



Comparação de substratos artificiais na redução de bioincrustantes em um cultivo de ostras no estuário amazônico

ANA VIRGÍLIA PEREIRA DO VALE ¹, WAGNER CÉSAR DOS SANTOS ^{2,3}, MARA RÚBIA FERREIRA BARROS ^{2,4}, RAFAEL ANAISCE DAS CHAGAS ^{4,5} & MARKO HERRMANN ²

¹ Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Avenida Perimetral, 2501, Terra Firme, CEP - 66077-830, Belém, PA, Brasil, anitabenaion@hotmail.com;

² Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Avenida Perimetral, 2501, Terra Firme, CEP - 66077-830, Belém, PA, Brasil, wagpesca@yahoo.com.br, eng.p.marabarros@gmail.com, marko@benthos.eu;

³ Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Norte, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Montese, CEP - 66077-530, Belém, PA, Brasil;

⁴ Museu de Zoologia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Avenida Perimetral, 2501, Terra Firme, CEP - 66077-830, Belém, PA, Brasil;

⁵ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - UFPA, Rua Augusto Corrêa, Guamá, CEP - 66075-110, Belém, PA, Brasil, rafaelanaisce@hotmail.com;

Submetido em: 25/10/2019; Aceito em: 31/03/2020; Publicado em: 14/04/2020

Resumo. Objetivou-se avaliar o uso de três substratos artificiais (fibrocimento, tela plástica e borracha) como medida mitigatória na diminuição de bioincrustações no cultivo de ostras. Efetuou-se o experimento de colonização no rio Urindeua, estuário amazônico, entre outubro/2013 e março/2014. Encontrou-se 21.638 indivíduos e nove espécies, sendo *Amphibalanus amphitrite* e *Mytella charruana* os principais incrustantes. A curva de acumulação apresenta 85% da comunidade descrita. Os substratos de borracha e fibrocimento apresentaram a maior abundância e riqueza. A análise de CLUSTER e nMDS indicam a sazonalidade, tipo de substrato e profundidade os principais fatores ao agrupamento. A PCA explicou uma variação na comunidade determinada pelo tipo de substrato e a profundidade disposta. ANOSIM indicaram pouca diferença na composição entre os substratos fibrocimento e a borracha, com ambos apresentando boas diferenças quando comparados com a tela plástica. Além disso, a análise de SIMPER destaca *A. amphitrite* com a maior contribuição. Concluiu-se que os substratos fibrocimento e a borracha apresentam-se como os substratos mais indicados como “anti-fouling”.

Palavras-chave: bentos, bioincrustação, ostreicultura.

Abstract. Comparison of artificial substrates in reducing of biofouling in oyster farming in the amazon estuary. The objective of this study was to evaluate the use of three artificial substrates (fiber cement, plastic screen and rubber) as a mitigating measure in the reduction of biofouling in oyster culture. The colonization experiment was

carried out in the Urindeua River, in the Amazonian estuary between Oct/2013 and Mar/2014. There were 21,638 individuals and nine species, being *Amphibalanus amphitrite* and *Mytella charruana* the main fouling. The accumulation curve presents 85% of the described community. The rubber and fiber cement substrates presented the greatest abundance and diversity, respectively. CLUSTER and nMDS indicate the seasonality, type of substrate and depth the main factors to the grouping. The PCA explained a variation in the community determined by the type of substrate and the depth willing. ANOSIM indicated little difference in the macrobenthic composition between the fibrocement and rubber substrates. In addition, the SIMPER analysis highlights *A. amphitrite* with the greatest contribution to the community. It is concluded that the substrates composed of fiber cement and rubber present the most indicated substrates as "anti-fouling".

Keywords: benthos, biofouling, oyster farming.

Introdução

Estuários são ecossistemas de transição continente-oceano que possuem alta produtividade biológica, servindo como áreas de alimentação e/ou de reprodução de muitas espécies (Wolff, 1973, Bernardino *et al.*, 2015, Gerling *et al.*, 2016). A dinâmica físico-química estuarina exerce inúmeras interações entre as variáveis biológicas, meteorológicas e oceanográficas que determinam a estrutura e composição das comunidades bentônicas em diferentes escalas espaciais (e.g. local, regional e global) e temporais (e.g. diária, sazonal e anual) (Bernardino *et al.*, 2015). Tais organismos desempenham um importante papel ecológico (e.g., decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes) em ambiente estuarino (Nybakken & Bertness, 2004, Calazans, 2011, Lacoste & Gaertner-Mazouni, 2014).

