56	<LD	<LD	<LD
Dibenzo(a,h)antraceno				5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)pireno	5**	1,4*	600*	5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(g,h,i)perileno		2,5*	110*	6	8,37	<LD	<LD	<LD
Perileno					<LD	<LD	8,61	<LD
ΣHPA BPM				2-3	17,22	26,50	47,66	<LD
ΣHPA APM				4-6	59,69	<LD	<LD	<LD
Σ16 HPA					76,91	26,50	47,66	<LD
ΣBaA+BaP+BbFA+Cri BaP TEQ	30**				4,56	<LD	<LD	<LD

Nas amostras coletadas na Ilha da Gipóia apenas a amostra G1 apresentou valor acima de BAC para o parâmetro fenantreno, 24,19 ng/g. Foram observados os parâmetros naftaleno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno e benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno e benzo(g,h,i)perileno (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas na Gipóia (G), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (G1 a G4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

HPAs (ng/g ps)	LC	BAC	EAC	Nº DE ANÉIS	G1	G2	G3	G4
Naftaleno	500*		340*	2	12,98	<LD	<LD	15,27
Acenaftileno				3	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno				3	<LQ	<LQ	<LQ	0,95
Fluoreno	50.000*			3	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	50*		290*	3	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	50.000*	11*	1700*	3	24,19	1,84	3,52	3,26
Fluoranteno	10.000*	12,2*	110*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	10.000*	9*	100*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)antraceno		2,5*	80*	4	2,27	<LD	<LD	<LD
Criseno		8,1*		4	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(b)fluoranteno				5	<LD	<LD	<LD	1,96
Benzo(k)fluoranteno			260*	5	1,36	0,49	0,83	<LD
Indeno(1,2,3-cd)pireno		2,4*		6	<LD	<LD	<LD	<LD
Dibenzo(a,h)antraceno				5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)pireno	5**	1,4*	600*	5	<LD	<LD	<LD	1,22
Benzo(g,h,i)perileno		2,5*	110*	6	<LD	<LD	<LD	0,02
Perileno					<LD	<LD	<LD	<LD
∑HPA BPM				2-3	37,17	1,84	3,52	19,48
∑HPA APM				4-6	3,63	0,49	0,83	3,21
∑16 HPA					40,80	2,33	4,34	22,69
∑BaA+BaP+BbFA+Cri BaP TEQ	30**				2,27	0,49	0,83	3,18

Na Ponta do Aripeba somente a amostra PA4 apresentou valor acima de BAC para os parâmetros Indeno(1,2,3-cd)pireno 9,95 ng/g e benzo(g,h,i)perileno 23,29 ng/g. Observou-se também a presença de naftaleno, acenafteno, fenantreno, benzo(b)fluoranteno e perileno (Tabela 9).

Tabela 9 - Resultado da avaliação da presença dos 16HPAs prioritários de acordo com a USEPA e do perileno, em vieiras coletadas na Ponta do Aripeba (PA), medidos em ng/g ps. N=4 indivíduos (PA1 a PA4). <LD, menor que o limite de detecção do método e <LQ, menor que o limite de quantificação do método. Estão representados os resultados do somatório dos HPAs de alto peso molecular (APM), 4 a 6 anéis, em azul e baixo peso molecular (BPM), 2 a 3 anéis, em amarelo. Os resultados foram comparados com os valores de referência determinados pela OSPAR, 1997* e EC, 2011**, quanto ao limite de concentração (LC) para segurança alimentar e pela OSPAR, 1997* quanto aos índices BAC e EAC no que se refere aos níveis de contaminação e os riscos de efeitos à biota.

HPAs (ng/g ps)	LC	BAC	EAC	Nº DE ANÉIS	PA1	PA2	PA3	PA4
Naftaleno	500*		340*	2	21,82	<LD	6,71	<LD
Acenaftileno				3	<LD	<LD	<LD	<LD
Acenafteno				3	<LQ	0,83	1,32	<LQ
Fluoreno	50.000*			3	<LD	<LD	<LD	<LD
Antraceno	50*		290*	3	<LD	<LD	<LD	<LD
Fenantreno	50.000*	11*	1700*	3	6,77	4,10	<LD	<LD
Fluoranteno	10.000*	12,2*	110*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Pireno	10.000*	9*	100*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)antraceno		2,5*	80*	4	<LD	<LD	<LD	<LD
Criseno		8,1*		4	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(b)fluoranteno				5	<LD	<LD	<LD	11,85
Benzo(k)fluoranteno			260*	5	<LD	<LD	<LD	<LQ
Indeno(1,2,3-cd)pireno		2,4*		6	<LD	<LD	<LD	9,95
Dibenzo(a,h)antraceno				5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(a)pireno	5**	1,4*	600*	5	<LD	<LD	<LD	<LD
Benzo(g,h,i)perileno		2,5*	110*	6	<LD	<LD	<LD	23,29
Perileno					7,25	<LD	<LD	<LD
∑HPA BPM				2-3	28,59	4,94	8,03	<LD
∑HPA APM				4-6	<LD	<LD	<LD	45,09
∑16 HPA					28,59	4,94	8,03	45,09
∑BaA+BaP+BbFA+Cri BaP TEQ	30**				<LD	<LD	<LD	11,85

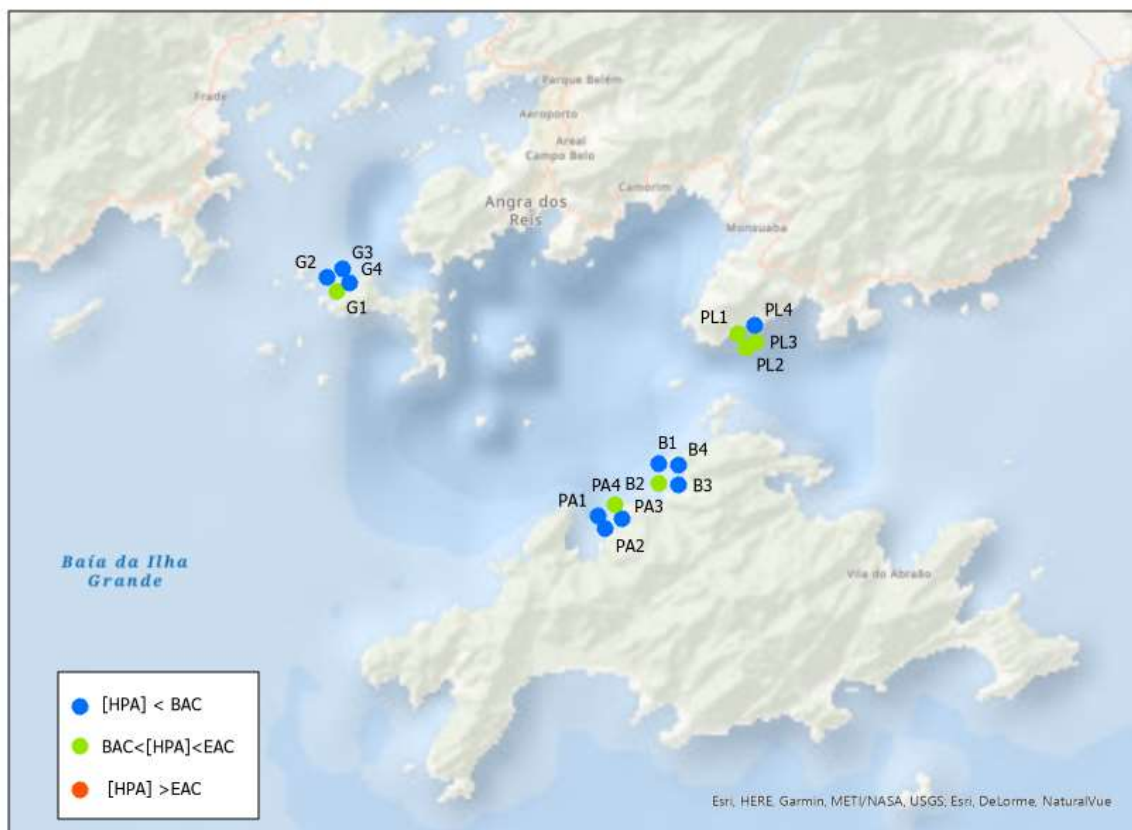


Figura 10 – Representação gráfica utilizando as divisões propostas por Vethaak *et al* (2017), quanto aos critérios de classificação das concentrações de HPA com base nos possíveis efeitos a biota, azul indica conformidade com a Concentração de Avaliação de Background (BAC), verde indica que concentrações ou os níveis de efeitos estão entre o BAC e o Critérios de Avaliação Ambiental (EAC), e vermelha indicaria que os EAC foram excedidos.

