

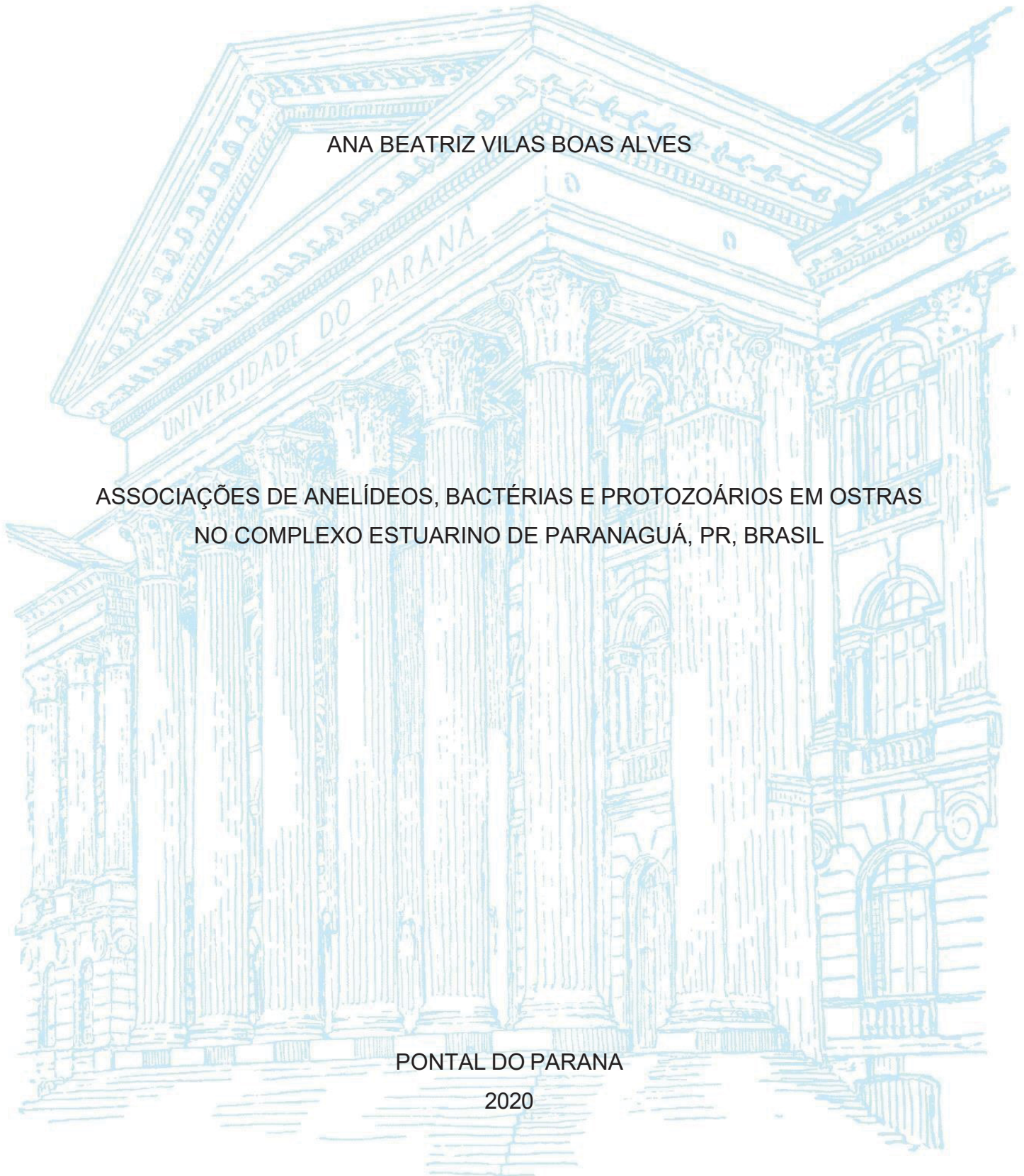
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA BEATRIZ VILAS BOAS ALVES

ASSOCIAÇÕES DE ANELÍDEOS, BACTÉRIAS E PROTOZOÁRIOS EM OSTRAS
NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PR, BRASIL

PONTAL DO PARANA

2020



ANA BEATRIZ VILAS BOAS ALVES

ASSOCIAÇÕES DE ANELÍDEOS, BACTÉRIAS E PROTOZOÁRIOS EM OSTRAS
NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PR, BRASIL

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos.

Orientador: Dr. Maikon Di Domenico

Coorientadora: Dra. Luciene Correa Lima

PONTAL DO PARANÁ

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE:

UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar
Fernanda Pigozzi – CRB 9/1151

A87a Alves, Ana Beatriz Vilas Boas
Associações de anelídeos, bactérias e protozoários em ostras no Complexo Estuarino de Paranaguá, Pr, Brasil. / Ana Beatriz Vilas Boas Alves. – Pontal do Paraná, 2020.
46 f.: il.; 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Maikon Di Domenico.
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Luciene Correa Lima.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor Reitoria, Universidade Federal do Paraná.

1. Ostreicultura. 2. Parasitos. 3. Poliquetas. 4. Bioengenharia. I. Título. II. Di Domenico, Maikon. III. Lima, Luciene Correa. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD 639.41

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de ANA BEATRIZ VILAS BOAS ALVES intitulada: ASSOCIAÇÕES DE ANELÍDEOS, BACTÉRIAS E PROTOZOÁRIOS EM OSTRAS NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PR, BRASIL, sob orientação do Prof. Dr. MAIKON DI DOMENICO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Pontal do Paraná, 30 de Março de 2020.

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO)

Assinatura Eletrônica

30/03/2020 12:08:39.0

MAIKON DIDOMENICO

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

30/03/2020 12:17:38.0

VANESSA SIMÃO DO AMARAL

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO)

Assinatura Eletrônica

07/04/2020 12:08:52.0

LUCIENE CORREALIMA

Coorientador - Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

31/03/2020 18:39:50.0

PAULO CESAR DEPAIVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida.

À minha família por todo amor, carinho e apoio. Amo vocês infinitamente.

Aos meus orientadores Maikon e Luciene, por todo aprendizado nesta caminhada acadêmica. Por todas as oportunidades, companheirismo e paciência. Grata por estarem ao meu lado em cada momento e desafio.

Agradeço eternamente à TODAS as pessoas que estiveram ao meu lado, não me estenderei em escrever o nome de todas, pois não caberia apenas em uma página.

Graças à todos os belos encontros e grandes corações, este trabalho foi possível, e não tenho palavras que expressem o quanto sou grata!!

hoje
você é
o fogo
& amanhã
você será
o mar
& eles não
terão escolha

a não ser ouvir seu canto de sereia.

(mulheres, vocês são incríveis)

– amanda lovelace

RESUMO

A produção de ostras no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), é conduzida em sua maioria por pequenas comunidades locais, em busca de consolidação e sustentabilidade, ainda dependente da extração de ostras juvenis de áreas de manguezal e costões. A disposição dos diversos sistemas de cultivo em relação à coluna d'água, além da densidade de moluscos e a estrutura das conchas, podem ter efeitos ecológicos de longo alcance, criando micro-habitats recifais propícios para interação de patógenos e assentamento de larvas de anelídeos, perfuradores e associados. Danos causados por estes e outros microrganismos podem ser irreversíveis. Considerando os principais sistemas de cultivo (*long-lines* e lama) e bancos naturais de ostras do CEP, este trabalho buscou possíveis interações entre *Perkinsus* sp., *Vibrio parahaemolyticus* e *Polydora* sp. em relação a condição corporal dos moluscos. Conjuntamente, se buscou entender os recifes de ostras como bioengenheiros e a sua relação com os anelídeos. As ostras foram coletadas diretamente de *long-lines*, cultivos em lama e uma área de manguezal nas Baías de Pinheiros, Baía de Laranjeiras e Zona de Mistura. Trinta ostras foram coletadas aleatoriamente de cada um dos sete locais de amostragem. Para isolamento de *V. parahaemolyticus* usamos cultura em placa com meio cromogênico e meio tioglicolato de Ray para identificação de *Perkinsus* sp.. A seleção de modelos foi realizada considerando Índice de Condição (IC), *Perkinsus* sp., *V. parahaemolyticus* e anelídeos como variáveis respostas. Das 282 ostras analisadas, 215 apresentaram anelídeos externamente. Internamente todas as ostras mostram sinais de túneis de polidorídeos perfuradores. Destas, 178 ostras tiveram polidorídeos presentes prevalecendo bolhas de lama e manchas de escavações. A presença de patógenos não indicou diretamente baixa condição nas ostras. Foram identificadas 11 espécies de anelídeos das ordens Errantia e Sedentaria, sendo contabilizados 4.864 indivíduos. Os polidorídeos foram encontrados em todos os ambientes, porém, com maior abundância nos cultivos na lama. Possivelmente o contato direto e permanente das ostras com o sedimento ao longo do ciclo de produção, além da falta de manejo, favorece a deposição de lama nos anéis de crescimento das ostras e proliferação de organismos epibiontes. É de essencial o conhecimento de espécies de *Perkinsus* e bactérias presentes tanto em sistemas de cultivo quanto no ambiente natural.

Palavras-chave: ostreicultura, poliquetas, parasitos, bioengenharia.

ABSTRACT

The production of oysters in the Estuarine Complex of Paranaguá (CEP), is mostly conducted by small local communities, in search of consolidation and sustainability, still dependent on the extraction of juvenile oysters from mangrove and coastal areas. The disposition of the various cultivation systems to the water column and the density of mollusks and the shells' structure can have long-range ecological effects, creating reef micro-habitats that are conducive to the interaction of pathogens and the nesting of annelid larvae, perforators, and associates. Damage caused by these and other microorganisms can be irreversible. Considering the central cultivation systems (long-lines and mud) and natural oyster banks of the CEP, this work sought possible interactions between *Perkinsus* sp., *Vibrio parahaemolyticus*, and *Polydora* sp. regarding the body condition of the mollusks. Together, we sought to understand oyster reefs as bioengineers and their relationship with annelids. Oysters were collected directly from long-lines, mud crops, and a mangrove area in the Pinheiros Bays, Laranjeiras Bay, and Mixture Zone. Thirty oysters were collected randomly from each of the seven sampling sites. To isolate *V. parahaemolyticus*, we used plate culture with chromogenic medium and Ray thioglycolate medium to identify *Perkinsus* sp. Model selection was performed considering Condition Index (CI), *Perkinsus* sp., *V. parahaemolyticus*, and annelids as variables answers. Of the 282 oysters analyzed, 215 presented annelids externally. Internally, all oysters show signs of perforating polydorids tunnels. Of these, 178 oysters had polydorids present, prevailing mud bubbles, and excavation stains. The presence of pathogens did not directly indicate low conditions in oysters. Eleven species of annelids of the orders Errantia and Sedentaria were identified, with 4,864 individuals counted. Polidorides were found in all environments, however, with higher abundance in mud crops. Possibly the direct and permanent contact of oysters with sediment throughout the production cycle, in addition to the lack of management, favors the deposition of mud in the growth rings of oysters and the proliferation of epibiotic organisms. It is essential to know *Perkinsus* species and bacteria present both in cultivation systems and in the natural environment.

Keywords: oyster culture, polychaetes, parasites, bioengineering.

LISTA DE FIGURAS

1. Figura 1: O Complexo Estuarino de Paranaguá, dividido em: Baía de Paranaguá, Baía das Laranjeiras/ Zona de Mistura e Baía de Pinheiros	18
2. Figura 2: Sinais de escavação e bolhas de lama formada pela ação de polidórídeos	23
3. Figura 3: <i>V. parahaemolyticus</i> relacionado à cultivo/baía/local	24
4. Figura 4: <i>Perkinsus</i> sp. total relacionado à cultivo/baía/local	25
5. Figura 5: <i>Perkinsus</i> sp. no reto e brânquia das ostras	26
6. Figura 6: Número total de poliquetas por ostra, relacionado ao tipo de cultivo	28
7. Figura 7: Número total de poliquetas por ostra, relacionado ao peso das valvas das ostras em gramas	28
8. Figura 8: <i>Polydora</i> sp. Relacionado aos parâmetros	29
9. Figura 9: Análise de Componentes Principais (PCA) baías de Laranjeiras e Pinheiros, PCA -1	33
10. Figura 10: Análise de Componentes Principais (PCA) cultivos em lama, <i>long-line</i> e ambiente natural PCA -2	34

LISTA DE TABELAS

1. Tabela 1: Pontos e número de indivíduos por coleta	19
2. Tabela 2: Média e desvio padrão do índice de condição por local	21
3. Tabela 3: Seleção de modelos GLM: I - Média de Índice de Condição (IC) relacionado aos patógenos; II- <i>Perkinsus</i> sp. reto e <i>Perkinsus</i> sp. brânquia relacionado à baía, comprimento, cultivo e largura	22
4. Tabela 4: Seleção dos modelos de GLM: Anelídeos totais e <i>Polydora</i> sp.....	27
5. Tabela 5: Anelídeos Errantia e Sedentaria identificados	30
6. Tabela 6: Análises multivariadas de variância permutacional (PERMANOVA) para associação de anelídeos.	31
7. Tabela 7: Análise Simper entre baías.....	31
8. Tabela 8: Análise Simper entre tipos de cultivo	32

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	ÁREA DE ESTUDO	16
3.	METODOLOGIA	18
3.1	PROCEDIMENTO AMOSTRAL	18
3.2	ANÁLISE DE DADOS.....	20
4.	RESULTADOS	20
5.	DISCUSSÃO.....	35
6.	CONCLUSÃO	39
7.	REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A principal modalidade aquícola em desenvolvimento no litoral paranaense é a malacocultura, com representação quase exclusivamente de ostras. A ostreicultura, como demais atividades zootécnicas, apresenta especificidades técnicas e limitações no processo de produção, dependentes do local onde é conduzida, condições físicas, químicas, geológicas, biológicas e antropogênicas. Assim, os moluscos podem ser afetados diretamente em suas taxas de reserva energética, conseqüentemente no seu desenvolvimento corporal, reprodução e susceptibilidade a doenças, dentre outros. Temperatura, salinidade, aporte de nutrientes e resíduos são aspectos particularmente relevantes. Alguns dos sistemas mais populares de produção de ostras incluem balsas, *long-lines*, mesas e cultivo diretamente na lama, os quais se diferem essencialmente quanto à sua localização na coluna d'água e zona entre marés, custos de produção, proximidade do sedimento e taxas de exposição ao ar durante os ciclos de maré (Appleford et al. 2012; Castell, 2012; Lucas, 2012; Simon & Sato-Okoshi, 2015).

O adensamento de ostras em um dado local pode ter efeitos ecológicos de longo alcance, pois representa habitats para diversos outros organismos, proporcionando proteção contra predadores, reduzindo o estresse físico e fisiológico e, aumentando a colonização e recrutamento de organismos epibiontes (Pregener, 1983; Ruessink et al. 2005; McKinsey et al. 2007). Em sistemas de cultivo, organismos incrustantes que compõem o “*fouling*” marinho podem funcionar como fator limitante não apenas ao manejo das estruturas, mas também ao desempenho dos próprios bivalves, já que os incrustantes colonizam amplamente as boias e cabos de fixação e entopem as telas por onde flui a água e alimento para os bivalves. A fixação de incrustantes no próprio bivalve pode impactar ainda mais seu desenvolvimento. A incrustação é o resultado da sucessão ecológica da comunidade bêntica, que vai desde a adsorção de macromoléculas e colonização bacteriana (biofilme) ao estabelecimento de epibiontes (Davis et al., 1989). Distúrbios ecológicos causados por organismos anelídeos, bactérias e protistas associados a ostras são vistos atualmente como uma das principais causas de perdas da produtividade aquícola em todo o mundo (Mack et al. 2000; Miura, 2007).