Em consequência da importância ecológica da comunidade bentônica, diversas linhas de pesquisas se desenvolvem desde a década de 1970 (Fernandes *et al.*, 2010). Dentre os estudos realizados, destacam-se aqueles que descrevem a dinâmica espaço-temporal no processo de colonização e a estrutura da comunidade em ambientes naturais e artificiais (Carvalho & Uieda, 2004, Nery *et al.*, 2008, Souza *et al.*, 2008, Fernandes *et al.*, 2010, Pereira *et al.*, 2010, Braga *et al.*, 2013, Guerra-Castro & Cruz-Motta, 2014, Wetzel *et al.*, 2014, Bernardino *et al.*, 2015, Oliveira & Manso, 2016, Chagas *et al.*, 2018).

Experimentos de colonização bentônica

possibilitam identificar a fauna de invertebrados de uma região, como também propiciam análises das mudanças que ocorrem na composição da comunidade ao longo do tempo (Carvalho & Uieda, 2004). Entretanto, o tipo de substrato define a estrutura do habitat e da comunidade e, conseqüentemente, a composição bentônica, que pode variar significativamente entre superfícies naturais e artificiais (Connell & Glasby, 1998, Fitridge *et al.*, 2012, Lacoste & Gaertner-Mazouni, 2014). Por isso, a qualidade dos dados obtidos através da amostragem determina o nível dos resultados alcançados pelo trabalho (Calazans, 2011). Neste sentido, os substratos artificiais são ferramentas amplamente utilizadas em estudos de caracterização bentônica em locais que impedem o uso de técnicas e equipamentos de amostragem tradicionais (Souza *et al.*, 2008, Pereira *et al.*, 2010).

Atualmente, o interesse por medidas de redução da fauna incrustante é essencial na malacocultura (Sievers *et al.*, 2013, Sievers *et al.*, 2014), principalmente, pela competição interespecífica por espaço e alimento, o que prejudica o desenvolvimento das espécies cultivadas (Adams *et al.*, 2011, Fitridge *et al.*, 2012, Sievers *et al.*, 2013, Lacoste & Gaertner-Mazouni, 2014). Locais onde organismos prejudiciais colonizam ostras devem ser evitados ou monitorados, devido ao consumo de recursos e tempo na tentativa de combatê-los ou prevenir sua ocorrência, aumentando os custos de produção (Chellam, 1991, Sievers *et al.*, 2014, Chagas & Herrmann, 2016a). Os estudos

mais influentes com esse objetivo de reduzir incrustação biológica são baseados em resultados obtidos a partir de experimentos com habitats artificiais (Guerra-Castro & Cruz-Motta, 2014).

Wetzel *et al.* (2014) citam que atualmente os substratos artificiais são mundialmente onipresentes nos estuários, sendo consequentemente colonizados pela fauna bentônica. Nesse contexto, apresentam-se como ferramenta indispensável no monitoramento aquático, avaliando o grau de degradação ambiental, conservação de espécies ameaçadas e a bioinvasão (Souza *et al.*, 2008, Wetzel *et al.*, 2014). Entretanto, para a utilização de um determinado substrato é importante avaliar sua eficiência na colonização bentônica (Carvalho & Uieda, 2004).

Estudos acerca da colonização em substrato artificial em área estuarina não são difundidos no litoral amazônico. Os estudos existentes, abordam a colonização em substrato natu-

ral (e.g., superfície das ostras) (Chagas *et al.*, 2018) e em substratos inconsolidados (Beasley *et al.*, 2005, Rosa-Filho *et al.*, 2006, Braga *et al.*, 2011, Braga *et al.*, 2013, Barros, 2017). Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo comparar a colonização de três substratos artificiais (fibrocimento, tela plástica e borracha) na diminuição de bioincrustações no cultivo de ostras no estuário amazônico.

Materiais e métodos

Área de estudo

O presente estudo ocorreu nas estruturas do cultivo de ostras da Associação de Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ), da Vila de Santo Antônio de Urindeua, localizado às margens do rio Urindeua (0°41'50.39"S, 47°22'12.45"O), município de Salinópolis, estado do Pará, região amazônica, Norte do Brasil (Figura 1). Na ASAPAQ, o sistema de cultivo utilizado é do tipo mesa fixa, utilizando traves-