A avaliação de algumas razões diagnósticas não foi possível no presente estudo por muitos compostos estarem abaixo do limite de quantificação na maioria das amostras. A relativa contribuição de HPAs de APM e BPM, considerando apenas o $\sum 16$ HPAs prioritários, sugere uma origem mista entre fontes. Em geral, as amostras apresentaram maiores concentrações de HPAs de baixo peso molecular (BPM) que de alto peso molecular (APM). Isso pode ser um indicativo de que a fonte predominante de HPAs para as regiões é petrogênica (BPM>APM). As amostras PA4, B2 e PL1, apresentaram maior concentração de compostos de APM enquanto que as demais amostras apresentaram maior concentração de compostos de BPM, conforme demonstrado nas Figuras 11 e 12, com a representação dos valores do somatório de compostos de BPM e APM.

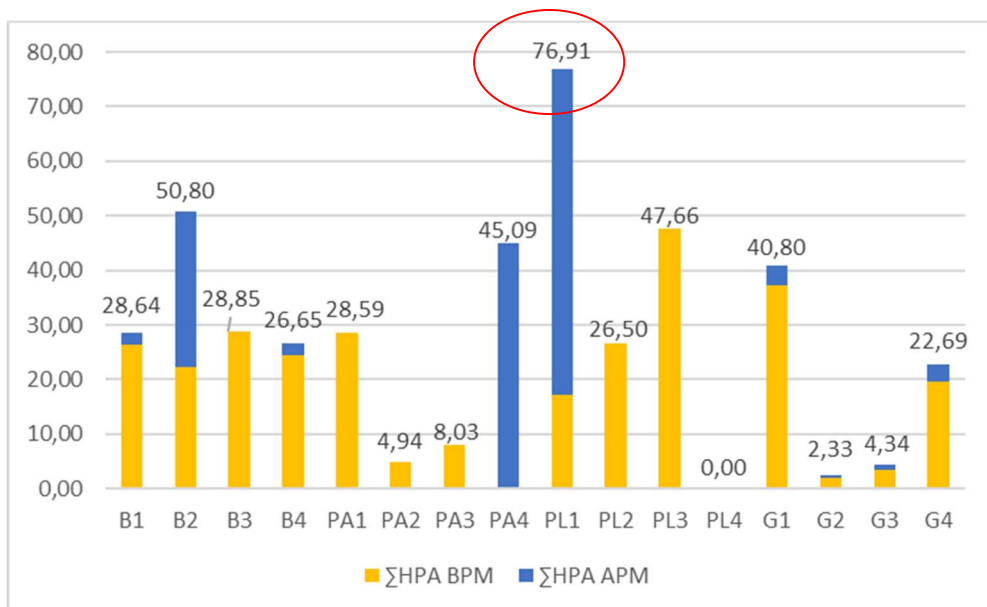


Figura 11 - Comparação entre a concentração de HPA de baixo peso molecular (BPM) e alto peso molecular (APM), e o somatório dos 16 HPAs de BPM e APM, em cada um dos organismos amostrados, em ng/g de peso seco. B1 a B4 = Bananal, PA1 a PA4 = Ponta do Aripeba, PL 1 a PL 4 = Ponta Leste e G1 a G4 = Gipóia.

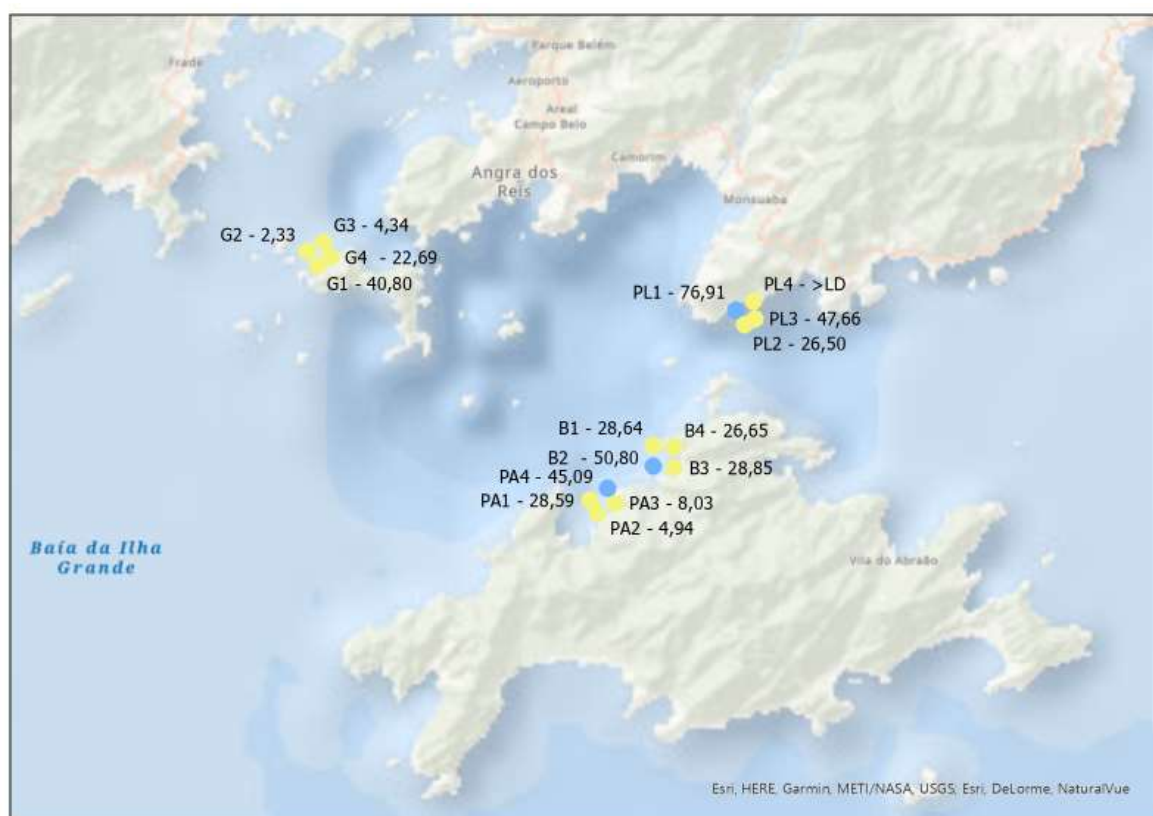


Figura 12 - Representação do somatório dos 16 HPAs (USEPA) de baixo peso molecular (BPM) em amarelo, e alto peso molecular (APM) em azul, em cada um dos organismos amostrados, em ng/g de peso seco, por local de coleta. As amostras PA4, B2 e PL1, apresentaram maior concentração de compostos de APM enquanto que as demais amostras apresentaram maior concentração de compostos de BPM. B1 a B4 = Bananal, PA1 a PA4 = Ponta do Aripeba, PL 1 a PL 4 = Ponta Leste e G1 a G4 = Gipóia.

Os parâmetros naftaleno e fenantreno foram os mais representativos e com presença em 11 de 16 amostras, os naftalenos são os mais solúveis em água dos hidrocarbonetos aromáticos monitorados e persistem a uma distância maior na coluna de água do que os compostos de 2/3 anéis menos solúveis (DURELL *et al.*, 2006).

A predominância de HPAs individuais como naftaleno, fenantreno e perileno, são importantes indicadores da síntese natural de HPAs em regiões tropicais.