Além da disposição dos cultivos no ambiente, a própria estrutura das valvas dos moluscos pode contribuir para a formação de microclimas para larvas, dentre as quais larvas planctônicas de anelídeos polidorídeos, que se estabelecem na parte interna da concha, através

de perfurações (Teramoto et al. 2013) e de outros anelídeos associados, que se utilizam dasuperfície e dos túneis escavados nas conchas. Tais danos levam à perda do mercado aquícola, sobretudo pela chance do molusco ficar suscetível a enfermidades associadas e oportunistas, oriundas de patógenos diversos (Haydar & Wolff ,2011; Castell, 2012).

A infestação por polidorídeos perfuradores da família Spionidae e outros anelídeos associados, pode promover prejuízos nos cultivos que vão desde rejeição do mercado consumidor, em função da aparência desagradável das conchas dos moluscos, que apresenta perfurações, cujo diâmetro aumenta conforme os poliquetas perfuram a concha, algumas polidoras induzem a formação de bolhas de lama na superfície interna da concha sendo um dos fatores mais prejudiciais aos moluscos (Diez et al., 2011), até a instalação de enfermidades decorrentes do potencial relação entre os anelídeos com outros patógenos oportunistas. Muitos anelídeos da família Spionidae, também conhecidos como complexo *Polydora* (Bosc, 1802), são conhecidos por perfurarem e construírem tubos, na parte interna da concha de moluscos. Os gêneros mais comuns são *Polydora*, *Boccardia*, *Boccardiella* e *Pseudopolydora*, fazendo parte de um complexo de gêneros e espécies com interesse econômico e taxonômico.

Bactérias do gênero *Vibrio*, além de causarem danos diretamente às ostras, também são potencialmente prejudiciais à saúde pública, onde *V. parahaemolyticus* se destaca pelas suas características de virulência (FAO 2011; Lassus et al., 2016). Parasitos protistas do gênero *Perkinsus*, embora não afetem a saúde de humanos, podem provocar impactos à ostreicultura mundial por intermédio da mortalidade massiva de moluscos (Villalba et al., 2004; Balboa et al., 2010) resultando em prejuízos consideráveis à cadeia produtiva (Reguera et al. 2014). Algumas espécies, inclusive, são de notificação obrigatória junto à Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2018).

Além dos anelídeos, bactérias do gênero *V. parahaemolyticus*, se desenvolve tanto no ambiente quanto no pescado marinho, e podem afetar sensivelmente as primeiras fases do desenvolvimento de bivalves (Silveira & Milan et al., 2016). As bactérias são frequentemente encontradas no sedimento e aderidas a outros organismos marinhos (Drake & DePaola et al. 2007; Letchumanan & Chan et al., 2014), ou associadas a componentes do fitoplâncton e zooplâncton, que contribuem para que estas bactérias desempenhem seu papel ecológico na ciclagem de nutrientes. Por outro lado, o plâncton ajuda na difusão no ambiente, e também na entrada de patógenos nas partes moles das ostras (Newman, 2015; Kramer & Ward et al., 2016).

Já os efeitos subletais da infecção por *Perkinsus*, podem causar danos ecológicos e econômicos, por afetar negativamente o crescimento dos bivalves ou ainda afetar a deficiência

nas reservas de energia para a gametogênese (Villalba et al., 2002). Estas infecções podem causar estresse ao hospedeiro o que acarreta menor eficiência das suas células de defesa, de modo que se torna mais difícil para o organismo afetado superar outra condição estressante (Villalba & Reece et al., 2004). Até o momento não há trabalhos que associem a presença de *V. parahaemolyticus* e *Perkinsus*, com infestação de anelídeos perfuradores e associados em ostras.

Além do entendimento de interações desarmônicas com os parasitos, causadas por diferentes organismos nas estruturas físicas de cultivos, bem como em bancos naturais podem executar um papel ecológico fundamental ao funcionar como estruturas recifais, determinando a ocorrência e estruturação de diferentes associações de organismos como anelídeos, esponjas, ascídeas, crustáceos, e peixes. Determinar a composição das comunidades de bioincrustação em regiões de aquicultura é o primeiro passo antes de realizar estudos manipulativos sobre como esses organismos podem influenciar a produção (Frigotto, 2011). A engenharia de ecossistemas é um processo no qual a maioria dos organismos, utilizam em conjunto um habitat (Jones, 1994; Jones et al., 1997), sendo uma forma geral de compreender interações e relações que podem vir a ser harmônicas ou desarmônicas. As alterações induzidas por engenheiros na estrutura física do ambiente incluem a criação, manutenção ou destruição de habitats (Jones et al., 2010), afetando positivamente ou negativamente a disponibilidade de recursos. Bancos de moluscos bivalves compreendidos como estruturas recifais, desempenham papéis como estruturas biogênicas, e funcionam como indicadores da qualidade do ambiente, recicladores ao nível do substrato e também coluna d'água (Ruano, 2008). Além disso, como engenheiros do ecossistema, essas estruturas biogênicas podem conduzir à diminuição do fluxo de água e levar à deposição passiva de matéria orgânica no ambiente bêntico (Ruesink et al., 2005). As ostras como engenheiras do ecossistema influenciam muitos processos ecológicos, como manutenção da biodiversidade, dinâmica de populações, estruturação da cadeia alimentar e ciclagem de nutrientes. Consequentemente, tanto interações desarmônicas, degradação do habitat, doenças, baixa qualidade da água e interações prejudiciais entre espécies, quanto harmônicas, como o fornecimento de habitats, podem causar mudanças complexas nos ecossistemas costeiros (Ruesink et al., 2005). A formação de recifes biogênicos de substratos duros como bancos naturais de ostras e cultivos, podem fornecer um serviço crítico em grandes extensões de estuários de sedimentos moles (Gutiérrez et al., 2003).

Dentre os diferentes organismos como, bactérias, algas e demais epibiontes que utilizam o substrato fornecido pelos bancos de ostras, os anelídeos representam em diversidade e

abundância um componente estruturador relevante para a cadeia trófica. Os anelídeos podem se beneficiar dessas formações recifais em ambientes de fundo mole por vários mecanismos, como o fluxo de água e transporte de sedimentos, acúmulo de matéria orgânica entre os recifes (Schwindt et al. 2004), e a formação de um complexo habitat de substrato rígido (Viéitez et al. 2004; Dubois et al. 2006). Os anelídeos podem ser classificados nas ordens Sedentaria Lamarck, 1818 e Errantia Audouin e Milne Edwards, 1834, em função de suas estruturas morfológicas da região anterior e evolução impulsionada pela adaptação a dois modos de vida (Struck et al., 2011). Os errantes são capazes de desenvolver estruturas que os tornaram predadores ativos em busca de alimento, enquanto os sedentários desenvolveram mecanismos adaptativos para viver em tubos ou galerias, esperando para capturar a presa (Fauchald & Jumars, 1979; Jumars et al., 2015). Os sedentários apresentam estruturas bucais como cirros, palpos bucais, utilizando essas estruturas para se alimentar de detritos em suspensão (suspensívoros), como também de matéria orgânica presente na superfície ou dentro do substrato (Jumars et al., 2015). Dessa maneira, a elevada abundância e diversidade de anelídeos nos bancos de ostra podem representar um modelo ecológico e biológico para entender como diferentes linhagens evolutivas, como Errantia e Sedentaria, se adaptam, moldam, interagem e podem regular positivamente ou negativamente a infestação por patógenos.

Estruturas de cultivos de moluscos bivalves funcionam como recifes introduzindo heterogeneidade ao ambiente, modificando taxas de sedimentação de partículas em suspensão, aumentando a disponibilidade de alimento para diversas espécies que coabitam estes nichos ecológicos (Gallardi, 2014). Assim esperamos encontrar diferentes respostas de bactérias, parasitos protistas e das associações de anelídeos, seja pelo tipo do banco de ostras (tipo de cultivo e bancos naturais) ou pelo habitat. Para isso, estudamos quais grupos de espécies e gêneros de polidorídeos e anelídeos errantes e sedentários, estão presentes nos cultivos de ostras e na área de manguezal no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), e seus sub estuários, e como estes se distribuem em diferentes locais e tipos de cultivos. A produção de ostras no Paraná, especificamente no CEP, é conduzida em sua maioria por pequenas comunidades locais, usando sistemas flutuantes do tipo *long-line*, cultivos em mesas ou cultivos direto na lama, em busca de consolidação e sustentabilidade, mas que ainda extrai formas jovens de ostras em áreas de manguezal e costões.

Considerando o grande potencial da aquicultura no CEP, ainda que as atividades de ostreicultura sejam conduzidas em escala praticamente artesanal, é fundamental entregar um produto de boa qualidade sanitária. Desse modo, fatores que possam inviabilizar a

sustentabilidade da produção devem ser elencados, pesquisados e compreendidos. Danos causados por parasitos podem ser irreversíveis. Estudos sobre tais danos, e como distúrbios ecológicos podem favorecer os organismos invasores incluindo anelídeos, bactérias e protistas, tornam-se ainda mais relevantes quando conseguem abordar, não apenas características específicas dos parasitas, mas também a situação do hospedeiro, sua relação com patógenos, e as características e interações ambientais dentro de cada setor e seus sub estuários, forçantes ambientais, associações com outros animais, possíveis influências antrópicas e, ainda, aspectos socioambientais. No CEP, o conhecimento atual dos locais e espécies de maior presença ainda é incipiente.

Dessa maneira, testamos a hipótese de que se os patógenos (*Vibrio parahaemolyticus*, *Perkinsus* sp. e *Polydora* sp.) forem indicadores do índice de condição utilizado para avaliar a qualidade das ostras (IC), então os indivíduos com IC baixo estarão mais parasitados. Conjuntamente, buscando entender os bancos de ostras como bioengenheiros e a sua relação com os anelídeos, testamos a hipótese de que se os cultivos de ostras no CEP fornecem habitats e condições ecológicas distintas, então esperamos que bancos de ostras de cultivos (*long-line* e lama) e bancos naturais sejam preditores das associações de anelídeos errantes e sedentários.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), apresenta uma área de intensa atividade portuária, turística e de pesca artesanal. Localizado no leste do estado do Paraná (48°22' W, 25°28' S), caracteriza-se como um sistema estuarino subtropical de grande porte, conectado ao oceano por três canais: Galheta, Norte e Superagüi. Mangue, baixios e planícies alagadas predominam principalmente no interior do sistema, enquanto áreas expostas ao oceano adjacentes à boca, são compostas por extensas praias de areia e costões rochosos (Angulo, 1992).

Este sistema estuarino foi classificado em três hierarquias, sendo o CEP o nível superior, dividido em cinco setores, que correspondem as principais baías: Paranaguá, Antonina, Laranjeiras, Pinheiros e uma seção de Mistura. Dentro do último nível estão os sub-estuários, delimitados em cada seção considerando as características morfológicas e áreas de drenagem (Noernberg et al., 2006).

O CEP apresenta características distintas e bem heterogêneas, como maior ou menor drenagem dos rios, zonas úmidas, influência da maré. Grande parte das informações relativas ao fluxo estuarino concentram-se nas baías de Antonina, Paranaguá e a seção de Mistura. (Lana

et al. 2001; Da Cunha Lana et al, 2018).

As ostras de interesse comercial no CEP são cultivadas em pequena escala, geralmente comunitárias, com espécies nativas do gênero *Crassostrea*. Embora Afonso (2019), tenha descrito o ciclo reprodutivo de ostras cultivadas na Baía das Laranjeiras, cujas análises moleculares indicaram ser *C. gasar*. Não há unanimidade sobre a nomenclatura e classificação das espécies (Amaral & Simone, 2014), portanto, vamos nos limitar a chamá-las de *Crassostrea* spp.

Os cultivos do CEP, todos em pequena escala são conduzidos em sistemas de *long-lines*, mesas e diretamente no sedimento (“plantação”). O sistema flutuante *long-line*, consiste em um cabo mestre, fixado no fundo do mar, geralmente preso por poitas e boias amarradas para manter o cabo e assegurar a flutuabilidade das lanternas de ostras na coluna d’água. Os sistemas em mesas, consistem na disposição das ostras sobre telas plásticas, estendidas sobre uma estrutura de madeira, fixada próximo ao sedimento que pode sofrer com a exposição periódica na zona entre marés. E, o cultivo de ostras diretamente na lama, uma das técnicas mais simples e de baixo investimento, onde, geralmente utilizam varas de bambu para demarcar o espaço utilizado no cultivo onde as ostras ficam fixadas em contato direto com o sedimento.

Levando em consideração as características ambientais de cada setor e a divisão do estuário, as áreas definidas para amostragem se concentraram nos setores: Mistura, Laranjeiras e Pinheiros. Sendo, um cultivo na Ponta Oeste (PO) da Ilha do Mel (*long-line*) 25°30'18.9"S 48°22'57.0"W, localizado no setor Mistura, onde por estar próxima às duas principais desembocaduras, sofre influência dos outros setores com grande circulação de água. O cultivo de Medeiros (MED) (*long-line*) 25°22'34.6"S 48°27'13.3"W, localizado no sub-estuário Medeiros, interior do setor Laranjeiras, também neste mesmo setor encontra-se o cultivo da Ilha Rasa (IR) (*lama*) 25°20'01.2"S 48°23'49.4"W. No setor Pinheiros, o cultivo na Vila Fátima (FA) (*lama*) 25°17'30.4"S 48°09'13.8"W, está situado em uma região mais ao norte do CEP, próximo ao Canal do Varadouro. Posicionado em um sub-estuário do setor Pinheiros, o cultivo de Poruquara (PU) (*long-line*) 25°18'18.8"S 48°16'31.0"W, recebe influência de drenagem de rios.

Como ambiente natural para coleta de ostras foram escolhidas duas áreas de manguezal, na Baía de Laranjeiras (MGL) 25°23'00.8"S 48°27'24.1"W, e outra em Pinheiros (MG) 25°17'42.6"S 48°10'58.1"W.