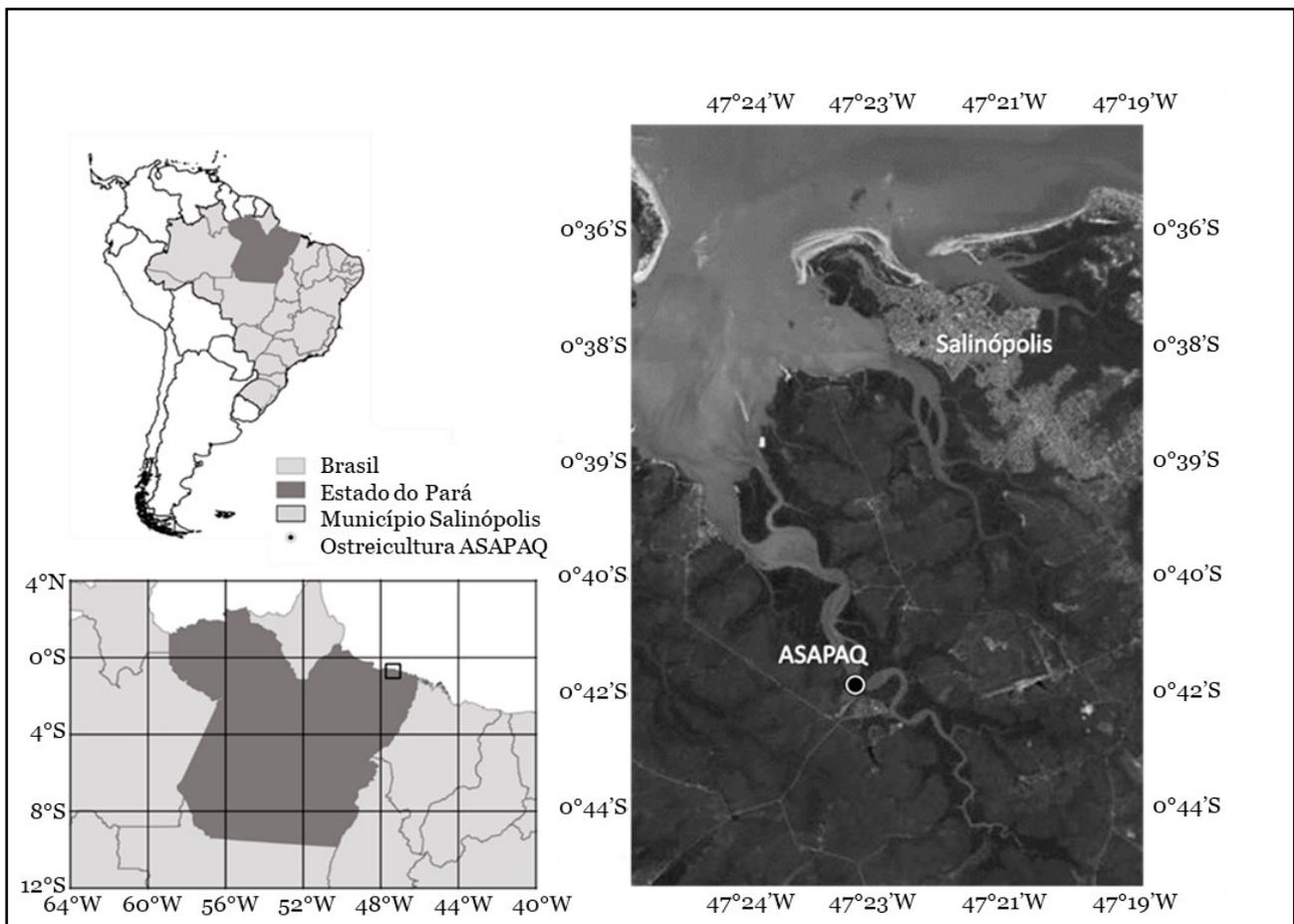


Figura 1. Localização da ostreicultura da ASAPAQ no rio Urindeua, situado no município de Salinópolis, onde inseriu-se os substratos artificiais. Fonte: adaptado de Chagas *et al.* (2018).

seiros e lanternas.

Na ASAPAQ cultiva-se a espécie *Crassostrea tulipa* (Lamarck, 1819) – nome atualizado da ostra *Crassostrea gasar* (Deshayes, 1830) – conhecida vulgarmente por ostra-do-mangue. A taxonomia da espécie *C. tulipa* foi reconhecida a partir de análise genética dos exemplares em banco natural (Varela *et al.*, 2007, Melo *et al.*, 2010, Melo *et al.*, 2013, Baldez *et al.*, 2016). Devido à ineficiência produtiva dessa ostra nativa do rio Urindeua, os ostreicultores buscam sementes nas comunidades Lauro Sodré e Nazaré do Mocajuba, situadas no município Curuçá (Chagas, 2016).