Maioli e colaboradores, 2010 analisaram a concentração dos 16 HPAs prioritários em amostras do mexilhão *Mytella charruana*, da Lagoa Mundaú em Maceió/AL, os mexilhões de maior tamanho acumularam HPAs de BPM (Naf, Acl, Ace, Flu, Fen e Ant), enquanto os mexilhões menores acumularam maiores concentrações de HPAs de APM (BaA, Cri, BbF, BkF, BaP, InP, DBA e BghiP). De acordo com este estudo o metabolismo pode explicar esse padrão, pois suspeita-se que os HPAs de APM sejam metabolizados mais rapidamente do que os de BPM devido a diferenças na afinidade enzimática e o tamanho do organismo pode ter um efeito importante na bioacumulação, especialmente em escala temporal. No presente estudo foram analisados organismos com tamanho e idade semelhante, sendo outros fatores e variáveis responsáveis pelas diferentes concentrações de HPAs APM ou BPM.

4. CONCLUSÃO

As concentrações de HPAs analisadas indicam um baixo nível geral de contaminação por hidrocarbonetos nos cultivos de vieiras da BIG/RJ. No entanto a garantia da qualidade da água nessas áreas depende de diversos outros parâmetros que devem ser periodicamente analisados.

Os compostos mais abundantes foram os de BPM, como naftaleno e fenantreno, sugerindo a predominância de fontes petrogênicas, considerando as razões diagnósticas analisadas, sendo estes parâmetros também considerados indicadores da síntese natural de HPAs em regiões tropicais.

Baseando-se nos critérios internacionais, os organismos cultivados não apresentaram valores de HPAs que indiquem riscos à saúde humana no que diz respeito à contaminação pelo consumo. No entanto, os limites de concentração devem ser aplicados com cuidado. Os valores foram propostos para áreas (Europa e América do Norte, principalmente com clima temperado) onde as condições ambientais são diferentes das da Baía de Ilha Grande, que é uma baía tropical. Além disso é importante considerar que o controle higiênico-sanitário dos moluscos depende ainda das condições sanitárias nas áreas de cultivo, das boas práticas de manuseio pós coleta dos organismos, e os riscos de contaminação estão também relacionados com a quantidade e frequência de consumo.

Quanto aos efeitos tóxicos a biota, foram identificados valores anormais segundo a classificação da OSPAR, sendo que todas as concentrações de HPA ficaram abaixo do valor que representaria risco de efeitos biológicos notáveis e toxicidade aguda. O que não exclui a possibilidade desses resultados mesmo abaixo dos valores orientadores causarem variações nos organismos que em conjunto com outras interferências ambientais tragam efeitos nocivos à biota. Faltam ainda estudos na literatura quanto aos efeitos crônicos da exposição dos organismos aquáticos aos HPAs e ainda indicadores mais específicos para as áreas tropicais.

Considerando que os poluentes orgânicos persistentes (POPs) são substâncias químicas orgânicas reconhecidas como uma séria ameaça global à saúde humana e aos ecossistemas e que convenções internacionais apontam o objetivo de reduzir as concentrações de substâncias perigosas no meio marinho para próximas dos valores de referência para substâncias de ocorrência natural e próximas de zero para substâncias fabricadas pelo homem, entende-se ser importante o desenvolvimento de programas de monitoramento, com uma malha amostral representativa e periódica, em especial em locais de grande relevância ambiental como é o caso da Baía de Ilha Grande, com uma análise sinérgica integrando avaliações de sedimento, água e biota. Assim como os Órgãos Ambientais, exigirem em seus instrumentos de licenciamento o amplo e contínuo monitoramento ambiental para não só avaliar possíveis impactos diretos, mas também contribuir para o conhecimento e entendimento da dinâmica local.

CONCLUSÃO GERAL

A avaliação da produção científica global sobre a espécie *Nodipecten nodosus* através de uma análise bibliométrica e descritiva mostrou que o Brasil possui uma importante participação nas publicações realizadas até 2021, com a principal área de pesquisa relacionada ao crescimento e sobrevivência da espécie, em especial no que se refere as tecnologias de cultivo, já bem estabelecidas.

No entanto, considerando que a maior parte das etapas de produção ocorre no mar, foram identificadas lacunas na integração de estudos ligados à avaliação e gestão da qualidade ambiental das áreas de produção, garantindo a implantação da atividade de forma econômica e ambientalmente sustentável.

O desenvolvimento da aquicultura marinha na região Baía de Ilha Grande/RJ, considerada oficialmente um *hotspot* de biodiversidade marinha no litoral brasileiro, tem um grande potencial, com condições fisiográficas e oceanográficas favoráveis, sendo fundamental a realização de programas de monitoramento para o adequado estabelecimento da atividade na região.

Em contraste com a importância ecológica e ambiental, a BIG apresenta diversas fontes potenciais de poluição e contaminação, como esgotos domésticos e industriais, sem o devido tratamento, intenso tráfego de embarcações de lazer e turismo, além de navios de grande porte (cruzeiros marítimos, cargueiros, petroleiros), instalações de terminais marítimos e portos, que promovem a introdução de poluentes orgânicos persistentes (POPs), como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs).

Como no Brasil não há regulamentação que indique as concentrações máximas de HPAs permitidas em bivalves para consumo humano ou que não causem prejuízos a biota, foram consideradas neste estudo as diretrizes internacionais que sugerem níveis permissíveis para alguns dos 16 HPAs prioritários, como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2000), a Convenção de Oslo e Paris para a Proteção do Ambiente Marinho (OSPAR, 1997) e a Comissão Europeia (EC, 2011).

A análise da presença de HPAs nas vieiras cultivadas na região, com base nesses valores orientadores internacionais, identificou que a região da BIG apresentou alguns valores acima do estabelecido como padrão, porém todos abaixo dos índices que indicam efeitos negativos a biota, sendo considerada uma região de baixo impacto ambiental no que se refere a contaminação por HPAs. O que não exclui a possibilidade desses resultados mesmo abaixo dos valores orientadores causarem variações que em conjunto com outras interferências ambientais tragam efeitos nocivos à biota. Faltam ainda estudos na literatura quanto aos efeitos crônicos da exposição dos organismos aquáticos aos HPAs.

Dentre as importantes iniciativas mundiais de gestão da qualidade ambiental, a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecida pela ONU, a ser implementada de 2021 a 2030, reforça a urgência de gerenciar com sustentabilidade as atividades no oceano.

Ainda na presente década, a Convenção OSPAR será implementada através da Estratégia Ambiental do Atlântico Nordeste 2030 (OSPAR, 2021). Os objetivos da estratégia OSPAR para substâncias perigosas consiste em caminhar para a cessação de descargas, emissões e perdas de substâncias perigosas, o objetivo final é atingir concentrações de substâncias perigosas no meio marinho próximas dos valores de referência para substâncias de ocorrência natural e próximas de zero para substâncias fabricadas pelo homem (OSPAR, 2021).

Os Projetos PNUMA/GEF sobre o Apoio Regional Contínuo ao Plano de Monitoramento Global monitoram a presença de poluentes orgânicos persistentes (POPs) no meio ambiente e nos seres humanos.

O PNUMA implementa projetos que contribuem para o monitoramento dos POPs e a implementação da Convenção de Estocolmo. O monitoramento acontece globalmente em todas as regiões da ONU e o apoio à capacitação é fornecido na América Latina e Caribe, África, Ásia e Pacífico.

No Brasil, a Iniciativa BIG 2050, proposta pela FAO, confirma a importância da implementação de projetos para gestão dos ecossistemas costeiros na Baía da Ilha Grande, apresenta perspectivas de continuidade e a propensão para promover a formação de um banco de dados ambientais que poderá subsidiar, no futuro, uma avaliação dos possíveis impactos da maricultura na Baía da Ilha Grande (BIG); garantia da qualidade do produto cultivado junto aos consumidores;

e redução da mortalidade de animais por conta do manejo em momentos mais adequados, com conseqüente aumento da produção.