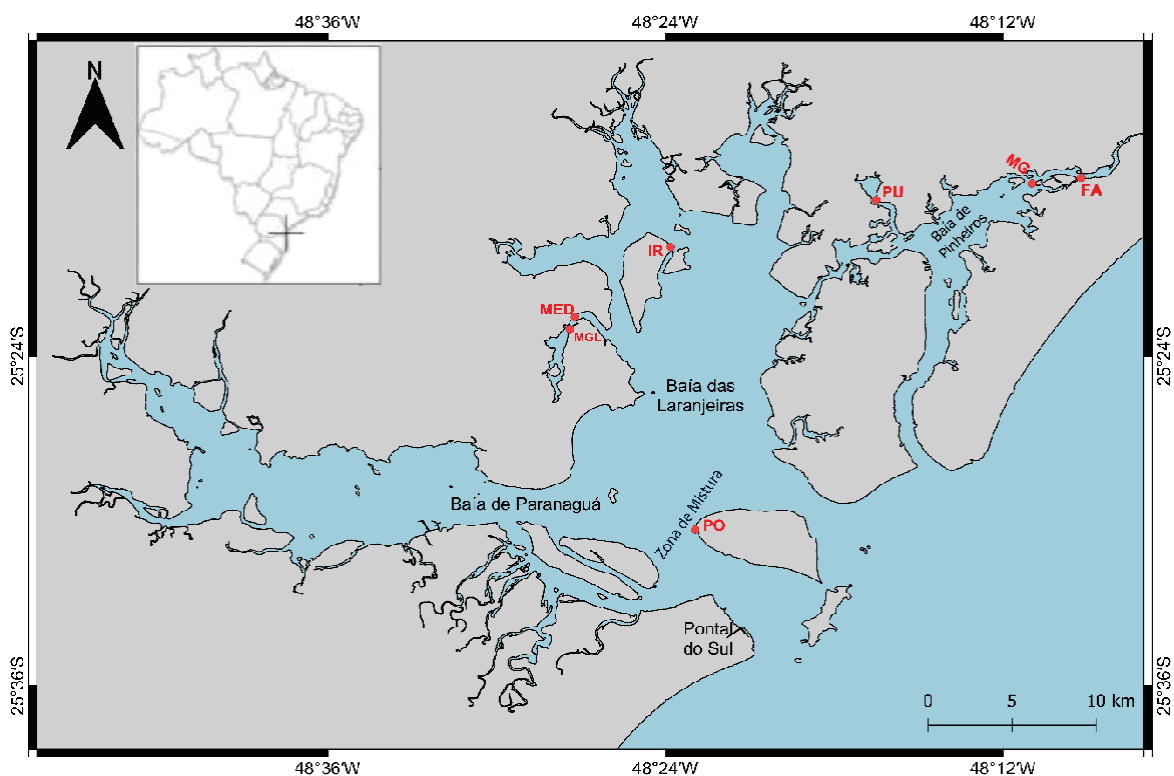


Figura 1: O Complexo Estuarino de Paranaguá, dividido em: Baía de Paranaguá, Baía das Laranjeiras/ Zona de Mistura e Baía de Pinheiros. Locais de amostragem: Ponta Oeste (PO), Mangue Laranjeiras (MGL), Medeiros (MED), Ilha Rasa (IR), Poruquara (PU), Mangue Pinheiros (MG) e Vila Fátima (FA).

3. METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTO AMOSTRAL

Foram selecionados cinco ostreicultores que utilizam de duas formas distintas de cultivo e duas áreas de mangue (Figura 1), onde geralmente são extraídas sementes das ostras para o cultivo. As áreas de manguezais também foram consideradas como áreas controles para comparações das infestações de patógenos. A primeira campanha de amostragem foi realizada na Baía dos Pinheiros em novembro de 2018, e a segunda campanha ocorreu entre maio e junho de 2019, novamente na Baía de Pinheiros, e Baía das Laranjeiras e Zona de Mistura.

Foram coletadas aleatoriamente 30 indivíduos em cada local, exceto na área de manguezal da Baía das Laranjeiras onde apenas 12 ostras foram coletadas por falta de disponibilidade local. Assim foram 282 ostras (Tabela 1), transportadas vivas em sacos

plásticos individuais até os laboratórios de Ecologia Marinha e de Sanidade Aquícola do Centro de Estudos do Mar da UFPR, em Pontal do Sul, onde foram processadas.

Tabela 1 - Pontos e números de indivíduos por coleta

Data	Baía	Local	Cultivo	Ostras coletadas
20/11/2018	Pinheiros	Vila Fátima (FA)	Lama	30
20/11/2018	Pinheiros	Mangue (MG)	Natural	30
20/11/2018	Pinheiros	Poruquara (PU)	<i>Long-line</i>	30
29/05/2019	Pinheiros	Vila Fátima (FA)	Lama	30
29/05/2019	Pinheiros	Mangue (MG)	Natural	30
29/05/2019	Pinheiros	Poruquara (PU)	<i>Long-line</i>	30
07/06/2019	Laranjeiras	Ilha Rasa (IR)	Lama	30
07/06/2019	Laranjeiras	Medeiros (MED)	<i>Long-line</i>	30
07/06/2019	Laranjeiras	Mangue (MGL)	Natural	12
07/06/2019	Laranjeiras	Ponta Oeste (PO)	<i>Long-line</i>	30

Fizemos o exame macroscópico a olho nu de todas as ostras, tanto externa quanto internamente, a fim de registrar presença de polidorídeos caracterizada por túneis, bolhas de lama, manchas de escavações, e demais sinais clínicos sugestivos de patologia nos tecidos moles.

Após medição externa das conchas com paquímetro (Galstoff, 1964) 12 ostras de cada local foram abertas para inoculação de amostra em meio seletivo ágar HiCrome Vibrio (Sigma-Aldrich), em que cada pool de 4 ostras se constituiu em uma repetição na análise de *Vibrio parahaemolyticus*. Em seguida, coletamos de cada ostra, fragmentos de brânquias e de reto para incubação em meio tioglicolato de Ray para identificação de *Perkinsus* sp. (OIE, 2018).

Na sequência do processamento, foram separadas as partes moles das ostras coletadas e secas em estufa à 60 °C por 72 horas, e então obtido o peso seco das valvas (PV) e o peso seco da carne (PC), para estimativa do índice de condição, conforme equação utilizada por (Absher, 1989):

$$PSIC = (\text{peso seco da carne (g)} / \text{peso seco das valvas (g)}) \times 100$$

As valvas das 282 ostras foram individualmente armazenadas em solução de cloreto de magnésio, água do mar, e fixadas em glutaraldeído, para identificação morfológica dos anelídeos. As valvas foram quebradas em pequenos fragmentos com martelo, e com pinças e auxílio do microscópio estereoscópico os anelídeos foram removidos e quantificados.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

Para testarmos a hipótese da interação dos patógenos com o índice de condição (IC), utilizamos IC como variável dependente, e como variáveis preditoras *Perkinsus* sp. em brânquias e reto das ostras, *V. parahaemolyticus* e *Polydora* sp.. Considerando presença de *Perkinsus* sp. nas ostras como variável resposta, as variáveis preditoras foram baía, cultivo, comprimento e largura das ostras. Para compreender a interação entre os polidorídeos e os bancos de ostras (ambiente natural e cultivo), utilizamos as variáveis preditoras: cultivo, comprimento, largura, peso das valvas, errantia e sedentária, temperatura e salinidade. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R development core team, 2019), onde as distribuições binomiais negativas, Poisson e Gaussian foram usadas como candidatas para ajustar os modelos mais complexos com os modelos lineares generalizados (GLM). Das variáveis preditoras com maior importância relativa (IR) foram então obtidos modelos médios aplicados a seleção de modelos (Burnham & Anderson, 2002). Os modelos foram selecionados pelo critério de informação Akaike corrigidos (AICc), e pesos de Akaike (AICw).

Análises multivariadas de variância permutacional (PERMANOVA) e dos componentes principais (PCA), foram utilizadas para acessar a resposta da matriz de composição das espécies de anelídeos e sua relação com as variáveis preditoras utilizando os mesmos modelos das análises uni variadas. As análises utilizaram o coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis transformado por Hellinger, com a mesma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis. Para minimizar erros na análise causada por excesso de zeros e reduzir o peso atribuído para as espécies dominantes, uma variável fictícia, dummy, com presença em todas as amostras foi incluída. Ainda, realizamos análises de similaridade de contribuição percentual (SIMPER) para identificar quais grupos taxonômicos apresentaram maior contribuição para abundância total em função das variáveis categóricas e contínuas (Clarke & Warwick, 2001). Os pacotes do R utilizados para realizar as análises foram: Vegan (Oksanen et. al., 2019), Lattice (Sarkar, 2008), Car (Fox & Weisberg, 2019), MASS (Venables & Ripley, 2002), MuMIn (Barton, 2019), GGPlot2 (Wickham et. al., 2016), e FactoMineR (Le, Josse & Husson, 2008).

4. RESULTADOS

Das 282 ostras analisadas, 215 apresentaram anelídeos externamente. Internamente todas as ostras mostram sinais de túneis de polidorídeos perfuradores (Figura 2). Porém, apenas 178 ostras tiveram polidorídeos presentes. Foi identificado em 90% das ostras analisadas para *V.*

parahaemolyticus e *Perkinsus* sp. a presença destes. Utilizando distribuições binomiais negativas para os modelos de GLM, validamos delta igual a 5. A presença de *V. parahaemolyticus* quanto à técnica de cultivo mostrou *long-line* com maior abundância (Figura 3 - a). Este esteve presente em ambas as baías, com outliers na Baía de Laranjeiras (Figura 3 - b), já a sua abundância relacionada aos locais, mostrou Ilha Rasa (IR), Medeiros (MED), Poruquara (PU) com os maiores valores (Figura 3 - c).

Para o total de *Perkinsus* sp. relacionado à técnica de cultivo o ajuste positivo da abundância foi para *long-line* (Figura 4 - a), e presente também em ambas as baías, com outliers na Baía de Pinheiros (Figura 4 - b). *Perkinsus* sp. total relacionado aos locais mostrou os maiores valores de abundância para Ilha Rasa (IR), Medeiros (MED), Ponta Oeste (PO) e um outlier em Poruquara (PU) (Figura 4 - c).

Verificamos a relação dos patógenos *Perkinsus* sp., *V. parahaemolyticus* e *Polydora* sp., com o IC (Tabela 2) das 12 ostras de cada ponto de amostragem. Porém, não encontramos relações significativas das variáveis com a média de IC. *Polydora* sp. foi a que melhor explicou (IR= 0,45) a relação com IC (Tabela 3).

Tabela 2: Média e desvio padrão(DP) do índice de condição por local.

Local	Baia	Cultivo	Data	Média IC	DP
Vila Fátima(FA)	Pinheiros	Lama	20/11/2018	1,44	0,83
Poruquara(PU)	Pinheiros	Longline	20/11/2018	2,6	1,01
Mangue Pinheiros(MG)	Pinheiros	Natural	20/11/2018	2,46	1,91
Vila Fátima(FA)	Pinheiros	Lama	29/05/2019	1,09	0,42
Poruquara(PU)	Pinheiros	Longline	29/05/2019	1,98	0,44
Mangue Pinheiros(MG)	Pinheiros	Natural	29/05/2019	1,67	0,69
Ilha Rasa(IR)	Laranjeiras	Lama	07/06/2019	2,67	0,91
Ponta Oeste(PO)	Laranjeiras	Longline	07/06/2019	1,53	0,47
Medeiros(MED)	Laranjeiras	Longline	07/06/2019	2,45	1,95
Mangue Laranjeiras(MGL)	Laranjeiras	Natural	07/06/2019	1,09	0,74

Analizamos separadamente a presença de *Perkinsus* sp. em brânquias e no reto das ostras. Onde a abundância de *Perkinsus* sp. nas brânquias foi explicada pela baía, comprimento da ostra (Figura 5 - d) e cultivo (IR=1).

Tabela 3: Seleção de modelos GLM: I e II

I

		<i>Perkinsus</i>	<i>Perkinsus</i> Reto	<i>Polydora</i>					
		Brânquia		sp. Total	<i>Vibrio</i>	df	AICc	Delta	AICw
Média	5			0,006		3	74,0	0,00	0,197
IC	1					2	74,1	0,06	0,192
	9				0,021	3	74,7	0,66	0,142
	13			0,005	0,016	4	75,6	1,59	0,089
	2	-0,0004				3	76,5	2,46	0,058
	6	-0,0006		0,006		4	76,5	2,50	0,057
	3		-1,213e-04			3	76,6	2,55	0,055
	7		-2,102e-04	0,006		4	76,7	2,67	0,052
	11		2,653e-04		0,022	4	77,4	3,32	0,038
	10	-0,0002			0,021	4	77,4	3,33	0,037
	14	-0,0004		0,005	0,015	5	78,5	4,42	0,022
	15		9,432e-05	0,005	0,016	5	78,6	4,53	0,020
IR	0,22	0,21	0,45	0,36					

II

		Baía	Comprimento	Cultivo	Largura	df	AICc	Delta	AICw
<i>Perkinsus</i> sp. reto	13			+	-0,506	4	1515,4	0,00	0,583
	15		0,059	+	-0,499	5	1516,1	0,67	0,416
IR		<0,01	0,42	1,00	1,00				
		Baía	Comprimento	Cultivo	Largura	df	AICc	Delta	AICw
<i>Perkinsus</i> sp. brânquia	8	+	-0,129	+		5	761,8	0,00	0,748
	16	+	-0,129	+	-0,013	6	764,0	2,17	0,252
IR		1,00	1,00	1,00	0,25				

Seleção de modelos GLM: I - Média de Índice de Condição (IC) relacionado aos patógenos;
 II- *Perkinsus* sp. reto e *Perkinsus* sp. brânquia relacionado à baía, comprimento, cultivo e largura.
 Legenda: AICc=Critério de informação de Akaike corrigido. AICw= Peso de Akaike; IR= impotância relativa.

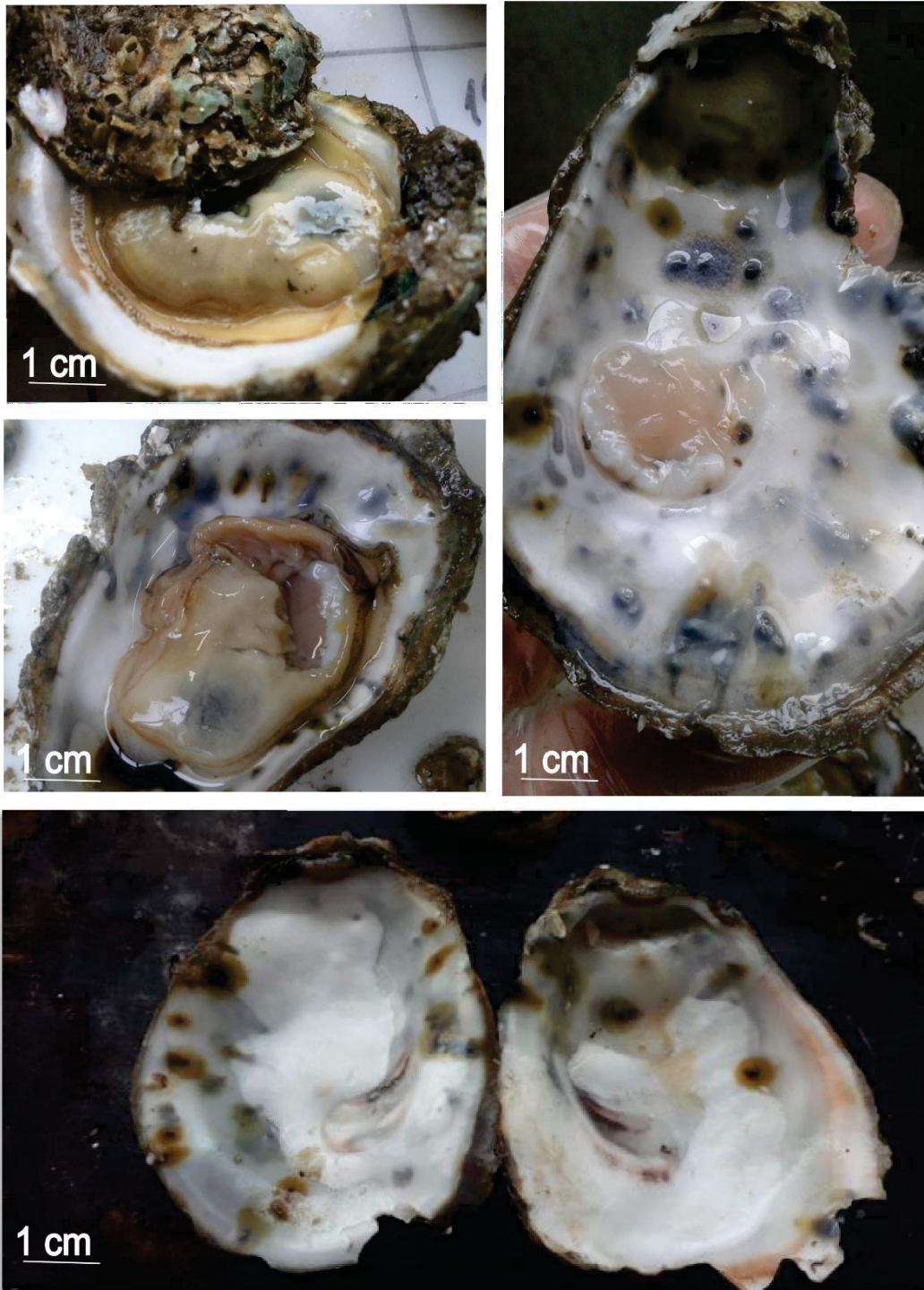


Figura 2: Sinais de escavação e bolhas de lama formada pela ação de polidorídeos.