De acordo com os ostreicultores, os organismos incrustantes são uma das principais preocupações durante um ciclo de cultivo, o que eventualmente pode causar prejuízos econômicos (Fitridge *et al.*, 2012, Lacoste & Gaertner-Mazouni, 2014).

Procedimento em campo

O experimento com a colonização bentônica em substratos artificiais ocorreu entre agosto de 2013 e março de 2014, com a implantação do experimento ocorrendo no primeiro mês e três coletas (out/13, dez/13 e mar/14) subsequentemente. Para o experimento escolheu-se previamente materiais nos quais sua superfície possibilitasse a colonização bentônica, para tanto baseou-se em Nery *et al.* (2008). Os substratos artificiais (Figura 2) utilizados

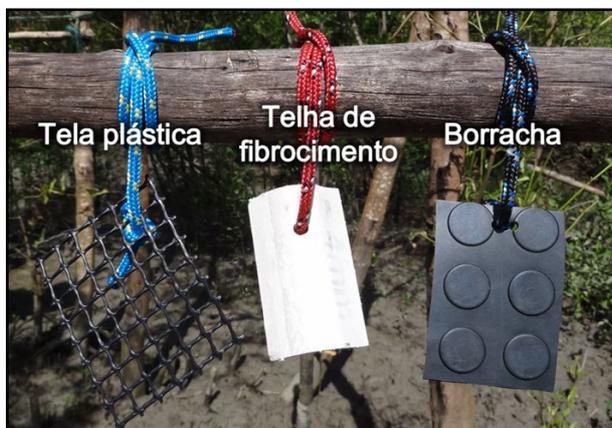


Figura 2: Substratos artificiais utilizados no experimento de colonização bentônica no rio Urindeua.

foram: tela plástica, telha fibrocimento e borracha, ambas com dimensões de 7x10 cm e fixadas nas estruturas do cultivo de ostras da ASAPAQ com cordas de nylon.

O uso do substrato confeccionado por tela plástica justifica-se por ser material utilizado na confecção dos apetrechos (lanternas e travesseiros) utilizados no próprio cultivo. Deste modo, a utilização deste substrato e em comparação aos outros dois utilizados, possibilita a inferência na escolha do substrato que deve ser utilizado com a finalidade de mitigar a bioincrustação nas estruturas do cultivo (mesas e apetrechos). Os outros dois substratos foram escolhidos devido a presença de materiais similares na região, tais como: sandálias e pneus (substrato de borracha) e fragmentos de telha de amianto ou substratos rochosos (substrato de amianto).

Ao todo inseriu-se inicialmente 18 placas (seis de cada material) dispostas em quantidades iguais em duas profundidades: próximas à amplitude máxima durante a maré-alta e a uma profundidade de 1,5 metros, fixadas no trapiche e nas estruturas do cultivo de ostras, respectivamente.

A primeira coleta ocorreu no mês de out/13, retirando-se todas as placas e inserido o mesmo número de placas novas, sendo efetuado esse processo nas amostragens subsequentes. Em cada amostragem, codificou-se os substratos, emergiu-se em etanol 70 % e transportou-se ao laboratório de Ecologia Bentônica Tropical para a identificação taxonômica e quantificação biótica.

A cada coleta, mediu-se a temperatura superficial da água (TSA) e a salinidade, utilizando-se, respectivamente, um termômetro de emersão digital e um refratômetro manual. Ressalta-se que as amostragens efetuadas correspondem aos períodos seco (out/13), transição seco-chuvoso (dez/13) e chuvoso (mar/14).

Procedimento em laboratório

Em laboratório, efetuou-se a triagem, identificação e quantificação biótica da comunidade bentônica fixada nos substratos artifici-

ais. As identificações taxonômicas seguiram literatura específica para cada táxon, tais como: moluscos bivalves e gastrópodes (Abbott & Morris, 1995, Leal, 2002a, 2002b, Rios, 2009), invertebrados gerais (Amaral *et al.*, 2006), crustáceos (Melo, 1996) cnidários (Dias *et al.*, 2007) e poliquetas (Amaral & Nonato, 1981, Amaral & Nonato, 1996, Santos & Lana, 2001). Além disso, para a identificação taxonômica, utilizou-se espécimes depositados no Museu de Zoologia da Universidade Federal Rural da Amazônia (MZUFRA), correspondente a composição bentônica associada a superfície da ostra cultivada em um estudo de Chagas (2016), realizado no mesmo local.