A experiência de maricultores da BIG sugere menores taxas de mortalidade especialmente nas fases iniciais em cultivos de vieiras com estruturas submersas mais novas, como cabos, bombonas e bóias com menor taxa de bioincrustação. Com a incidência de fouling reduzida, sem o cultivo de outras espécies no mesmo longline, e sem a mistura de organismos de diferentes lotes de desova, e com a instalação a meia água, observa-se uma redução na bioincrustação tanto nas estruturas quanto nas valvas dos animais. Já é consolidado na literatura que uma menor taxa de fouling facilita o manejo reduzindo o estresse dos organismos cultivados, permite uma maior circulação de água e níveis de oxigênio dentro das estruturas, e uma menor competição por alimento, evitando ainda uma possível transmissão de patógenos e talvez permitindo uma maior capacidade de depuração com a eliminação de contaminantes.

Novos estudos nesse sentido, visando a interação da avaliação da qualidade ambiental com o desenvolvimento dos cultivos podem auxiliar na determinação de áreas mais propícias à produção garantindo a implantação da atividade de forma econômica e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICO, J. A. *et al.* Gene discovery in the tropical scallop *Nodipecten nodosus*: Construction and sequencing of a normalized cDNA library. *Marine Environmental Research*, v. 91, p. 34–40, 2013.
- ANDRADE, I. O. DA S. Avaliação da sorção dos HPAs na formação de OSA em ambiente de praia simulado. Universidade Federal da Bahia, 2014.
- ANDRÉ LOURENÇO, R. *et al.* PAH assessment in the main Brazilian offshore oil and gas production area using semi-permeable membrane devices (SPMD) and transplanted bivalves. *Continental Shelf Research*, v. 101, p. 109–116, 2015.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- AUDINO, J. A. *et al.* Mantle margin morphogenesis in *Nodipecten nodosus* (Mollusca: Bivalvia): new insights into the development and the roles of bivalve pallial folds. *BMC Developmental Biology*, v. 15, n. 1, 2015a.
- AUDINO, J. A. *et al.* Development of the pallial eye in *Nodipecten nodosus* (Mollusca: Bivalvia): insights into early visual performance in scallops. *Zoomorphology*, v. 134, n. 3, p. 403–415, 2015b.
- AUDINO, J. A. *et al.* Anatomy of the pallial tentacular organs of the scallop *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae). *Zoologischer Anzeiger*, v. 258, p. 39–46, 2015c.
- AUDINO, J. A. *et al.* Inferring muscular ground patterns in Bivalvia: Myogenesis in the scallop *Nodipecten nodosus*. *Frontiers in Zoology*, v. 12, n. 1, 2015d.
- AUDINO, J. A.; SERB, J. M.; MARIAN, J. E. A. R. Hard to get, easy to lose: Evolution of mantle photoreceptor organs in bivalves (Bivalvia, Pteriomorphia). *Evolution*, v. 74, n. 9, p. 2105–2120, 2020.
- BAHIA, J. First records of polyclads (Platyhelminthes, Polycladida) associated with *Nodipecten nodosus* (Linnaeus 1758) aquaculture. *Marine Biodiversity*, v. 46, n. 4, p. 911–915, 2016.
- BAUMARD, P. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels of the western Mediterranean Sea. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 17, n. 5, p. 765–776, 1998.
- BUCHMAN, M. F. Screening Quick Reference Tables - Squirts. NOAA, n. NOAA OR & R Report ; 08-1, p. 34, 2008.
- BUDZINSKI, H. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary, *Marine Chemistry*, 85-97, 1997.
- CARRARO, J. L. *et al.* Characterization of the fouling community of macroinvertebrates on the scallop *Nodipecten nodosus* (Mollusca, Pectinidae) farmed in Santa Catarina, Brazil. *Ciencias Marinas*, v. 38, n. 3, p. 577–588, 2012.
- CARREIRA, R. DA S.; MASSONE, C. G. Poluição por hidrocarbonetos na Baía de Guanabara. In: DA FONSECA, E. M.; NETO, J. A. B.; POMPERMAYER, F. C. L. (Eds.). *Baía de Guanabara: um ambiente em transformação*. 1. ed. Rio de Janeiro: Ape’Ku, p. 435–464, 2021.
- CEMBRA. O BRASIL E O MAR NO SÉCULO XXI. 2ª edição ed. Niterói/RJ: BHMN, 2012.
- COPPE/UFRJ. PROJETO BAÍAS DO BRASIL - BAÍAS DE ILHA GRANDE E SEPETIBA - RJ. Rio de Janeiro: 2018

CORRÊA-SILVA, M. D. *et al.* Iniciativa BIG 2050 - radar BIG a saúde ambiental da Baía de Ilha Grande. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 52304–52319, p. 1–16, 2021.

CÔRTEZ, M. B. V.; WASSERMAN, J. C.; AVELAR, J. C. L. Gestão da qualidade sanitária de moluscos bivalves de cultivos da Baía da Ilha Grande (Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba). 2008.

CORTÉS-USECHE, C.; GÓMEZ-LEÓN, J.; SANTOS-ACEVEDO, M. Erizos de mar como control biológico del “fouling” en un cultivo de *Nodipecten nodosus* (linnaeus, 1758) en el área de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, v. 40, n. 2, p. 233–247, 2011.

DA SILVA, P. M.; MAGALHÃES, A. R. M.; BARRACCO, M. A. Pathologies in commercial bivalve species from Santa Catarina State, southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 92, n. 3, p. 571–579, 2011.

DIÁRIO DO VALE. Matéria publicada: Prefeitura de Angra dos Reis fecha acordo com a Pesagro para investigar mortalidade de vieiras. Disponível em: <https://diariodovale.com.br/tempo-real/prefeitura-fecha-acordo-com-a-pesagro-para-investigar-mortalidade-de-vieiras/>. 2021.

DURELL, G. *et al.* Oil well produced water discharges to the North Sea. Part I: Comparison of deployed mussels (*Mytilus edulis*), semi-permeable membrane devices, and the DREAM model predictions to estimate the dispersion of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Marine Environmental Research*, v. 62, n. 3, p. 194–223, set. 2006.

EPAGRI. Moluscos Bivalves. Sistema on-line de interpretação e disponibilização de resultados de monitoramento sanitário. Florianópolis/SC. EPAGRI/DEMC. Folder Técnico. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_epagri/Cedap/Folder/44-Maricultura-gestao.pdf. 2020.

ESEC. ATA DA XLIII REUNIÃO DO CONSELHO CONSULTIVO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE TAMOIOS. 13 de agosto de 2019.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. 2020.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. 2022.

FAO; WHO. CODEX ALIMENTARIUS. General Standard for contaminants and toxins in food and feed, v. CXS 193-19, Adopted in 1995. Amended in 2018., p. 65, 2018.

FIPERJ. Relatório anual de gestão. Niterói/RJ: 2021.

FIPERJ. Notícia: FIPERJ E IED-BIG REFORÇAM AÇÕES EM PROL DA MARICULTURA DA BAÍA DA ILHA GRANDE. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/noticia/detalhe/1318>. 2022.

FRANCIONI, E. *et al.* Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbon in *Perna perna* from Guanabara Bay, Brazil. *Environmental Forensics*. 361-370, 6(4)2005.

FRANCIONI, E. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbon in inter-tidal mussel *Perna perna*: Space-time observations, source investigation and genotoxicity. *Science of the Total Environment*. 515-531, 372(2-3)2007.

FREITES, L. *et al.* Reproductive tactics of marine shellfish species from North-Eastern Venezuela: Ecophysiological implications. Nova Science Publishers, Inc., 2014.

GALVÃO, P. *et al.* Sudden cadmium increases in the digestive gland of scallop, *Nodipecten nodosus* L., farmed in the tropics. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 85, n. 5, p. 463–466, 2010a.

GALVÃO, P. M. A. *et al.* Bioacumulação de metais pesados em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 13, n. 2, p. 59, 2009.

GOLDBERG, E. D. *et al.* The Mussel Watch. *Environmental Conservation*, v. 5, n. 2, p. 101–126, 1978.

HERNANDEZ-IBARRA, N. K.; RAMIREZ, J. L.; IBARRA, A. M. The karyotype of the Pacific Lion-Paw Scallop *Nodipecten subnodosus* (SOWERBY, 1835). *Journal of Shellfish Research*, v. 39, n. 2, p. 353–358, 2020.