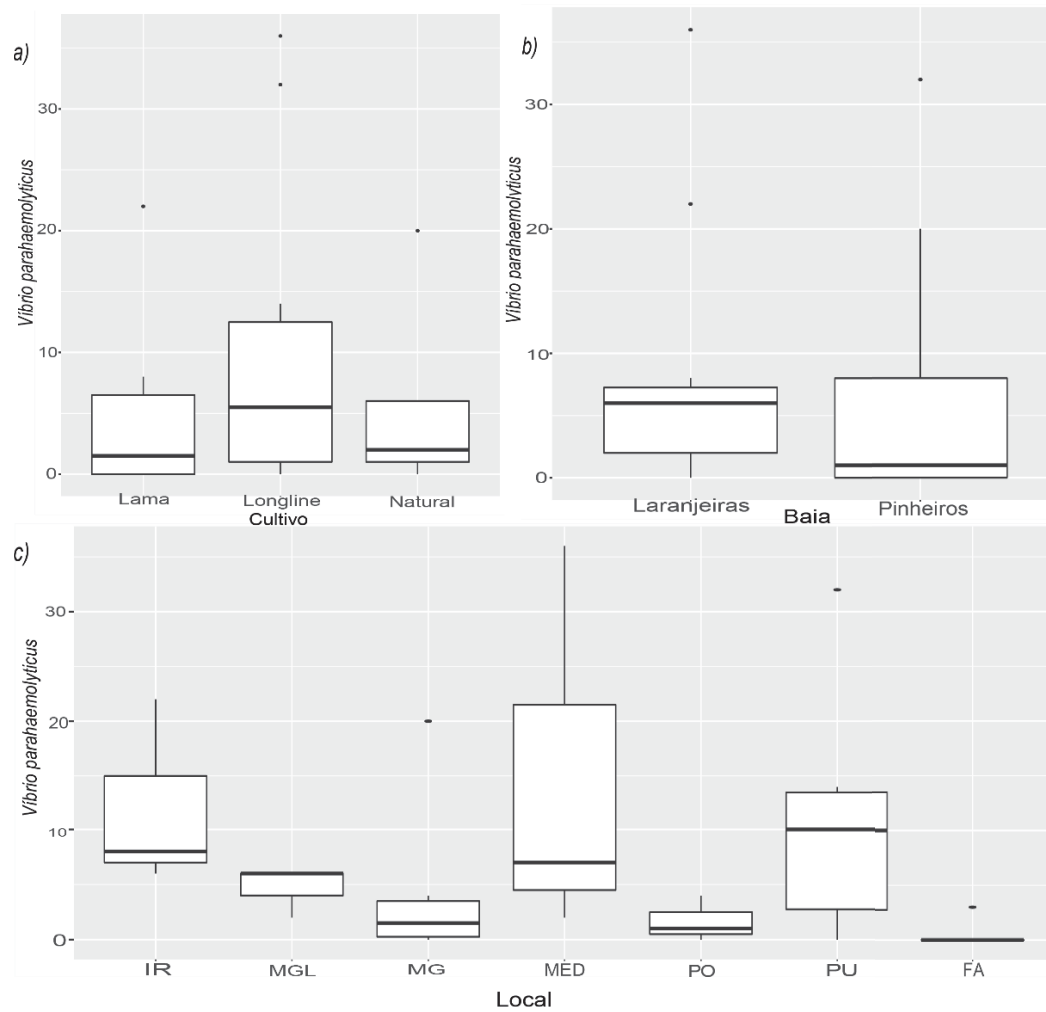


Figura 3: a) *V. parahaemolyticus* relacionado ao tipo de cultivo; b) *V. parahaemolyticus* relacionado à baía; c) *V. parahaemolyticus* relacionado ao local: IR-Ilha Rasa, MGL- Mangue Laranjeiras, MG- Mangue Pinheiros, MED-Medeiros, PO- Ponta Oeste, PU- Poruquara, FA- Vila Fátima.

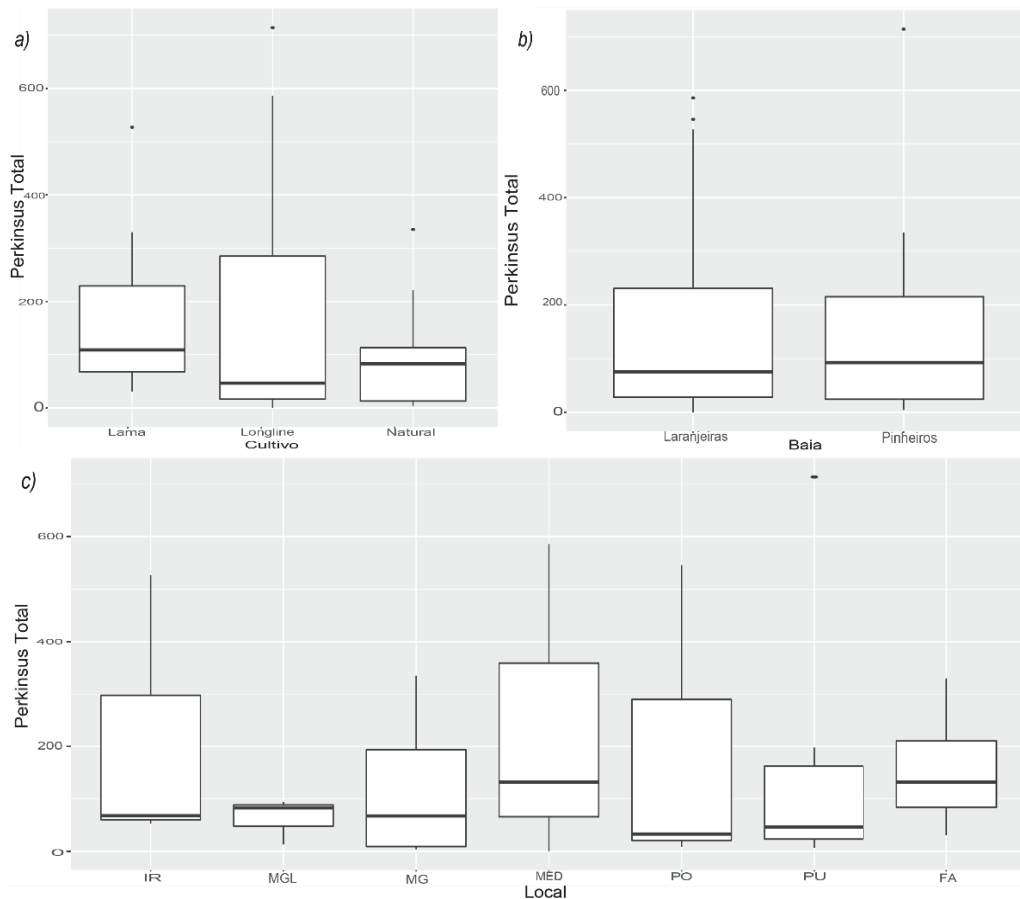


Figura 4: a) *Perkinsus* sp. total relacionado ao tipo de cultivo; b) *Perkinsus* sp. total relacionado à baía; c) *Perkinsus* sp. total relacionado ao local: IR-Ilha Rasa, MGL- Mangue Laranjeiras, MG- Mangue Pinheiros, MED-Medeiros, PO- Ponta Oeste, PU- Poruquara, FA- Vila Fátima.

Perkinsus sp. presente na brânquia em função das baías, indicou maior abundância para a baía dos Pinheiros, mesmo havendo um número menor de pontos amostrais que são três, em relação a baía de Laranjeiras com quatro pontos (Figura 5 - c). Já a abundância em relação aos tipos de bancos de ostras, indicou a maior abundância de *Perkinsus* sp. para cultivo diretamente na lama.

Quando verificada a presença de *Perkinsus* sp. no reto, este foi principalmente explicado pelo tipo de cultivo e largura das ostras (IR=1). Do mesmo modo que nas brânquias, a abundância de *Perkinsus* sp. no reto indicou o cultivo na lama (Figura 5 - b). Relacionado a largura, a abundância indicou ostras entre 5 e 6,5cm (Figura 5 - a).

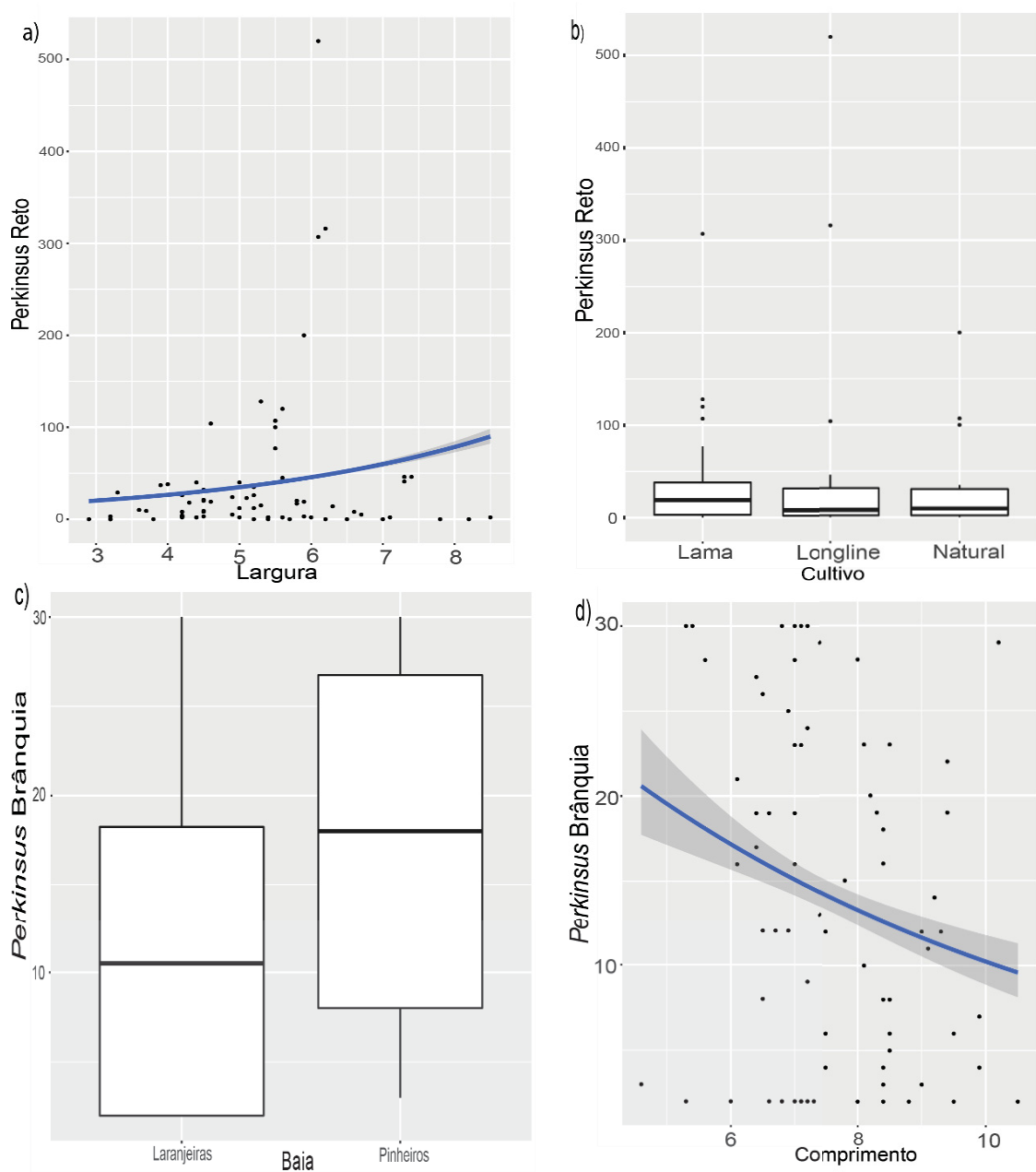


Figura 5: a) *Perkinsus* sp. no reto relacionado à largura das ostras; b) *Perkinsus* sp. reto relacionado ao tipo de cultivo; c) *Perkinsus* sp. em brânquia relacionado à baía; d) *Perkinsus* sp. em brânquia relacionado ao comprimento das ostras.

Contamos 4.864 anelídeos nas ostras. A abundância total de anelídeos foi principalmente explicada pelo tipo de cultivo e o peso das valvas ($IR = 1$) (Tabela 4). A abundância de anelídeos por ostra em relação aos bancos de ostras, indicou que na lama as ostras foram mais susceptíveis à infestação por anelídeos (Figura 6). Os anelídeos totais nas valvas, expressaram abundância em ostras com peso de valvas entre 50 e 100 gramas (Figura 7).

Identificamos e quantificamos 1.830 polidorídeos. A abundância total para *Polydora* sp. nos bancos de ostras foi explicitada por errantia (IR=1) e cultivo (IR=0,93) (Tabela 4).

Tabela 4: Seleção dos modelos de GLM: Anelídeos totais e *Polydora* sp. Legenda: AICc=Critério de informação de Akaike corrigido. AICw= Peso de Akaike; IR= imputância relativa.