IBARRA, A. M. *et al.* Characterization of 35 microsatellite loci in the Pacific lion-paw scallop (*Nodipecten subnodosus*) and their cross-species amplification in four other scallops of the Pectinidae family. *Molecular Ecology Notes*, v. 6, n. 1, p. 153–156, 2006.

INEA. RPRH - Relatório do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande, Angra dos Reis/RJ. 2020.

INEA. Zoneamento Ecológico-Econômico do Setor Costeiro da Baía da Ilha Grande. Disponível em: <<https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>>. Acesso em: 5 fev. 2022.

INEA; FAO. INICIATIVA BIG 2050. Angra dos Reis, 2018.

LAFISCA, A.; DE MESQUITA, E. DE F. M.; VIEIRA-DA-MOTTA, O. Brazilian legal framework on shellfish safety and its effects on the growth of shellfish farming and commerce. *Reviews in Aquaculture*, v. 12, n. 2, p. 866–877, 2019.

LI, D. *et al.* Impacts of benzo(a)pyrene exposure on scallop (*Chlamys farreri*) gut health and gut microbiota composition. *Science of the Total Environment*, v. 799, p. 149471, 2021.

LINO, A. S. *et al.* Metal bioaccumulation in consumed marine bivalves in Southeast Brazilian coast. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 34, p. 50–55, 2016.

LODEIROS, C. *et al.* Scallop Aquaculture. In: SHUMWAY, S. E. (Ed.). *Molluscan Shellfish Aquaculture: A Practical Guide*. UK: 5m Publishing, 2021. p. 87–105.

LODEIROS, C. J. *et al.* Growth and survival of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. *Aquaculture*, v. 165, n. 1–2, p. 41–50, 1998.

LODEIROS, C. J. *et al.* Scallop Aquaculture and Fisheries in Venezuela. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, v. 40, p. 1073–1087, 2016a.

LODEIROS, C. J. *et al.* Scallop Aquaculture and Fisheries in Venezuela. In: *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*. v. 40p. 1073–1087.

LOURENÇO, R. A. *et al.* PAH assessment in the main Brazilian offshore oil and gas production area using semi-permeable membrane devices (SPMD) and transplanted bivalves. *CONTINENTAL SHELF RESEARCH*, v. 101, p. 109–116, jun. 2015.

MARENZI, A. W. C.; CASTILHO-WESTPHAL, G. G. *Cultivo de organismos aquáticos - Malacoculturae-Tec BrasilCuritiba/PR Instituto Federal Paraná*, 2011.

MARTINS, A. B. DO Ó. *et al.* Concentration and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in oysters from Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, v. 151, n. November, p. 110781, 2020.

MASSONE, C. G. *et al.* A baseline evaluation of PAH body burden in sardines from the southern Brazilian shelf. *Marine Pollution Bulletin*, v. 163, n. October 2020, p. 111949, 2021.

MEADOR, J. P. *et al.* Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by marine organisms. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, v. 143, p. 79–165, 1995.

MMA, M. DO M. A.; SBF, S. DE B. E F. Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande. Brasília: MMA/SBF, 2007.

MOREIRA, P. S. DA C.; GUIMARÃES, A. J. R.; TSUNODA, D. F. Qual ferramenta bibliométrica escolher? um estudo comparativo entre softwares. *P2P E INOVAÇÃO*, v. 6, p. 140–158, 31 mar. 2020.

MOSCHEN, F. Tese: Análise tecnológica e sócio-econômica do cultivo de moluscos bivalves em sistema familiar na baía da Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2007.

NOTA TÉCNICA Nº 27/2019/SEI/GGALI/DIRE2/ANVISA. Disponível em: <https://sei.anvisa.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=925908&infra_sist...>.

NUNES, B. Z. Dissertação: Áreas marinhas protegidas da América Latina sob ameaça de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. Universidade Federal de São Paulo, 2019.

ONU. Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), 2019.

ORNELLAS MEIRE, R. AZEREDO, A E TORRES, JOÃO PAULO MACHADO. Aspectos ecotoxicológicos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. *Oecol. Bras.*, v. 11, n. 2, p. 188–201, 2007.

OSPAR Comission; Oslo and Paris Conventions for the Prevention os Marine Pollution Joint Meeting ofnthe Olslo and Paris Comissions Brussels, Sumary Record OSPAR 97/15/1, Annex 6, 1997.

OSPAR COMMISSION. Quality status report 2010.

PANORAMA AQUICULTURA. Matéria publicada: **Ostras e Vieiras sofrem alterações fisiológicas de origem desconhecida** Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/ostras-e-vieiras-sofrem-alteracoes-fisiologicas-de-origem-desconhecida/>. 2007.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; DE RESENDE, L. M. M. Advances in the composition of methodi ordinatio for systematic literature review. *Ciência da Informação*, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2018.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. *Biologia Marinha*. 2ª Edição ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

PETERSEN, J. L.; IBARRA, A. M.; MAY, B. Thirty-seven additional microsatellite loci in the Pacific lion-paw scallop (*Nodipecten Subnodosus*) and cross-amplification in other pectinids. *Conservation Genetics Resources*, v. 1, n. 1, p. 101–105, 2009.

PEZZUTO, P. R.; BORZONE, C. A. The collapse of the scallop *Euvola ziczac* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae) fishery in Brazil: changes in distribution and relative abundance after 23 years of exploitation. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 52, n. 3–4, p. 225–236, 2004.

PIAZZA, R. S. *et al.* Exposure to phenanthrene and depuration: Changes on gene transcription, enzymatic activity and lipid peroxidation in gill of scallops *Nodipecten nodosus*. *Aquatic Toxicology*, v. 177, p. 146–155, 2016.

PMAR. Plano Municipal de Saneamento Básico nas modalidades água, esgoto e drenagem urbana (PMSB) Angra dos Reis Prefeitura Municipal de Angra dos Reis, 2014.

POURMOZAFFAR, S. *et al.* The role of salinity in physiological responses of bivalves. *Reviews in Aquaculture*, v. 12, n. 3, p. 1–19, 2019.

RAMOS, A. B. A. *et al.* Assessment of PAHs occurrence and distribution in brown mussels (*Perna perna* Linnaeus 1758) subject to different levels of contamination in Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, v. 14, p. 145–151, 2017.

ROMBENSO, A. N.; ARAÚJO, A. DE; RODRIGUES, R. V. A Promissora Maricultura da Baía da Ilha Grande. *Panorama Aquicultura*, n. Novembro/Dezembro, p. Vol 25, nº 152, 2015.

RUPP, G. S. *et al.* Influence of environmental factors, season and size at deployment on growth and retrieval of postlarval lion's paw scallop *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) from a subtropical environment. *Aquaculture*, v. 243, n. 1–4, p. 195–216, 2005.

RUPP, G. S. Cultivo da vieira *Nodipecten nodosus* em SC: influência da profundidade, densidade e frequência de limpeza.: Epagri 2007. Boletim Técnico 135. Florianópolis/SC, 2007.

RUPP, G. S. Status of Scallop Aquaculture in Brazil. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, v. 107, n. October, p. 66–69, 2009.

RUPP, G. S. Cultivo de vieiras em Santa Catarina: tecnologias utilizadas e influência de fatores ambientais. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 33, n. Setembro/Dezembro, p. 14–17, 2020.

RUPP, G. S.; PARSONS, G. J. Effects of salinity and temperature on the survival and byssal attachment of the lion's paw scallop *Nodipecten nodosus* at its southern distribution limit. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 309, n. 2, p. 173–198, 2004.

RUPP, G. S.; PARSONS, G. J. Aquaculture of the Scallop *Nodipecten nodosus* in Brazil. In: SHUMWAY, S. E.; PARSONS, G. J. (Eds.). *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture and fisheries*. Amsterdam: Elsevier B.V., 2016. v. 40p. 999–1017.

SAAVEDRA, C.; PEÑA, J. B. Phylogenetics of American scallops (Bivalvia: Pectinidae) based on partial 16S and 12S ribosomal RNA gene sequences. *Marine Biology*, v. 150, n. 1, p. 111–119, 2006.

SANTOS, A. *et al.* Potentially toxic filamentous fungi associated to the economically important *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) scallop farmed in southeastern Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 115, n. 1–2, p. 75–79, 2017.

DOS SANTOS, C. M. TCC: Impactos positivos e negativos do cultivo de bivalves em áreas costeiras. 2016.

SCHLEDER, D. D. *et al.* Evaluation of hemato-immunological parameters during the reproductive cycle of the scallop *Nodipecten nodosus* in association with a carotenoid-enriched diet. *Aquaculture*, v. 280, n. 1–4, p. 256–263, 2008.

SILVA, B. R. DA *et al.* Crescimento e sobrevivência de sementes de vieiras *Nodipecten nodosus* (LINNAEUS, 1758), no Espírito Santo, BRASIL. In: VALENÇA, A. R.; SANTOS, P. R. DOS; GUZELLA, L. (Eds.). *Multidisciplinaridade na aquicultura: legislação, sustentabilidade e tecnologias*. 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC, p. 60–75, 2020.

SILVA, M. Dissertação: Biodisponibilidade de metais na baía da Ilha Grande, RJ: avaliação pelas técnicas de bivalves transplantados (*Nodipecten nodosus*) e difusão de filmes finos por gradiente de concentração. Aleph, 2013.

SOARES, I. C. *et al.* Bacteriological analysis of frozen and irradiated scallops' muscle and gonads *Nodipecten nodosus* (mollusca: Bivalvia) [Análise bacteriológica de músculo e gônadas de vieira, *Nodipecten nodosus* (mollusca: Bivalvia), congelados e irradiados]. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 49, n. 1, p. 24–29, 2012a.

SOARES, I. C. *et al.* Análise bacteriológica de músculo e gônadas de vieira, *Nodipecten nodosus* (mollusca: Bivalvia), congelados e irradiados. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 49, n. 1, p. 24–29, 2012b.

SOUZA, M. R. R. *et al.* Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in three environmental components from a tropical estuary in Northeast Brazil. Marine Pollution Bulletin, v. 171, n. December 2020, 2021.

SÜHNEL, S. *et al.* Sexual stages of the female portion in the scallop *Nodipecten nodosus* (Linné, 1758) and astaxanthin quantity in each stage. Brazilian Journal of Biology, v. 70, n. 3, p. 651–658, 2010.

SÜHNEL, S. *et al.* Effect of the fatty acid EPA and DHA in the conditioning of the scallop *Nodipecten nodosus* (Linné, 1758). Aquaculture, v. 330–333, p. 167–171, 2012.

SÜHNEL, S. *et al.* Detection of a parasitic amoeba (*Order Dactylopodida*) in the female gonads of oysters in Brazil. Diseases of Aquatic Organisms, v. 109, n. 3, p. 241–250, 2014a.

SÜHNEL, S. *et al.* Effects of astaxanthin on reproductive success in the tropical scallop *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758). Journal of Shellfish Research, v. 33, n. 1, p. 89–98, 2014b.

TOBISZEWSKI, M.; NAMIEŚNIK, J. PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources. Environmental Pollution, v. 162, p. 110–119, 2012.

UNEP. Monitoramento Global de Poluentes Orgânicos Persistentes. Disponível em: <<https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/persistent-organic-pollutants/global-monitoring>>. Acesso em: 9 fev. 2022.

VAGI, M. C.; PETSAS, A. S.; KOSTOPOULOU, M. N. Potential Effects of Persistent Organic Contaminants on Marine Biota: A Review on Recent Research. Water, v. 13, n. 2488, p. 1–35, 2021.

VANNUCI-SILVA, M. *et al.* Bioavailability of Metals at a Southeastern Brazilian Coastal Area of High Environmental Concern Under Anthropogenic Influence: Evaluation Using Transplanted Bivalves (*Nodipecten nodosus*) and the DGT Technique. Water, Air, and Soil Pollution, v. 228, n. 6, 2017.

VELASCO, L. A.; BARROS, J. Potential for hatchery broodstock conditioning of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. Aquaculture, v. 272, n. 1–4, p. 767–773, 2007.

VELASCO, L. A.; BARROS, J. Experimental larval culture of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. Aquaculture Research, v. 39, n. 6, p. 603–618, 2008.

VELASCO, L. A.; BARROS, J. Survival and growth of the Caribbean scallops, *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*, in suspended systems at different culture depths and net replacement frequencies. Aquaculture Environment Interactions, v. 11, 2019a.

VETHAAK, A. D. *et al.* Integrated indicator framework and methodology for monitoring and assessment of hazardous substances and their effects in the marine environment. Marine Environmental Research, v. 124, p. 11–20, 2017.

YOSHIMINE, R. *et al.* Regional assessment of PAHs contamination in SE Brazil using brown mussels (*Perna perna*, Linnaeus 1758), Marine Pollution Bulletin. 2581–2587, 64(11), 2012.

YUNKER, M. B. *et al.* PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry*, v. 33, p. 489–515, 2002.

ANEXO 1

Resultado final da seleção de documentos sobre a espécie *Nodipecten nodosus* após a aplicação da Etapa 7 da Methodi Ordinatio.