	Comprimento	Cultivo	Largura	Peso Valvas	df	AICc	Delta	AICw
Anelídeos Totais	11	+		0,009	5	2015,8	0,00	0,533
	15	+	-0,005	0,009	6	2017,8	1,95	0,201
	12	-0,002	+	0,009	6	2017,9	2,03	0,193
	16	-0,002	+	-0,005	0,009	7	2019,8	4,01
IR	0,27	1,00	0,27	1,00				

	Comprimento	Cultivo	Errantia	Largura	Salinidade	Sedentária	Temperatura	df	AICc	Delta	AICw	
<i>Polydora</i> sp.	7	+	0,170					5	1480,3	0,00	0,104	
	39	+	0,167			0,055		6	1480,6	0,33	0,088	
	8	0,005	+	0,169				6	1481,4	1,04	0,062	
	15	+	0,170	0,033				6	1481,7	1,36	0,053	
	23	+	0,164		-0,021			6	1481,7	1,40	0,052	
	47	+	0,167	0,043		0,060		7	1481,8	1,44	0,050	
	40	0,005	+	0,166			0,054		7	1481,8	1,50	0,049
	71	+	0,166					-0,055	6	1482,2	1,90	0,040
	55	+	0,162		-0,017	0,052			7	1482,3	1,98	0,038
	103	+	0,164			0,055		-0,048	7	1482,6	2,28	0,033
	24	0,005	+	0,163		-0,021			7	1482,8	2,47	0,030
	16	0,005	+	0,169	0,033				7	1482,8	2,49	0,030
	48	0,005	+	0,166	0,043		0,058		8	1483,0	2,71	0,027
	31	+	0,164	0,031	-0,020				7	1483,1	2,83	0,025
	72	0,006	+	0,165				-0,067	7	1483,2	2,86	0,025
	56	0,005	+	0,162		-0,017	0,051		8	1483,5	3,18	0,021
	63	+	0,163	0,039	-0,016	0,057			8	1483,5	3,20	0,021
	87	+	0,165		-0,045			0,129	7	1483,5	3,22	0,021
	79	+	0,167	0,032				-0,048	7	1483,6	3,31	0,020
	104	0,0056	+	0,163			0,053	-0,060	8	1483,7	3,39	0,019
	111	+	0,165	0,041			0,060	-0,039	8	1483,8	3,46	0,018
	119	+	0,163		-0,034	0,050	0,088		8	1484,3	3,97	0,014
	32	0,005	+	0,164	0,030	-0,020			8	1484,3	4,00	0,014
	80	0,005	+	0,166	0,030			-0,060	8	1484,7	4,38	0,012
	88	0,005	+	0,164		-0,036		0,082	8	1484,8	4,48	0,011
	64	0,005	+	0,162	0,038	-0,015	0,055		9	1484,8	4,49	0,011
	95	+	0,166	0,032	-0,045			0,136	8	1484,9	4,63	0,010
112	0,005	+	0,163	0,040		0,058	-0,050	9	1485,0	4,69	0,010	
45			0,187	0,083		0,090		5	1485,4	5,06	0,008	
IR	0,36	0,93	1,00	0,35	0,32	0,47	0,2					

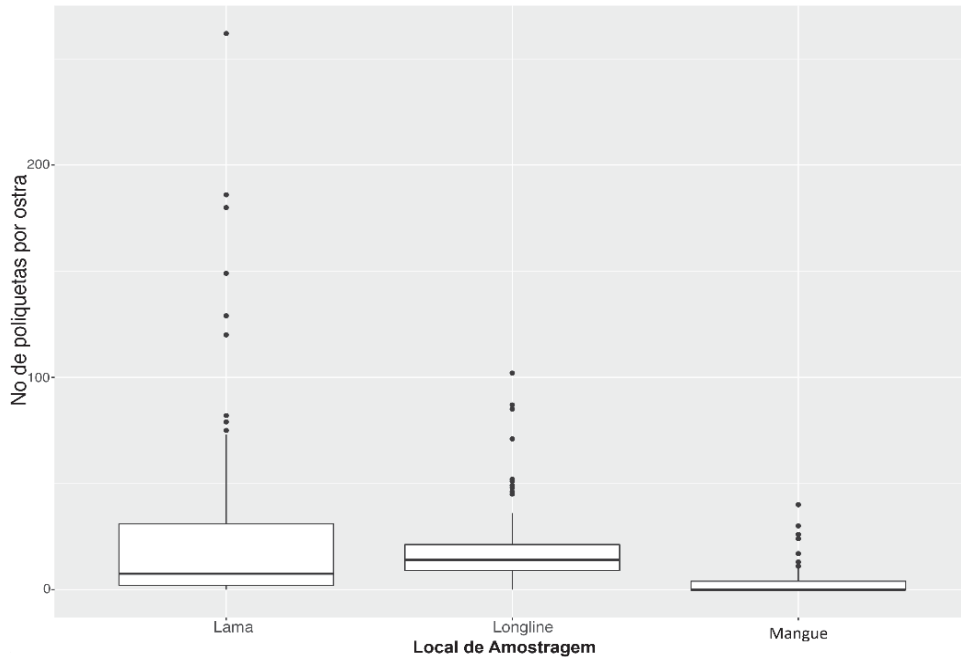


Figura 6: Número total de poliquetas por ostra, relacionado ao tipo de cultivo.

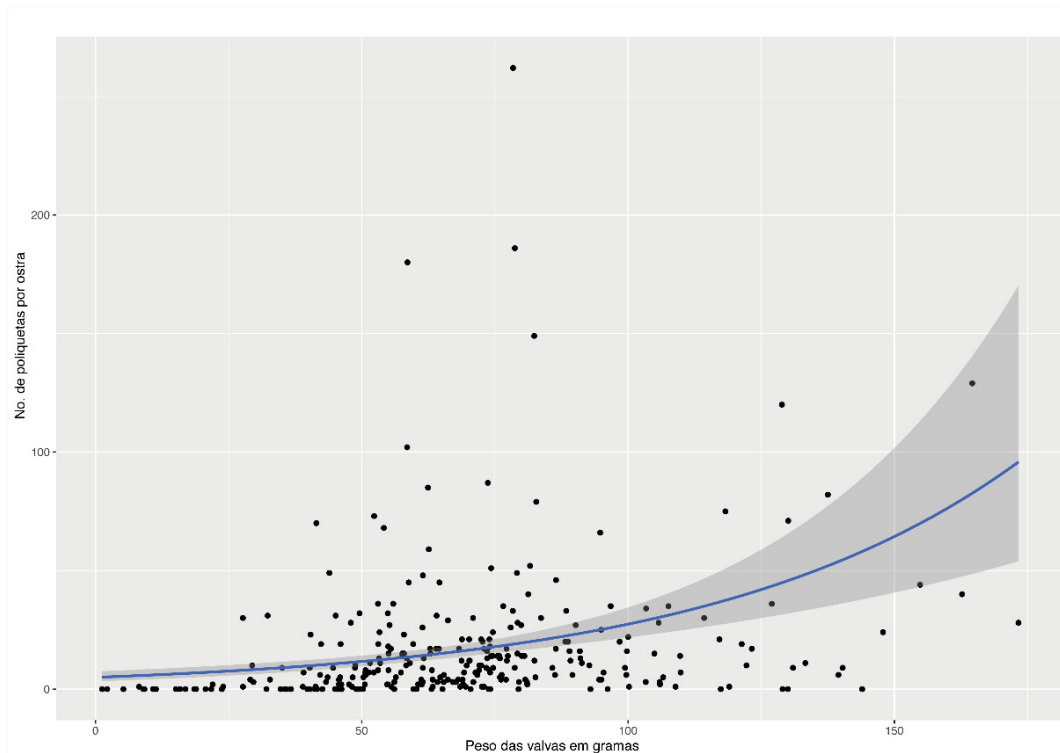


Figura 7: Número total de poliquetas por ostra, relacionado ao peso das valvas das ostras em grammas.

A visualização da regressão linear generalizada da abundância de *Polydora* sp. pela abundância de errantes mostrou um ajuste positivo, com o aumento da abundância de *Polydora* sp. em ostras com mais de dez indivíduos de anelídeos errantes (Figura 8 - a). Apesar da abundância de *Polydora* sp. em relação à abundância de sedentária ter mostrado um ajuste negativo, o ajuste da regressão mostrou uma relação inversa (Figura 8 - b).

A regressão linear generalizada da abundância de *Polydora* sp. pela largura das ostras, mostrou ajuste positivo em ostras com tamanhos entre 5 e 7cm (Figura 8 - c). Quando realizada a regressão para a abundância de *Polydora* sp. pelo tipo de cultivo, mostrou um ajuste positivo para o cultivo na lama (Figura 8 - d).

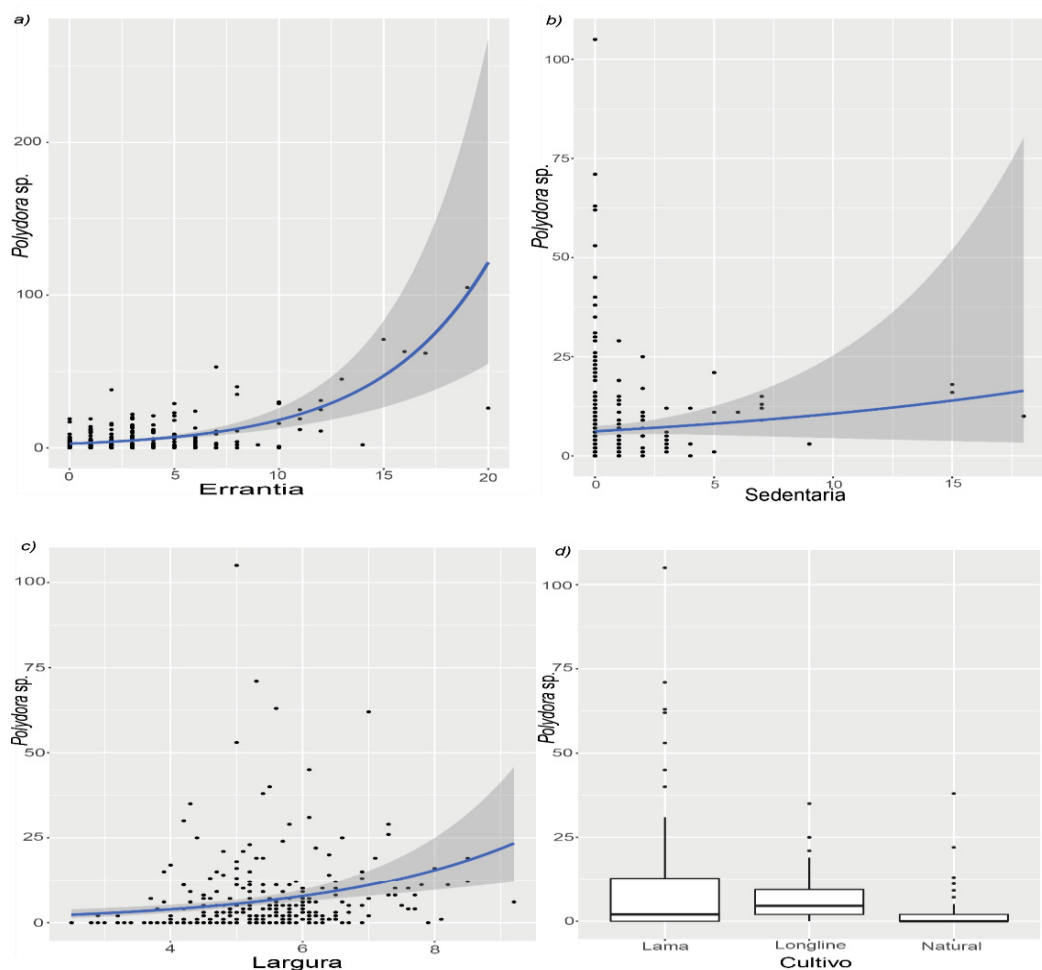


Figura 8: a) *Polydora* sp. relacionado à abundância de Errantia; b) *Polydora* sp. relacionado à abundância de Sedentária; c) *Polydora* sp. relacionado à largura das ostras; d) *Polydora* sp. relacionado ao tipo de cultivo.

Identificamos o total de 11 espécies de anelídeos das Ordens Errantia e Sedentaria (Tabela 5), presentes nos bancos de ostras. Errantia esteve presente externamente, utilizando das irregularidades das conchas para se instalar. Internamente observou-se polidorídeos escavando túneis, e os demais sedentários utilizando externamente fendas e perfurações superficiais das ostras.

Errantia	Família
<i>Alitta</i> sp.	Nereididae
<i>Perinereis vancaurica</i> (Ehlers, 1868)	Nereididae
<i>Nereis oligohalina</i> (Rioja, 1946)	Nereididae
<i>Eumida</i> sp.	Phyllodocidae
<i>Syllidae</i> sp.	Syllidae
Sedentaria	Família
<i>Polydora</i> sp.	Spionidae
<i>Nicolea</i> sp.	Terebelidae
<i>Parasabella</i> sp.	Sabellidae
<i>Nainereis</i> sp.	Orbinidae
<i>Hydroides dianthus</i>	Serpulidae
<i>Branchioma</i> sp.	Sabellidae

Tabela 5: Anelídeos Errantia e Sedentaria identificados.

A distribuição média da associação de anelídeos foi significativamente diferente para baía, cultivo e largura (Tabela 6). Não sendo diferente para comprimento. Quando realizada a Permanova com cultivo e local, baseando-se no coeficiente de determinação ambos responderam com valores altos, porém o valor de local ($R^2 = 0,283$) foi maior. Mostrando que os locais influenciam mais por suas diferenças, do que pela técnica de cultivo.

Variável dependente	Fatores	gl	Pseudo-F	P (perm)	R ²
<i>Associação de anelídeos</i>	Baía	1	20,445	0,001	0,051
	Cultivo	2	45,046	0,001	0,226
	Largura	1	11,341	0,001	0,028
	Comprimento	1	0,299	0,841	0,000
	Resíduo	276			
	Total	281			
<i>Associação de anelídeos</i>	Baía	1	21,948	0,001	0,051
	Local	5	24,231	0,001	0,283
	Largura	1	10,963	0,001	0,025
	Comprimento	1	0,398	0,772	0,000
	Resíduo	273			
	Total	281			

Tabela 6: Análises multivariadas de variância permutacional (PERMANOVA) para associação de anelídeos. Legenda: gl=graus de liberdade; P(perm)=P. permutação; R²= coeficiente de determinação.

O SIMPER (Tabelas 7, 8)(Anexo 1), revelou predominância de *Polydora* sp., em todas as baías, métodos de cultivo e ambiente natural em relação aos demais anelídeos. A baía de Laranjeiras apresentou mais *Polydora* sp. e *Alitta* sp., que a baía de Pinheiros, esta teve mais indivíduos de *Nicolea* sp. que Laranjeiras (Tabela 7).

Em relação as técnicas de cultivo, assim como para as baías, a predominância foi de *Polydora* sp. e *Alitta* sp. (Tabela 8). Onde o cultivo diretamente na lama apresentou os maiores valores entre as técnicas de cultivo.

Tabela 7: Análise Simper entre baías. Legenda: Σ = Soma

Espécies	Média Laranjeiras	Média Pinheiros	Σ % Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	9,588	4,733	0,555
<i>Alitta</i> sp.	3,784	1,755	0,837
<i>Nicolea</i> sp.	0,578	0,744	0,921

Tabela 8: Análise Simper entre tipos de cultivo. Legenda: Σ = Soma.