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
1	POURMOZAFFAR, S. <i>et al.</i> The role of salinity in physiological responses of bivalves. <i>Reviews in Aquaculture</i> , v. 12, n. 3, p. 1–19.	10,592	20	2020	75,592
2	LINO, A. S. <i>et al.</i> Metal bioaccumulation in consumed marine bivalves in Southeast Brazilian coast. <i>Journal of Trace Elements in Medicine and Biology</i> , v. 34, p. 50–55.	3,849	36	2016	64,849
3	PIAZZA, R. S. <i>et al.</i> Exposure to phenanthrene and depuration: Changes on gene transcription, enzymatic activity and lipid peroxidation in gill of scallops <i>Nodipecten nodosus</i> . <i>Aquatic Toxicology</i> , v. 177, n. October, p. 146–155.	4,964	29	2016	58,964
4	LAFISCA, A.; DE FÁTIMA MARQUES DE MESQUITA, e.; VIEIRA-DA-MOTTA, O. Brazilian legal framework on shellfish safety and its effects on the growth of shellfish farming and commerce. <i>Reviews in Aquaculture</i> , v. 12, n. 2, p. 866–877.	10,592	0	2020	55,592
5	AUDINO, J. A. <i>et al.</i> Mantle margin morphogenesis in <i>Nodipecten nodosus</i> (Mollusca: Bivalvia): new insights into the development and the roles of bivalve pallial folds. <i>BMC Developmental Biology</i> , v. 15, n. 1.	1,978	31	2015	52,978
6	LODEIROS, C. J. <i>et al.</i> Biochemical composition and energy allocation in the tropical scallop <i>Lyropecten (Nodipecten) nodosus</i> during the months leading up to and following the development of gonads. <i>Aquaculture</i> , v. 199, n. 1–2, p. 63–72.	4,242	98	2001	52,242
7	AUDINO, J.A. <i>et al.</i> Hard to get, easy to lose: Evolution of mantle photoreceptor organs in bivalves (Bivalvia, Pteriomorphia). <i>Evolution</i> , v. 74-9, p. 2105-2120.	3,694	2	2020	50,694
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
8	RUPP, G. S.; PARSONS, G. J. Effects of salinity and temperature on the survival and byssal attachment of the lion's paw scallop <i>Nodipecten nodosus</i> at its southern distribution limit. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> , v. 309, n. 2, p. 173–198.	2,171	83	2004	50,171
9	LODEIROS, C. J. <i>et al.</i> Scallop Aquaculture. Chapter 4, In: Shumway S. (ed.). <i>Molluscan Shellfish Aquaculture: A Practical Guide</i> . 5m Publishing, Essex, UK, Pp: 87-105.	0	0	2021	50
10	HERNÁNDEZ-IBARRA, N. K.; RAMÍREZ, J. L.; IBARRA, A. M. The Karyotype of the Pacific Lion-Paw Scallop <i>Nodipecten subnodosus</i> (Sowerby, 1835). <i>Journal of Shellfish Research</i> , v.39, n.2, p.353–358.	1,396	0	2020	46,396
11	DA COSTA, R. C. <i>et al.</i> Remote setting of <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus 1758) larvae. <i>Boletim do Instituto de Pesca</i> , v. 46, n.3, p. 1–8.	1,058	0	2020	46,058
12	SANTOS, A. <i>et al.</i> Potentially toxic filamentous fungi associated to the economically important <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758) scallop farmed in southeastern Rio de Janeiro, Brazil. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , v. 115, n. 1–2, p. 75–79.	5,553	10	2017	45,553
13	VELASCO, L. A.; BARROS, J. Survival and growth of the caribbean scallops, <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> , in suspended systems at different culture depths and net replacement frequencies. <i>Aquaculture Environment Interactions</i> , v. 11, p. 537–549.	3,074	2	2019	45,074
14	DA SILVA, B.R. <i>et al.</i> Crescimento e sobrevivência de sementes de vieiras <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758), no Espírito Santo, Brasil. In: <i>Multidisciplinaridade na aquicultura: legislação, sustentabilidade e tecnologias</i> . UFSC. 1ª Ed. P. 60-75.	0	0	2020	45
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
15	VELASCO, L. A.; CARRERA, S.; BARROS, J. Isolation, culture and evaluation of <i>Chaetoceros muelleri</i> from the Caribbean as food for the native scallops, <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> . Latin American Journal of Aquatic Research, v. 44, n. 3, p. 557–568.	0,958	18	2016	43,958
16	VELASCO, L. A.; BARROS, J.; ACOSTA, E. Spawning induction and early development of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> . Aquaculture, v. 266, n. 1–4, p. 153–165.	4,242	59	2007	43,242
17	VANNUCI-SILVA, M. <i>et al.</i> Bioavailability of Metals at a Southeastern Brazilian Coastal Area of High Environmental Concern Under Anthropic Influence: Evaluation Using Transplanted Bivalves (<i>Nodipecten nodosus</i>) and the DGT Technique. Water, Air, and Soil Pollution, v. 228, n. 6.	0	12	2017	42
18	BUBAN, ICR e SOLIMAN, VS. Review of scallop grow-out methods in tropical and temperate marine waters. AACL Bioflux, v.12, n.2, p. 426-436.	0	2	2019	42
19	VELASCO, L. A.; BARROS, J. Experimental larval culture of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> . Aquaculture Research, v. 39, n. 6, p. 603–618.	2,082	54	2008	41,082
20	LODEIROS, C. J. <i>et al.</i> Growth and survival of the tropical scallop <i>Lyropecten (Nodipecten) nodosus</i> maintained in suspended culture at three depths. Aquaculture, v. 165, n. 1–2, p. 41–50	4,242	101	1998	40,242
21	MARQUES, H. L. DE A. <i>et al.</i> Economic analysis of scallop culture at the north coast of São Paulo state, Brazil. Boletim do Instituto de Pesca, v. 44, n. 2, p. 1–9.	1,058	4	2018	40,058
22	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> A Status Assessment of Perkinsiosis, Bonamiosis, and Mateiliosis in Commercial Marine Bivalves from Southern Brazil. Journal of Shellfish Research, v. 35, n. 1, p. 143–156.	1,396	11	2016	37,396
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
23	BAHIA, J. First records of polyclads (Platyhelminthes, Polycladida) associated with <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus 1758) aquaculture. <i>Marine Biodiversity</i> , v. 46, n. 4, p. 911–915.	1,533	9	2016	35,533
24	AUDINO, J. A. <i>et al.</i> Development of the pallial eye in <i>Nodipecten nodosus</i> (Mollusca: Bivalvia): insights into early visual performance in scallops. <i>Zoomorphology</i> , v. 134, n. 3, p. 403–415.	1,326	13	2015	34,326
25	VELASCO, L. A. Energetic physiology of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> fed with different microalgal diets. <i>Aquaculture</i> , v. 270, n. 1–4, p. 299–311.	4,242	50	2007	34,242
26	ANDRÉ LOURENÇO, R. <i>et al.</i> PAH assessment in the main Brazilian offshore oil and gas production area using semi-permeable membrane devices (SPMD) and transplanted bivalves. <i>Continental Shelf Research</i> , v. 101, p. 109–116.	2,391	10	2015	32,391
27	DA SILVA, P. M.; MAGALHÃES, A. R. M.; BARRACCO, M. A. Pathologies in commercial bivalve species from Santa Catarina State, southern Brazil. <i>Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom</i> , v. 92, n. 3, p. 571–579.	1,394	25	2012	31,394
28	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> Effect of the fatty acid EPA and DHA in the conditioning of the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linné, 1758). <i>Aquaculture</i> , v. 330–333, p. 167–171.	4,242	21	2012	30,242
29	AUDINO, J. A. <i>et al.</i> Inferring muscular ground patterns in Bivalvia: Myogenesis in the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> . <i>Frontiers in Zoology</i> , v. 12, n. 1.	3,172	7	2015	30,172
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
30	RUPP, GS e PARSONS, GJ. Aquaculture of the Scallop <i>Nodipecten nodosus</i> in Brazil. In: Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture and fisheries. Cap. 24. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. V. 40, p. 999-1017.	0	3	2016	28
31	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> Detection of a parasitic amoeba (Order Dactylopodida) in the female gonads of oysters in Brazil. Diseases of Aquatic Organisms, v. 109, n. 3, p. 241–250.	1,802	11	2014	27,802
32	SUHNEL, S. <i>et al.</i> Carotenoid extraction from the gonad of the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae). Brazilian Journal of Biology, v. 69, n. 1, p. 209–215.	1,651	36	2009	27,651
33	AUDINO, J. A. <i>et al.</i> Anatomy of the pallial tentacular organs of the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae). Zoologischer Anzeiger, v. 258, p. 39–46.	1,521	6	2015	27,521
34	SILVESTRI, F. <i>et al.</i> Sperm motility and fertilization performance of <i>Nodipecten nodosus</i> (L., 1758) exposed at two different cryoprotectants. Aquaculture Research, v. 47, n. 2, p. 624–631.	2,082	0	2016	27,082
35	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> Effects of astaxanthin on reproductive success in the tropical scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758). Journal of Shellfish Research, v. 33, n. 1, p. 89–98.	1,396	10	2014	26,396
36	LODEIROS, CJ. <i>et al.</i> Scallop Aquaculture and Fisheries in Venezuela. In: Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture and fisheries. Cap. 27. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. V. 40, p. 1073-1087.	0	1	2016	26
37	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> Effects of astaxanthin on spawning performance of the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1759). Boletim do Instituto de Pesca, v. 41, n. 2, p. 345–354.	1,058	1	2015	22,058
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
38	FREITES, L. LODEIROS, C. ARRIECHE D. DALES, A.W. 2014. Reproductive tactics of marine shellfish species from North-Eastern Venezuela: Ecophysiological Implications. In: Baqueiro Cardenas (Editor). Spawning: Biology, Sexual Strategies and Ecological Effects. Nova Science Pub. New York: 73-105	0	6	2014	21
39	CARVALHO, Y. B. M. <i>et al.</i> Factors influencing larval settlement of the Atlantic Lion's paw scallop, <i>Nodipecten nodosus</i> . Journal of Shellfish Research, v. 32, n. 3, p. 719–723.	1,396	9	2013	20,396
40	SCHLEDER, D. D. <i>et al.</i> Evaluation of hemato-immunological parameters during the reproductive cycle of the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> in association with a carotenoid-enriched diet. Aquaculture, v. 280, n. 1–4, p. 256–263.	4,242	31	2008	20,242
41	CARRARO, J. L. <i>et al.</i> Characterization of the fouling community of macroinvertebrates on the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Mollusca, Pectinidae) farmed in Santa Catarina, Brazil. Ciencias Marinas, v. 38, n. 3, p. 577–588.	0,844	12	2012	17,844
42	FREITES, L. <i>et al.</i> Influence of environmental variables and reproduction on the gonadal fatty acid profile of tropical scallop <i>Nodipecten nodosus</i> . Comparative Biochemistry and Physiology – B Biochemistry and Molecular Biology, v. 157, n. 4, p. 408–414.	2,231	20	2010	17,231
43	AMERICO, J. A. <i>et al.</i> Gene discovery in the tropical scallop <i>Nodipecten nodosus</i> : Construction and sequencing of a normalized cDNA library. Marine Environmental Research, v. 91, p. 34–40.	3,13	4	2013	17,13
44	FREITES, L. <i>et al.</i> Seasonal change in macromolecular support of reproduction of the tropical scallop <i>Nodipecten nodosus</i> : Evidence from lipid content and fatty acid profiles of four tissues. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 93, n. 7, p. 1871–1880.	1,394	4	2013	15,394
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
45	GALVÃO, P.M.A. <i>et al.</i> Bioacumulação de metais em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. <i>Braz. J. Aquat. Sci. Technol.</i> , 2009, 13(2):59-66.	0	22	2009	12
46	SAAVEDRA, C.; PEÑA, J. B. Phylogenetics of American scallops (Bivalvia: Pectinidae) based on partial 16S and 12S ribosomal RNA gene sequences. <i>Marine Biology</i> , v. 150, n. 1, p. 111–119.	2,573	34	2006	11,573
47	VELASCO, L. A.; BARROS, J. Potential for hatchery broodstock conditioning of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> . <i>Aquaculture</i> , v. 272, n. 1–4, p. 767–773.	4,242	27	2007	11,242
48	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> Sexual stages of the female portion in the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linné, 1758) and astaxanthin quantity in each stage. <i>Brazilian Journal of Biology</i> , v. 70, n. 3, p. 651–658.	1,651	14	2010	10,651
49	RUPP, G. S. <i>et al.</i> Influence of environmental factors, season and size at deployment on growth and retrieval of postlarval lion's paw scallop <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758) from a subtropical environment. <i>Aquaculture</i> , v. 243, n. 1–4, p. 195–216.	4,242	35	2005	9,242
50	VELASCO, L. A.; BARROS, J.; GUERRERO, A. Effect of the density on the growth and survival of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> in suspended culture. <i>Aquaculture Research</i> , v. 40, n. 6, p. 687–695.	2,082	17	2009	9,082
51	VELASCO, L. A.; BARROS, J. Survival and growth of hatchery-produced postlarvae and spat of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> . <i>Aquaculture Research</i> , v. 40, n. 3, p. 362–375.	2,082	17	2009	9,082
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
52	SOARES, IC. <i>et al.</i> Bacteriological analysis of frozen and irradiated scallops' muscle and gonads <i>Nodipecten nodosus</i> (Mollusca: Bivalvia). Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci., São Paulo, v. 49, n. 1, p. 24-29.	0	2	2012	7
53	CORTÉS-USECHE, C. <i>et al.</i> Erizos de mar como control biológico del "fouling" en un cultivo de <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758) en el área de Santa Marta, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. V. 40 (2), p. 233-247.	0	3	2011	3
54	TAYLOR, M. H. <i>et al.</i> Evaluation of different shallow water culture methods for the scallop <i>Nodipecten subnodosus</i> using biologic and economic modeling. Aquaculture, v. 254, n. 1-4, p. 301-316.	4,242	23	2006	2,242
55	ZANETTE, G. B. <i>et al.</i> Influence of the type of collector and collector preparation periods on the settling rate of the scallop <i>Nodipecten nodosus</i> L. in the laboratory. Aquaculture Research, v. 40, n. 13, p. 1451-1458.	2,082	10	2009	2,082
56	PETERSEN, J. L.; IBARRA, A. M.; MAY, B. Thirty-seven additional microsatellite loci in the Pacific lion-paw scallop (<i>Nodipecten Subnodosus</i>) and cross-amplification in other pectinids. Conservation Genetics Resources, v. 1, n. 1, p. 101-105.	0,973	11	2009	1,973
57	IBARRA, A. M. <i>et al.</i> Characterization of 35 microsatellite loci in the Pacific lion-paw scallop (<i>Nodipecten subnodosus</i>) and their cross-species amplification in four other scallops of the Pectinidae family. Molecular Ecology Notes, v. 6, n. 1, p. 153-156.	2,384	24	2006	1,384
58	RUPP, G.S. e PARSONS, G.J. Scallop aquaculture and fisheries in Brazil. Capítulo 25. In: Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. V. 35, p. 1225-1250.	0	25	2006	0
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
59	GALVÃO, P. <i>et al.</i> Sudden cadmium increases in the digestive gland of scallop, <i>Nodipecten nodosus</i> L., farmed in the tropics. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 85, n. 5, p. 463–466.	2,151	2	2010	-0,849
60	LÓPEZ-NAVARRO, J. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de <i>Nodipecten nodosus</i> (bivalvia: pectinidae) en un nuevo arte de cultivo. V. 39(1), p. 177-189.	0	4	2010	-1
61	VELASCO, L. A. Effect of microalgal concentration and water temperature on the physiology of the Caribbean scallops <i>Argopecten nucleus</i> and <i>Nodipecten nodosus</i> . Journal of Shellfish Research, v. 25, n. 3, p. 823–831.	1,396	22	2006	-1,604
62	RUPP, G. S.; THOMPSON, R. J.; PARSONS, G. J. Influence of food supply on postmetamorphic growth and survival of hatchery-produced lion's paw scallop, <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758). Journal of Shellfish Research, v. 23, n. 1, p. 5–13.	1,396	30	2004	-3,604
63	RUPP, G. S. <i>et al.</i> Effect of depth and stocking density on growth and retrieval of the postlarval lion's paw scallop, <i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus, 1758). Journal of Shellfish Research, v. 23, n. 2, p. 473–482.	1,396	27	2004	-6,604
64	FREITES, L.; VE, A. Embryonic development and larval and post-larval growth of the tropical scallop <i>Nodipecten</i> (= <i>Lyropecten</i>). Aquaculture Research, v. 33, p. 819–827.	2,082	36	2002	-6,918
65	SÜHNEL, S. <i>et al.</i> Recuperation of <i>Nodipecten nodosus</i> scallop spats (Linnaeus, 1758) after different periods of permanence in laboratory and in the sea. B. Inst. Pesca, v. 34, n. 1, p. 39–47.	1,058	6	2008	-7,942
					(Continua)