Espécies	Média Lama	Média Longline	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	10,377	6,275	0,56
<i>Alitta</i> sp.	3,233	3,2	0,819
<i>Nicolea</i> sp.	0,077	1,55	0,925
Espécies	Média Lama	Média Natural	Σ % Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	10,377	1,986	0,571
<i>Alitta</i> sp.	3,233	0,375	0,882
<i>P. vancaurica</i>	0,266	0,319	0,954
Espécies	Média Longline	Média Natural	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	6,275	1,986	0,508
<i>Alitta</i> sp.	3,2	0,375	0,796
<i>Nicolea</i> sp.	1,55	0	0,921

Na Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 9 - PCA 1), observou-se uma homogeneidade das amostras da baía de Pinheiros, enquanto as maiores abundâncias dos anelídeos *Polydora* sp., *Alitta* sp., *N. oligohalina*, foram registradas na baía das Laranjeiras. Em relação aos cultivos (Figura 10 - PCA 2), observamos uma separação das amostras de *long-line* e bancos naturais. As abundâncias de *Polydora* sp., *Alitta* sp., *N. oligohalina* apresentaram correlação positiva com as ostras cultivadas na lama (Figura 10 – PCA 2). Algumas amostras da baía de Pinheiros foram positivamente correlacionadas com a abundância de *Nicolea* sp. (Figura 9 - PCA 1) e cultivadas em *long-line* (Figura 10 - PCA2).

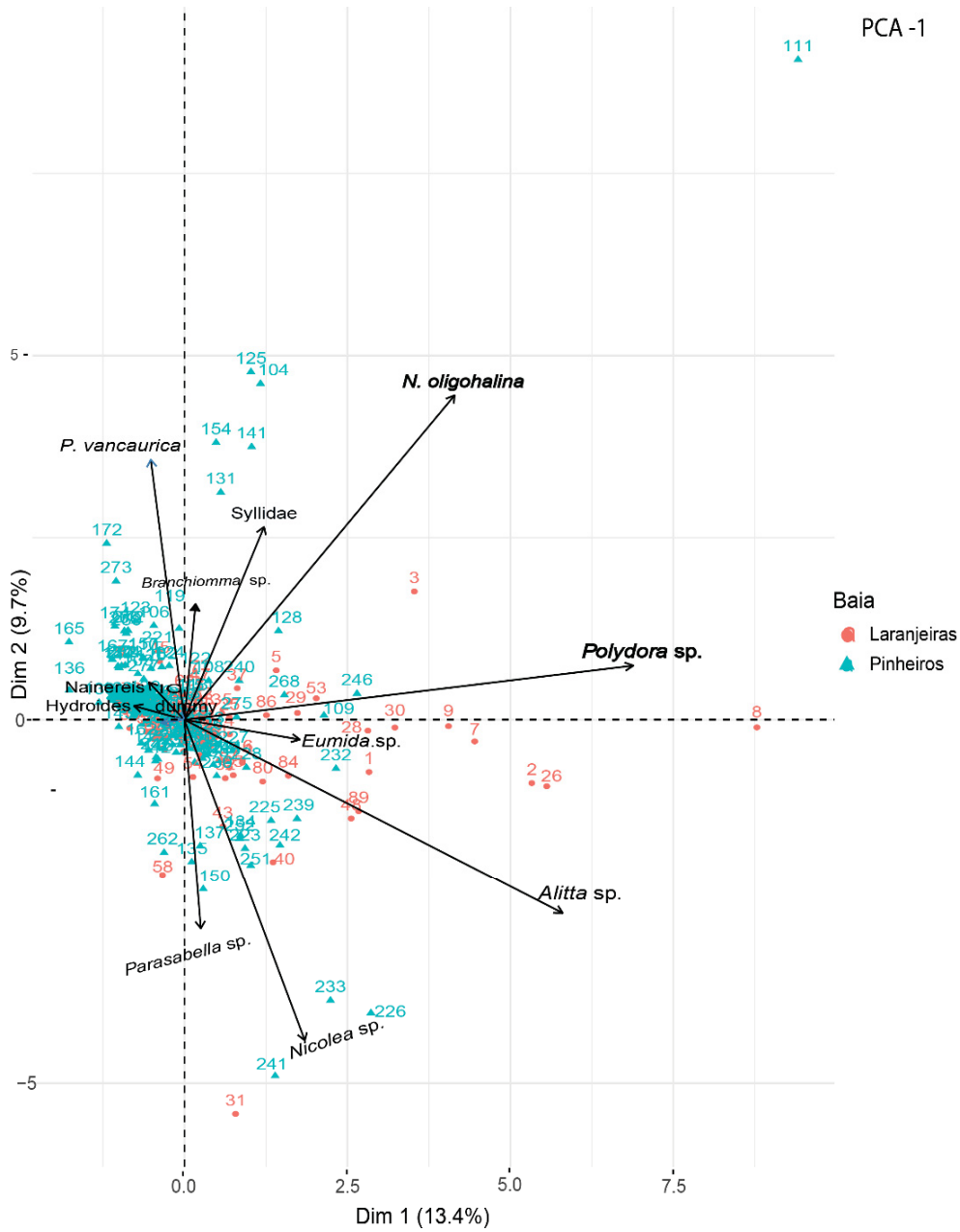


Figura 9: Análise de Componentes Principais (PCA) baías de Laranjeiras e Pinheiros, PCA -1.

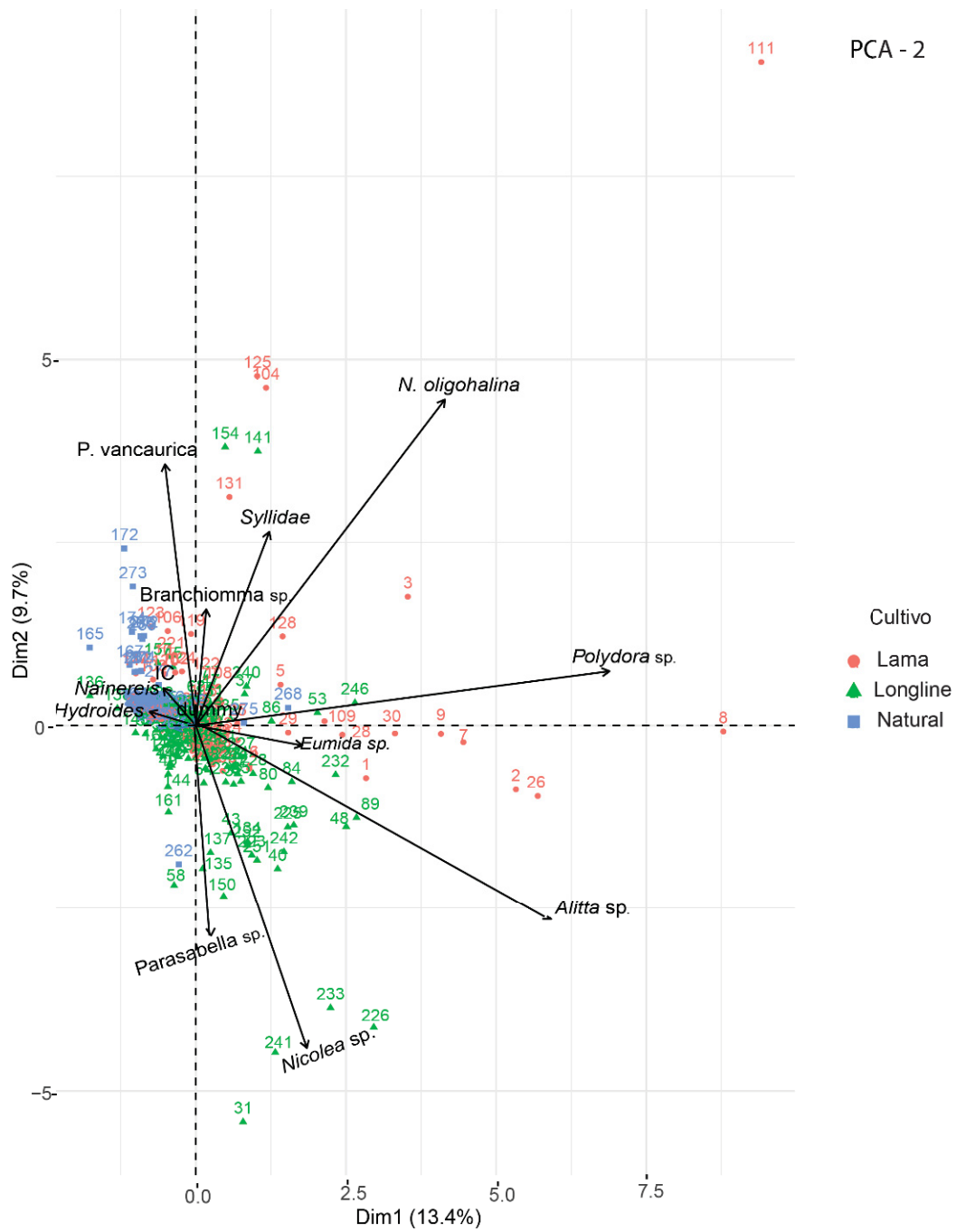


Figura 10: Análise de Componentes Principais (PCA) cultivos em lama, *long-line* e ambiente natural – PCA -2.

5. DISCUSSÃO

Embora os patógenos *V. parahaemolyticus*, *Perkinsus* sp. e *Polydora* sp. tenham sido detectados nas ostras de cultivos no CEP e ambiente natural, nossa hipótese de que maiores taxas de infestações indicariam baixo índice de condição das ostras, através dos modelos não foi corroborada. Porém, polidorídeos perfuradores do Complexo *Polydora*, foram encontrados nos bancos de ostras de cultivos e ambiente natural, com maiores taxas de infestações nos cultivos diretamente na lama. O efeito negativo dos polidorídeos perfuradores no hospedeiro se manifestam principalmente em altas quantidades, podendo muitas vezes passar despercebido como qualquer outro epibionte (González-Ortiz, 2017).

Infestação por polidorídeos do Complexo *Polydora*, constituem um sério problema para moluscos tanto no ambiente natural como em cultivos (Sato-Okoshi et al. 1990, 2008; Walker 2011; Martinelli, 2020). Na Venezuela, Diaz-Diaz e Linero-Arana(2009) registraram nas conchas de *C. rhizophorae*, em ambiente natural, graus de infestação por polidorídeos próximos de 65%. Nossos resultados, ainda que não indiquem diretamente efeitos negativos aos cultivos, evidenciam os cultivos de lama como potenciais vetores de populações de *Polydora* sp. em cenários de maior desenvolvimento da ostreicultura no CEP.

Mesmo que algumas ostras de nosso estudo não apresentassem polidorídeos, todas elas continham túneis escavados vazios e sinais de deposição de camadas extras e estruturalmente frágeis no esqueleto calcário das valvas. A formação de canais na concha dos moluscos, tornam a quebradiça, e mesmo sem atingir a face interna podem tornar o hospedeiro vulnerável à ação de parasitas e/ou às mudanças ambientais (González-Ortiz et al. 2017).

No norte da Patagônia Argentina, Diez (2011) e colaboradores, investigaram a presença de polidorídeos em espécies de bivalves locais de interesse comercial, onde *P. rickettsi* foi encontrada perfurando cinco das seis espécies analisadas de bivalves, com prevalência de infestação de 20 a 54%, dependendo da espécie hospedeira. Apesar de todos os locais apresentarem polidorídeos perfuradores e associadas aos bancos de ostras, é reconhecido que as infestações também podem se dar de acordo com a espécie da ostra, e fatores ambientais (Handley & Bergquist, 1997). Acreditamos que as ostras analisadas sejam duas espécies diferentes, respondendo aos polidorídeos e a patógenos de maneiras distintas, posteriormente, esperamos submeter as amostras coletadas à análise molecular. Cada um dos locais amostrados difere nas formas de cultivo (ambiente natural, *long-line* e lama) e nas características locais do fluxo estuarino, como a Baía de Pinheiros (Vila Fátima, Poruquara e manguezal) que recebe

forçantes de efluentes e marés, sendo importante evidenciar que esta baía sofre pouca influência de atividades antrópicas, diferente das demais baías do estuário. A Baía de Laranjeiras (Ilha Rasa, Medeiros e manguezal) além dos forçantes ambientais, tem grande atividade antrópica. Em conjunto as baías de Laranjeiras e Paranaguá influenciam os forçantes da Zona de Mistura (Ponta Oeste), local próximo às desembocaduras do CEP, com grande dinâmica de marés e correntes. Realizamos medições de salinidade e temperatura de cada local pontualmente, apenas na data da coleta das ostras. A salinidade variou entre 19 a 26, e a temperatura da água entre 22 à 24 °C, nos períodos de verão e outono. Sem grandes variações, estes não apresentaram contribuição significativa nos modelos gerados.

Infestações de polidorídeos, assim como outros patógenos, promovem gasto extra de energia capaz de comprometer funções vitais e atividades reprodutivas. O estresse e gasto energético gerado por perfurações nas valvas das ostras, levam a redução da condição do indivíduo, deixando o mais suscetível a outros patógenos parasitos (González-Ortiz et al., 2017). Apesar disso, conforme constatamos nas análises, as maiores contribuições de patógenos não indicaram diretamente baixo índice de condição das nossas ostras. Segundo pesquisas locais, os bivalves marinhos do litoral do Paraná, apresentam um padrão reprodutivo de tendência contínua, com picos de liberação de gametas no verão e uma redução em períodos de inverno (Absher, 1989; Cruz-Kalled, 2003; Christo, 2006). As ostras amostradas eram adultas e estavam em fase reprodutiva, com células gonadais bem desenvolvidas, sendo este fator um influenciador do índice de condição, o qual a média máxima atingida foi 2,60 novembro/2018 e de 2,67 correspondente a junho/2019. Em geral, existem poucas evidências na literatura para confirmar reduções de condicionamento físico de moluscos(Sievers et al. 2017). Christo (2006), avaliou por um ano o índice de condição de ostras *Crassostrea* spp. na Baía de Guaratuba em ambiente natural e cultivo, onde as maiores médias percentuais foram 2,40% e 2,65% para os meses de maio/2002 e janeiro/2003.

Tanto *Perkinsus* sp. quanto *V. parahaemolyticus* foram identificados nas ostras oriundas das Baias de Laranjeiras e de Pinheiros. *Perkinsus* sp., já havia sido isolado em Medeiros e Ponta Oeste, com frequência de 71% de ostras infectadas (Nolli, 2017). Até o momento, porém, não havia levantamento da ocorrência na Baía de Pinheiros. Apesar dos modelos de análise não identificarem interação relevante destes com o IC das ostras, é importante ressaltar o conhecimento da presença, pois, podem se instalar mesmo em ostras saudáveis. O gênero *Perkinsus*, mesmo que não cause danos diretos à saúde humana, reúne espécies potencialmente impactantes à aquicultura mundial, sendo por isso, de notificação obrigatória junto a Organização de Saúde Animal (OIE, 2020). *Perkinsus* interfere negativamente, no

desenvolvimento corporal de bivalves, provocando abertura involuntária da concha (*gapping*), retração do manto, crescimento retardado, comprometimento do sistema imunológico, abscessos e outras lesões até mortalidade. Tudo isso impacta grandemente o mercado os produtores, o ambiente e a sustentabilidade aquícola (Lassudrie & Soudant et al., 2014; Nolli, 2017; Luz Cunha et al., 2019). Góngora-Gómez et al. (2019), avaliou a presença de *Perkinsus* sp. e a relação deste com crescimento e índice de condição em cultivos de ostras no México, onde não obteve grandes ligações entre a prevalência de *Perkinsus* sp. e os parâmetros avaliados, nem efeito direto da presença do protista na saúde das ostras.