Classificação	Documento	Fator de Impacto	Citações	Ano de publicação	InOrdinatio
66	ACOSTA, V.; FREITES, L.; LODEIROS, C. Densidad, crecimiento y supervivencia de juveniles de <i>Lyropecten (Nodipecten) nodosus</i> (Pteroida: Pectinidae) en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. 1-8.	0,723	44	2000	-10,277
67	MENDOZA, Y. <i>et al.</i> Evaluation of biological and economical aspects of the culture of the scallop <i>Lyropecten (Nodipecten) nodosus</i> in suspended and bottom culture. <i>Aquaculture</i> , v. 221, n. 1-4, p. 207-219.	4,242	24	2003	-11,758
68	FREITES, L. <i>et al.</i> Growth and survival of the scallop <i>Lyropecten (= Nodipecten) nodosus</i> (L. 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela) during a non-upwelling period. <i>Aquaculture Research</i> , v. 34, n. 9, p. 709-718.	2,082	25	2003	-12,918
69	FREITES, L. <i>et al.</i> Effects of wave action on the growth and survival of the scallops <i>Euvola ziczac</i> and <i>Lyropecten nodosus</i> in suspended culture. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> , v. 239, n. 1, p. 47-59.	2,171	36	1999	-21,829
70	PRIETO, A. <i>et al.</i> Producción secundaria de <i>Nodipecten nodosus</i> (Linneo, 1758) cultivado en dos sitios con condiciones ambientales diferentes. <i>Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente</i> . V. 44-2, p. 123-132.	0	8	2005	-22
71	FREITES, L. <i>et al.</i> Bottom culture of the tropical scallop <i>Lyropecten (Nodipecten) nodosus</i> (L.) in the Golfo de Cariaco, Venezuela. <i>Aquaculture International</i> , v. 9, n. 1, p. 45-60.	2,235	19	2001	-28,765
72	SCARRATT, K. e HÄNNI, H. Pearls from the lion's paw scallop. <i>The Journal of Gemmology</i> . V. 29-4, p. 193-203.	0	5	2004	-30