Tipos de *Vibrio* representam ameaça na produção de moluscos bivalves, como *V. parahaemolyticus* conforme identificamos através do meio de cultura seletivo, que além de causar gastroenterite em humanos, é conhecido por afetar as primeiras fases do cultivo, com mortalidades de larvas de até 100%, redução da produtividade e altas perdas econômicas (Romalde et. al., 2014). Diversos países como, Nova Zelândia (Kirs et al., 2011), Espanha (Lopez- Joven et al.,2015) e Coréia (Park et al., 2018) já relataram a presença de *V. parahaemolyticus* em cultivos de ostras e como sendo responsável por muitos casos de intoxicação alimentar no Japão (Kubota et al., 2011; Hara-Kudo et al.,2012), Bangladesh (Bhuiyan et al., 2002), Taiwan (Yu et al., 2013). A prevalência mundial de casos de gastroenterite por *V. parahaemolyticus* enfatiza a necessidade de compreensão dos fatores de virulência envolvidos e seus efeitos nos seres humanos. (Letchumanan et al., 2014).

A disposição do cultivo na coluna d'água, zona entre marés e diretamente no sedimento, pode favorecer a exposição dos moluscos à organismos epibiontes, parasitos e patógenos (Lordeiros & Garcia, 2004).

Apesar da baixa relação entre patógenos, bactérias e protistas com o IC das ostras no CEP, testamos e corroboramos que os bancos de ostras de cultivo e naturais determinam as associações de anelídeos errantes e sedentários, com associações heterogêneas que respondem ao tipo de cultivo e determinam as infestações de polidorídeos. As associações de anelídeos errantes ocorreram tanto em ambiente natural, nos cultivos em lama e em *long-lines*. Já os sedentários, ocorreram preferencialmente nos cultivos em *long-line*, lembrando que suas lanternas de ostras permanecem constantemente imersos na coluna d'água, por todo o ciclo de produção.

Os anelídeos errantes apresentam hábitos alimentares muito diversificados, são carnívoros, herbívoros, comedores de depósitos, seletivos ou não, ou mesmo onívoros (Fauchald & Jumars, 1979; Jumars et al., 2015). Sabelídeos assim como terebelídeos, habitam tubos secretados, frequentemente com partículas aglutinadas em muco, como areia e lama (Merz, 2015).

Provavelmente os polidorídeos que constroem e habitam os tubos podem afetar os moluscos, pela capacidade em perfurar o carbonato de cálcio.

As formas de alimentação apresentadas por esses anelídeos envolvem diferentes mecanismos para captura e seleção de alimento (Jumars, 2015). Estes são principalmente comedores de depósitos marinhos, ou depositívoros, definidos pela sua habilidade de selecionar material orgânico do sedimento, ou suspensívoros, que capturam partículas em suspensão na coluna d'água (Fauchald & Jumars, 1979; Jumars et al., 2015).

As conchas de moluscos e as estruturas de cultivo acrescentaram heterogeneidade ao habitat local apresentando poliquetas errantes e sedentários em um ambiente entre marés ou raso de fundo mole, que originalmente possuam partículas de lama como elemento estruturador. A própria concha é um substrato para perfuração, agregando polidorídeos, sabelídeos, terebelídeos e *Hydroides* sp. sésseis construtores de tubos, estes abundantes em estruturas como *long-line*, por não poderem se estabelecer em fundo macio (Gutiérrez, 2003).

Para polidorídeos a cavidade interna da concha pode ser um microhabitat onde o impacto de temperaturas extremas, forças hidrodinâmicas, ou a predação é reduzida. Conseqüentemente, polidorídeos e outros como *A. succinea*, *N. oligohalina* e *P. vancaurica*, podem explorar a cavidade para reduzir o estresse fisiológico, danos ou remoção por correntes ou predadores (Gutiérrez, 2003). Além disso, a concha pode causar alterações no fluxo próximo ao leito e infiltração de água através dos sedimentos, com subsequente alteração do transporte de partículas e solutos no sistema bentônico (Barners et al, 2010).

A determinação das associações de anelídeos em cultivos de ostras permitem compreender a função destes como engenheiros do ecossistema, que agem como recifes e modificam o ambiente original (Bruschetti, 2019). Os anelídeos como os tubícolas podem fornecer uma complexidade tridimensional a estes habitats, melhorando a retenção e assentamento de partículas suspensas na coluna d'água (Bailey-Brock, 1979). Anelídeos de vida livre como *A. succinea* (Bruschetti et al. 2009), e demais errantes são favorecidos pela presença de sedimentos e abrigo.

Como moluscos filtradores (Dame et al., 1989; Zhu et al., 2006), muitos anelídeos afetam o séstom de águas rasas (isto é, estuários e lagoas costeiras) removendo grandes quantidades de material particulado em suspensão (fitoplâncton e detrito) da coluna de água (Davies et al., 1989; Jordana et al., 2001; Dubois et al., 2003). Isso pode aumentar a penetração da luz e pode, portanto, aumentar a produção de produtores primários bênticos.

Interações ocasionadas por estruturas de cultivo podem ser altamente relevantes para a compreensão de associações e utilização por diferentes organismos, proporcionando o

conhecimento destes como bioengenheiros de ecossistemas aquáticos. Para o setor aquícola, a bioincrustação pode afetar negativamente organismos cultivados, reduzindo taxas de crescimento e desenvolvimento de moluscos saudáveis. Neste contexto, o manejo adequado dos cultivos possibilita o controle e redução de danos, mesmo que minimamente.

6. CONCLUSÃO

O conhecimento do meio onde ostras são cultivadas, e das interações que estas têm com diversos organismos se faz essencial para desenvolver metodologias de produção eficientes, técnicas de manejo dos cultivos e de uso racional dos estoques naturais, fornecendo aplicabilidade ampla e de curto prazo para os produtores de moluscos. Do ponto de vista macroscópico e conforme o modelo utilizado neste trabalho, as ostras do CEP estão em boas condições. Porém, é de extrema importância trabalhos adicionais que identifiquem as espécies de ostras do estuário, para que se possa compreender como o molusco responde a agentes estressores externos como *Perkinsus* e *Vibrio* agregando mais informações relevantes para uma avaliação mais específica da saúde aquícola do CEP.

7. REFERÊNCIAS

ABSHER, T. M. Populações naturais de ostras do gênero *Crassostrea* do litoral do Paraná: desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento. 1989. 185 f. 1989. **Tese de Doutorado**. Tese (Doutorado em Oceanografia)—Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.

AFONSO, Taís Serpa. Avaliação do ciclo reprodutivo de ostras *Crassostrea gasar* em três locais de cultivo na Baía das Laranjeiras (PR).2019. **TESE. Universidade Federal do Paraná**.

AMARAL, V. S., & SIMONE, L. R. L. (2014). Revision of genus *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(4), 811-836.

ANGULO, R. J., 1992. Geologia da planície costeira do Estado do Paraná. São Paulo, Brazil: **Instituto de Geociências**, Universidade de São Paulo, Ph. D. Thesis, 332 p.

APPLEFORD, P., LUCAN, J.S., SOUTHGATE, P.C. (2012) General principles. In: Lucas JS, Southgate PC (eds) **Aquaculture: farming aquatic animals and plants**, 2nd edn. Wiley-Blackwell, Chichester, p 18–51.

BAILEY- BROCK, J.H. Sediment trapping by Chaetopterid polychaetes on a Hawaiian fringing reef. *J. Mar. Res.* 1979, 37, 643–656.

BARNES, B. B., LUCKENBACH, M. W. & KINGSLEY-SMITH, P. R. (2010). Oyster reef community interactions: The effect of resident fauna on oyster (*Crassostrea* spp.) larval recruitment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 391: 169–177.

BARTON, K. (2019). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.15. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>

BOSC, L. A. G. (1802). **Histoire naturelle des vers contenant leur description et leurs mœurs**, avec figures dessinées d'après nature. *Tome Premiere. De l'imprimerie de Guilleminet; a Paris, chez Deterville*. 1-324.

BRUSCHETTI, M. (2019). Role of Reef-Building, Ecosystem Engineering Polychaetes in Shallow Water Ecosystems. *Diversity*, 11(9), 168.

BRUSCHETTI, M.; BAZTERRICA, C.; LUPPI, T.; IRIBARNE, O. An invasive intertidal reef-forming polychaete affect habitat use and feeding behavior of migratory and locals birds in a SW Atlantic coastal lagoon. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 2009, 375, 76–83.

BHUIYAN, N. A., ANSARUZZAMAN, M., KAMRUZZAMAN, M., ALAM, K., CHOWDHURY, N. R., NISHIBUCHI, M., et al. (2002). Prevalence of the pandemic genotype of *Vibrio parahaemolyticus* in Dhaka, Bangladesh, and significance of its distribution across different serotypes. *J. Clin. Microbiol.* 40, 284–286. doi: 10.1128/JCM.40.1.284-286.2002

BURNHAM, K.; ANDERSON, D. **Model Selection and Multi-model Inference** . 2nd edn.(Springer: New York.). 2002.

CASTELL, L. (2012) **Gastropod molluscs**. In: Lucas JS, Southgate PC (eds) **Aquaculture: farming aquatic animals and plants**, 2nd edn, Chapter 24. Wiley-Blackwell, Chichester, p 567–582.

CHRISTO, S. W. (2006), Biologia reprodutiva e ecologia de ostras do gênero *Crassostrea sacco*, 1897

na baía de Guaratuba (PARANÁ- BR): um subsídio ao cultivo.

CLARKE, K.R. and WARWICK, R.M. (2001) *Changes in Marine Communities: An Approach to STATISTICAL ANALYSIS AND INTERPRETATION*. 2nd Edition, PRIMER-E: Plymouth Marine Laboratory, UK, 176 p.

CRUZ-KALED, A. 2003. Ecologia populacional de *Macoma constricta* (Bruguière, 1792) (Bivalva:Tellinidae) e associação com *Fábia insularis* Melo, 1971 (Decapoda:Pinnotheridae) em duas planícies entre-marés da Baía de Paranaguá, Paraná. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, 93p.

DA CUNHA LANA, P., CHRISTOFOLETTI, R., GUSMÃO JR, J.B., BARROS, T. L., SPIER, D., COSTA, M. T., GOMES, A. S., SANTOS, C., S., G Benthic estuarine assemblages of the southeastern brazil marine ecoregion (SBME). In: **Brazilian Estuaries**. Springer, Cham, 2018. p. 117-175.

DAME, R.; SPURRIER, J.; WOLAVER, T. Carbon, nitrogen and phosphorus processing by an oyster reef. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 1989, 54, 249–256.

DAVIES, B.R.; STUART, V.; de VILLIERS, M. The filtration activity of a serpulid polychaete population (*Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) and its effects on water quality in a coastal marina. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 1989, 29, 613–620

DAVIS, A. R.; TERGETT, N. M.; MCCONELL, O. J. & YOUNG, C. M. 1989. Epibiosis of marine algae and benthic invertebrates: natural products chemistry and other mechanism inhibiting settlement and overgrowth. **Bioorganic Achieved Chemistry**, v. 3, p. 85-114.

DÍAZ-DÍAZ, O. and I. LINERO- ARANA 2009. Percentage of Infestation Level of *Polydora* cf. *websteri* Hartman, 1943 (Polychaeta: Spionidae) by Size Class of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) on La Restinga. Lagoon (Margarita Island, Venezuela). *Revista Científica, FCV-LUZ*, 19(2): 113 – 118.

DIEZ, M. E., RADASHEVSKY, V. L., ORENSANZ, J.M. AND CREMONTE, F. (2011) 'Spionid polychaete (Annelida: Spionidae) boring into shells of molluscs of commercial interest in northern Patagonia, Argentina', *Journal Italian of Zoology*, First published on: 20 April 2011 (iFirst)

DRAKE, S. L., A. DEPAOLA and L. A. JAYKUS (2007). An overview of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*; **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 6(4): 120-144.

DUBOIS, S.; BARILLÉ, L.; RETIÈRE, C. Efficiency of particle retention and clearance rate in the polychaete *Sabellaria alveolata* L. *Comptes Rendus Biol.* 2003, 326, 413–421

DUBOIS, S.; COMMITO, J.A.; OLIVIER, F.; RETIÈRE, C.; Effects of epibionts on *Sabellaria alveolata* (L.) biogenic reefs and their associated fauna in the Bay of Mont Saint-Michel. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 2006, 68, 635–646.

FAUCHALD, K.; JUMARS, P. A. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. **Oceanography and marine Biology annual review**, 1979.

FAO (2011). Risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in seafood. F. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, Italy.

FOX, J., WEISBERG, S. (2019). An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>;

FRIGOTTO SF. 2011. **Fauna carcinológica asociada a lanternas de ostra na baía de Guaratuba, PR.** Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas, Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 82 pp.

GALLARDI, D., 2014. Effects of Bivalve Aquaculture on the Environment and Their Possible Mitigation : **A Review. Fish. Aquac. J.** 5.

GONZÁLEZ-ORTIZ, L., HERNÁNDEZ-ALCÁNTARA, P., VÁZQUEZ-JUAREZ, R., QUIROZ-GUZMAN, E., GARCÍA-GARZA, E., y LEÓN-GONZÁLEZ, J. A. (2017). Variación espacial y temporal de la infestación de la concha por *Polydora* sp. (Spionidae: Polychaeta) sobre la almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*) en la laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, Vol. 88, issue 4, December 2017, Pages 845-852.

GÓNGORA- GOMEZ, A. M., RUBIO-ZEPEDA, F., SANTAMARIA-MIRANDA, A., VILLANUEVA FONSECA, B. P, DOMÍNGUES OROSCO, A. L., VILLANUEVA-FONSECA, , L.C., HERNANDEZ-SEPÚVEDA, J. A., RODRIGUEZ-GONZALEZ, H., ESPINOSA ALONSO, L. G., GARCÍA-ULLOA, M. (2019). *Perkinsus* sp. On *Crassostrea gigas* performance cultivated in the southeastern Gulf of California. *Revista Bio Ciencias* 6, e681. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e681>

GUTIÉRREZ, J. L. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. **Oikos**, v. 101, n. 1, p. 79-90, 2003.

HANDLEY, S.J. & BERGQUIST, P.R. 1997. Spionid polychaete infestations of intertidal pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg), Mahurangi Harbor, northern New Zealand. **Aquaculture**, p. 191-205.

HARA KUDO, Y., SAITO, S., OHTSUKA, K., YAMASAKI, S., YAHIRO, S., NISHIO, T., et al. (2012). Characteristics of a sharp decrease in *Vibrio parahaemolyticus* infections and seafood contamination in Japan. *Int. J. Food Microbiol.* 157, 95–101. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.04.019

HAYDAR, D., WOLFF, W. J. (2011) Predicting invasion patterns in coastal ecosystems: relationship between vector strength and vector tempo. **Mar Ecol Prog Ser** 431: 1–10.

JONES, C.; LAWTON, J.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos** 1994, 69, 373–386.

JONES, C.; LAWTON, J.; SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. **Ecology** 1997, 78, 1946–1957

JONES, C.G.; GUTIÉRREZ, J.L.; BYERS, J.E.; CROOKS, J.A.; LAMBRINOS, J.G.; Talley, T.S. A framework for understanding physical ecosystem engineering by organisms. **Oikos** 2010, 119, 1862–1869
JORDANA, E.; CHARLES, F.; GRÉMARE, A.; AMOUROUX, J.-M.; CHRÉTIENNOTDINET, M.-J. Food sources, ingestion and absorption in the suspension-feeding polychaete, *Ditrupea arietina* (O.F. Müller). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 2001, 266, 219–236

JUMARS, A. PETER.;DORGAN, K.M.; LINDSAY, S.M.; Diet of Worms Emended: An Update of Polychaete Feeding Guilds. **Annual Review of Marine Science**.n. 7, p. 497-520, nov. 2015.

KRAMER, A. M., J. E. WARD, F. C. DOBBS, M. L. PIERCE and J. M. DRAKE (2016). The contribution of marine aggregate-associated bacteria to the accumulation of pathogenic bacteria in oysters: an agent-based model.& *Ecology and evolution* 6(20): 7397-7408.

KUBOTA, K., KASUGA, F., IWASAKI, E., INAGAKI, S., SAKURAI, Y., KOMATSU, M.,et al. (2011). Estimating the burden of acute gastroenteritis and foodborne illness caused by *Campylobacter*, *Salmonella*, and *Vibrio parahaemolyticus* by using population-based telephone survey data, Miyagi Prefecture, Japan, 2005 to 2006. *J. Food Prot.* 74, 1592–1598. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-10-387

LANA, P. C., MARONE, E., LOPES, R. M., MACHADO, E. D. C. (2001). The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In **Coastal marine ecosystems of Latin America** (pp. 131-145). Springer, Berlin, Heidelberg.

LOPEZ-JOVEN, C., de BLAS, I., FURONES, M. D., & Roque, A. (2015). Prevalences of pathogenic and non-pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* in mollusks from the Spanish Mediterranean Coast. *Frontiers in Microbiology*, 6, 736.

LASSUDRIE, M., P. SOUDANT, G. RICHARD, N. HENRY, W. MEDHIOUB, P. M. Da SILVA, A. DONVAL, M. BUNEL, N. Le GOIC and C. LAMBERT (2014).;Physiological responses of Manila clams *Venerupis* (= *Ruditapes*) philippinarum with varying parasite *Perkinsus olseni* burden to toxic algal *Alexandrium ostenfeldii* exposure." *Aquatic toxicology* 154: 27-38.

LASSUS, P., N. CHOMÉRAT, P. HESS and E. NÉZAN (2016). Toxic and harmful microalgae of the World Ocean–Micro-algues toxiques et nuisibles de l’océan mondial. IOC Manuals and Guides 68 (English/French), Intl. Society for the Study of Harmful Algae (ISSHA)/ Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO (IOC), Copenhagen, Denmark.

LE, S., JOSSE, J., HUSSON F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software.* **25 (1)**. pp. 1-18. 10.18637/jss.v025.i01;

LENIHAN, H. S. 1999. Physical–biological coupling on oyster reefs: how habitat structure influences individual performance. **Ecol. Monogr.** 251–275

LENIHAN, H. S. and PETERSON, C. H. 1998. How habitat degradation through fishery disturbance enhances impacts of hypoxia on oyster reefs. **Ecol. Appl.** 8: 128–140

LETCHUMANAN, V., K.-G. CHAN and L.-H. LEE (2014). *Vibrio parahaemolyticus*: a review on the pathogenesis, prevalence, and advance molecular identification techniques & **Frontiers in microbiology** 5: 705.

LORDEIROS, C. & GARCIA, N. 2004. The use of sea urchin to control fouling during suspend culture of bivalves. **Aquaculture**, v. 231, p. 293-298.

LUCAS, P. (2012). Bivalve molluscs. In:Lucas JS, Southgate PC (eds) *Aquaculture:farming aquatic animals and plants*, 2nd edn, Chapter 23. Wiley-Blackwell, Chichester, p 541–566.

LUZ CUNHA, AC, PONTINHA, VDA, de CASTRO, MAM, SUHNEL, S., MEDEIROS, SC, MOURA DA LUZ, Â. M., DAFRE, AL (2019). Dois *Perkinsus* spp. eventos em fazendas comerciais de ostras em Santa Catarina, Brasil. *Jornal de doenças dos peixes* , 42 (3), 455-463.

- MACK, R.N., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W.M., EVANS, H., CLOUT, M., BAZZAZ, F. A.. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control *Ecological Applications*, 10 (2000), pp. 689-710.
- MARTINELLI, J. C. et al. Confirmation of the shell-boring oyster parasite *Polydora websteri* (Polychaeta: Spionidae) in Washington State, USA. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2020.
- MCKINDSEY, C.W., LANDRY, T., O'BEIRN, F.X., DAVIES, A.M. (2007) Bivalves aquaculture and exotic species: a review of ecological considerations and management issues. **J Shellfish Res** 26: 281–294.
- MERZ, RA (2015). Texturas e tração: como os poliquetas que vivem em tubos levantam uma perna. *Biologia de invertebrados*, 134 (1), 61-77
- MIURA, O., 2007 Molecular genetic approaches to elucidate the ecological. NEWMAN, S. G. (2015). What can shrimp farmers do about EMS (AHPNS/AHPND);
- NOERNBERG, M. A.; LAUTERT, L. F. C.; ARAÚJO, A. D.; MARONE, E.; ANGELOTTI, R.; NETTO JR, J. P. B., and KRUG, L. A. Remote Sensing and GIS Integration for Modelling the Paranaguá Estuarine Complex -Brazil. **Journal of Coastal Research Special Issue** 39, 2006.
- NOLLI, P. K. W., 2017. Dissertação: SANIDADE DE OSTRAS CULTIVADAS NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ: VIBRIO PARAHAEMOLYTICUS, PERKINSUS SP. E FICOTOXINAS. Universidade Federal do Paraná.
- OIE (2018). Infection with *Perkinsus marinus*. OIE (2016). Infection with *Perkinsus* *Olseni*. OIE (2020). Listed diseases, infections and infestations. W. O. f. A. Health.
- OIE. (2018). & Manual of Diagnostic Test for Aquatic Animals. Acesso: <http://www.oie.int/international-standard-setting/aquatic-manual/access-online/>.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLIMM, D., PETER R. MINCHIN, P. R., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYNOS, P., HENRY, M., STEVENS, H., EDUARD Szoecs, E., WAGNER, H. (2019). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>; PARK, K., MOK, J. S., RYU, A. R., KWON, J. Y., HAM, I. T., SHIM, K. B., ... RYU, A. R. (2018). Occurrence and virulence of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seawater and bivalve shellfish of the Gyeongnam coast, Korea, in 2004–2016. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 382–387.
- PREGENZER, C. (1983). Survey of metazoan symbionts of *Mytilus edulis* (Mollusca: Pelecypoda) in Southern Australia. **Aust J Mar Freshw Res** 34: 387–396.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>;
- REGUERA, B., P. RIOBO, F. RODRIGUEZ, P. A. DIAZ, G. PIZARRO, B. PAZ, J. M. FRANCO and J. BLANCO (2014). Dinophysis toxins: causative organisms, distribution and fate in shellfish; *Mar Drugs* 12(1): 394-461.
- ROMALDE, J. L.; DIÉGUEZ, A. L.; LASAAND, A.; BALBOA, S. New *Vibrio* species associated to molluscan microbiota: a review. **Frontiers in Microbiology**, v.4, p.1- 11, 2014

- RUANO, F., 2008. Uma perspetiva sanitária do sector da moluscicultura em Portugal. In H. A.
- RUESINK, J.L., LENIHAN, H.S., TRIMBLE, A.C., HEIMAN, K.W., MICHELII, F., BYERS, J.E., KAY, M.C. (2005). Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. **Annu Rev Ecol Evol Syst** 36: 643–689
- SAKAR, DEEPAVAN (2008) Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York. IS BN 978-0-387-75968-5;
- SATO-OKOSHI, W.; SUGAWARA, Y.; NOMURA, T. Reproduction of the boring polychaete *Polydora variegata* inhabiting scallops in Abashiri Bay, North Japan. **Marine Biology**, v. 104, n. 1, p. 61-66, 1990.
- SATO-OKOSHI, W.; OKOSHI, K.; SHAW, J.. Polydorid species (Polychaeta: Spionidae) in southwestern Australian waters with special reference to *Polydora uncinata* and *Boccardia knoxi*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 3, p. 491-501, 2008.
- SCHWINDT, E.; IRIBARNE, O.O.; ISLA, F.I. Physical effects of an invading reef-building polychaete on an Argentinean estuarine environment. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 2004, 59, 109–120.
- SIEVERS, M.; To treat or not to treat: A quantitative review of the effect of biofouling and control methods in shellfish aquaculture to evaluate the necessity of removal. **Biofouling**, v. 33, n. 9, p. 755-767, 2017.
- SILVEIRA, D. R., C. MILAN, J. V. d. ROSA and C. D. TIMM (2016). Fatores de patogenicidade de *Vibrio* sp. de importância em doenças transmitidas por alimentos.; Arquivos do Instituto Biológico 83(0).
- SIMON, C. A.; SATO-OKOSHI, W. Polydorid polychaetes on farmed molluscs: distribution, spread and factors contributing to their success. **Aquaculture Environment Interactions**, v. 7, n. 2, p. 147-166, 2015.
- STRUCK, T. H. et al. Phylogenomic analyses unravel annelid evolution. **Nature**, v. 471, n. 7336, p. 95-98, 2011.
- TERAMOTO, W., SATO-OKOSHI W, ABE, H., NISHITANI, G., ENDO, Y. (2013) Morphology, 18S rRNA gene sequence and life history of a new *Polydora* species (Polychaeta:Spionidae) from northeastern Japan. **Aquat Biol** 18: 31–35.
- VENABLES, W. N., RIPLEY, B. D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0; VIÉITEZ, M. J.; ALÓS, C.; PARAPAR, J.; MOREIRA, J.; NÚÑEZ, J.; LABORDA, A.J.; MARTÍN, G.S. Annelida Polychaeta I. Madrid: Museo Nacional de Ciencias naturales, 2004. 530p
- VILLALBA, A., K. S. REECE, M. C. ORDÁS, S. M. CASAS and A. Figueras (2004).; Perkinsosis in molluscs: a review: **Aquatic Living Resources** 17(4): 411-432.
- WALKER, L. M. (2011). A review of the current status of the *Polydora*-complex (Polychaeta: Spionidae) in Australia and a checklist of recorded species. *Zootaxa*, 2751(1), 40-62.
- WICKHAM, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York;

YU, W. T., JONG, K. J., LIN, Y. R., TSAI, S. E., TEY, Y. H., and WONG, H. C. (2013). Prevalence of *Vibrio parahaemolyticus* in oyster and clam culturing environments in Taiwan. *Int. J. Food Microbiol.* 160, 185–192. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.11.002

ZHU, B.; FITZGERALD, D.G.; MAYER, C.M.; RUDSTAM, L.G.; MILLS, E.L. Alteration of ecosystem function by zebra mussels in Oneida lake: Impacts on submerged macrophytes. **Ecosystems** 2006, 9, 1017–1028.

MATERIAL SUPLEMENTAR:

Tabela Suplementar: Análise Simper comparando a média de anelídeos entre cada local de cultivo.

Espécies	Média Ilha Rasa	Média Ponta Oeste	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	21,766	3,233	0,659
<i>Alitta</i> sp.	5,766	2,566	0,861
<i>Nicolea</i> sp.	0,233	1,433	0,941
Espécies	Média Ilha Rasa	Média Medeiros	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	21,766	6,733	0,696
<i>Alitta</i> sp.	5,766	4,433	0,947
<i>Nicolea</i> sp.	0,233	0,3	0,974
Espécies	Média Ilha Rasa	Média Mangue Laranjeiras	Σ % Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	21,766	2,166	0,724
<i>Alitta</i> sp.	5,766	0,25	0,963
<i>Nicolea</i> sp.	0,233	0	0,981
Espécies	Média Ilha Rasa	Média Vila Fátima	Σ % Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	21,766	4,683	0,705
<i>Alitta</i> sp.	5,766	1,966	0,933
<i>N. oligohalina</i>	0,3	0,416	0,955
Espécies	Média Ilha Rasa	Média Poruquara	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	21,766	7,566	0,644
<i>Alitta</i> sp.	5,766	2,9	0,862
<i>Nicolea</i> sp.	0,233	2,233	0,968
Espécies	Média Ilha Rasa	Média Mangue Pinheiros	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	21,766	1,95	0,712
<i>Alitta</i> sp.	5,766	0,4	0,941
<i>P. vancaurica</i>	0	0,366	0,97
Espécies	Média Ponta Oeste	Média Medeiros	Σ % Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	3,233	6,733	0,487
<i>Alitta</i> sp.	2,566	4,433	0,798
<i>Nicolea</i> sp.	1,433	0,3	0,916
Espécies	Média Ponta Oeste	Média Mangue Laranjeiras	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	3,233	2,166	0,4
<i>Alitta</i> sp.	2,566	0,25	0,72
<i>Nicolea</i> sp.	1,433	0	0,889
Espécies	Média Ponta Oeste	Média Vila Fátima	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	3,233	4,683	0,424
<i>Alitta</i> sp.	2,566	1,966	0,706
<i>Nicolea</i> sp.	1,433	0	0,853
Espécies	Média Ponta Oeste	Média Poruquara	Σ %Cumulativa
<i>Polydora</i> sp.	3,233	7,566	0,474
<i>Alitta</i> sp.	2,566	2,9	0,717

Nicolea sp.	1,433	2,233	0,902
Espécies	Média Ponta Oeste	Média Mangue Pinheiros	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	3,233	1,95	0,391
Alitta sp.	2,566	0,4	0,692
Nicolea sp.	1,433	0	0,854
Espécies	Média Medeiros	Média Mangue Laranjeiras	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	6,733	2,166	0,514
Alitta sp.	4,433	0,25	0,944
Nicolea sp.	0,3	0	0,97
Espécies	Média Medeiros	Média Vila Fátima	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	6,733	4,683	0,556
Alitta sp.	4,433	1,966	0,904
P. vancaurica	0	0,4	0,929
Espécies	Média Medeiros	Média Poruquara	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	6,733	7,566	0,485
Alitta sp.	4,433	2,9	0,805
Nicolea sp.	0,3	2,233	0,954
Espécies	Média Medeiros	Média Mangue Pinheiros	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	6,733	1,95	0,526
Alitta sp.	4,433	0,4	0,92
P. vancaurica	0	0,366	0,954
Espécies	Média Mangue Laranjeiras	Média Vila Fátima	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	2,166	4,683	0,532
Alitta sp.	0,25	1,966	0,886
P. vancaurica	0,083	0,4	0,946
Espécies	Média Mangue Laranjeiras	Média Poruquara	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	2,166	7,566	0,545
Alitta sp.	0,25	2,9	0,787
Nicolea sp.	0	2,233	0,956
Espécies	Média Mangue Laranjeiras	Média Mangue Pinheiros	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	2,166	1,95	0,698
P. vancaurica	0,083	0,366	0,848
Alitta sp.	0,25	0,4	0,995
Espécies	Média Vila Fátima	Média Poruquara	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	4,683	7,566	0,537
Alitta sp.	1,966	2,9	0,775
Nicolea sp.	0	2,233	0,923
Espécies	Média Vila Fátima	Média Mangue Pinheiros	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	4,683	1,95	0,47
Alitta sp.	1,966	0,4	0,834
P. vancaurica	0,4	0,366	0,943
Espécies	Média Poruquara	Média Mangue Pinheiros	Σ %Cumulativa
Polydora sp.	7,566	1,95	0,555
Alitta sp.	2,9	0,4	0,777
Nicolea sp.	2,233	0	0,932

Legenda: Σ = Soma