Análise dos dados

A composição da comunidade foi descrita através de índices ecológicos, tais como: constância, abundância relativa, riqueza de Margalef (Margalef, 1984), diversidade de Shannon (Shannon, 1948), equitabilidade de Pielou (Pielou, 1975) e índice de Simpson (Krebs, 1978).

Para avaliar a eficiência das amostragens acerca da caracterização da comunidade bentônica em relação ao esforço amostral efetuado determinou-se as curvas de acumulação de espécies, que demonstram através de expressões gráficas o número acumulado de espécies registradas em função do esforço amostral (Barros, 2017).

Para caracterização da estrutura da comunidade, os dados foram transformados por Bray-Curtis, para a utilização nas análises de similaridade entre os substratos utilizados (Bray & Curtis, 1957). Ao considerar a possível similaridade entre a abundância dos grupos entre substratos e fatores abióticos, utilizou-se análises multivariadas (Field *et al.*, 1982, Clarke, 1993, Clarke & Ainsworth, 1993, Clarke & Warwick, 2001), tais como: CLUSTER (análise de agrupamento hierárquico), nMDS (análise de escalonamento não métrico multidimensional), PCA (análise de componentes principais), ANOSIM (análise de similaridade não-paramétrica), e SIMPER (análise de similaridade

de percentual). Utilizou-se as análises multivariadas a fim de evidenciar diferenças na composição e estrutura da comunidade entre os substratos artificiais e os fatores abióticos (salinidade, temperatura e sazonalidade) e deste modo inferir qual substrato pode ser utilizado como “anti-fouling” no cultivo.

Para as análises estatísticas utilizou-se os softwares *Palaeontological statistics* - PAST, versão 3.13 (Hammer, 2018) e PRIMER, versão 6.1.18 (Clarke & Gorley, 2006, PRIMER, 2009).

Resultados e discussão

A temperatura superficial da água apresentou-se $29,7 \pm 0,7^\circ\text{C}$ (média \pm DP), com mínima de 29°C (mar/2014) e máxima de $30,5^\circ\text{C}$ (dez/2013) e salinidade $30,3 \pm 5,0$, com mínima de 25 (mar/2014) e máxima de 35 (dez/2013). Tais condições estão de acordo com o período sazonal amazônico, com a estação chuvosa, compreendendo os meses de dezembro a maio, e estação menos chuvosa (estação seca) correspondente ao período de junho a novembro (Moraes *et al.*, 2005).

A composição bentônica associada aos substratos artificiais foi representada por quatro grandes táxons (Mollusca, Annelida, Arthropoda e Cnidaria), divididos em cinco classes (Bivalvia, Gastropoda, Hexanauplia, Malacostraca e Anthozoa) e um total de nove espécies, correspondendo a 21.638 indivíduos. Em dados brutos da comunidade, o mês de outubro de 2013 apresentou a maior abundância (11.498 indivíduos) e maior riqueza (sete espécies) (Tabela 1).

Numericamente há diferenças na abundância e riqueza entre os substratos artificiais, evidenciando-se a maior abundância no substrato de borracha, entretanto a maior riqueza foi encontrada na telha de fibrocimento. Tal superioridade na composição provavelmente ocorreu devido à maior área de fixação dos organismos (Figura 3).

A constância (C) (fator profundidade: superfície) classificou apenas a craca *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854) como espécie

Tabela 1. Composição macrobêntica associada aos substratos artificiais no rio Urindeua. Apresenta-se dados da composição nos substratos: telha de fibrocimento (F), borracha (B) e tela plástica (T).

Taxa	Outubro de 2013						Dezembro de 2013						Março de 2014						Total		
	Superfície		Profundidade		Superfície		Profundidade		Superfície		Profundidade		Superfície		Profundidade		F	B	T		
	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T					
Mollusca																					
Bivalvia																					
<i>Sphenia fragilis</i>				12											1				13		
<i>Mytella charruana</i>			1208	542	361	46		30	10	3				38		56	1322	552	420		
<i>Crassostrea tulipa</i>			2			25		1	1	1						28	1	1	1		
Gastropoda																					
<i>Parvanachis obesa</i>			3	2														3	2		
Annelida																					
<i>Namalycastis abiuma</i>	1		2		1	1				1									5		
<i>Perinereis ponteni</i>			2		1					3			1						6		
Arthropoda																					
Hexanauplia																					
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	2842	2718	18	1331	2433	14	818	1775	87	1907	1764	670	439	99	69	606	1587	87	7943		
Malacostraca																					
<i>Acantholobulus bermudensis</i>			15	4														15	4		
Cnidaria																					
Anthozoa																					
<i>Bunodosoma cangicum</i>																			1		

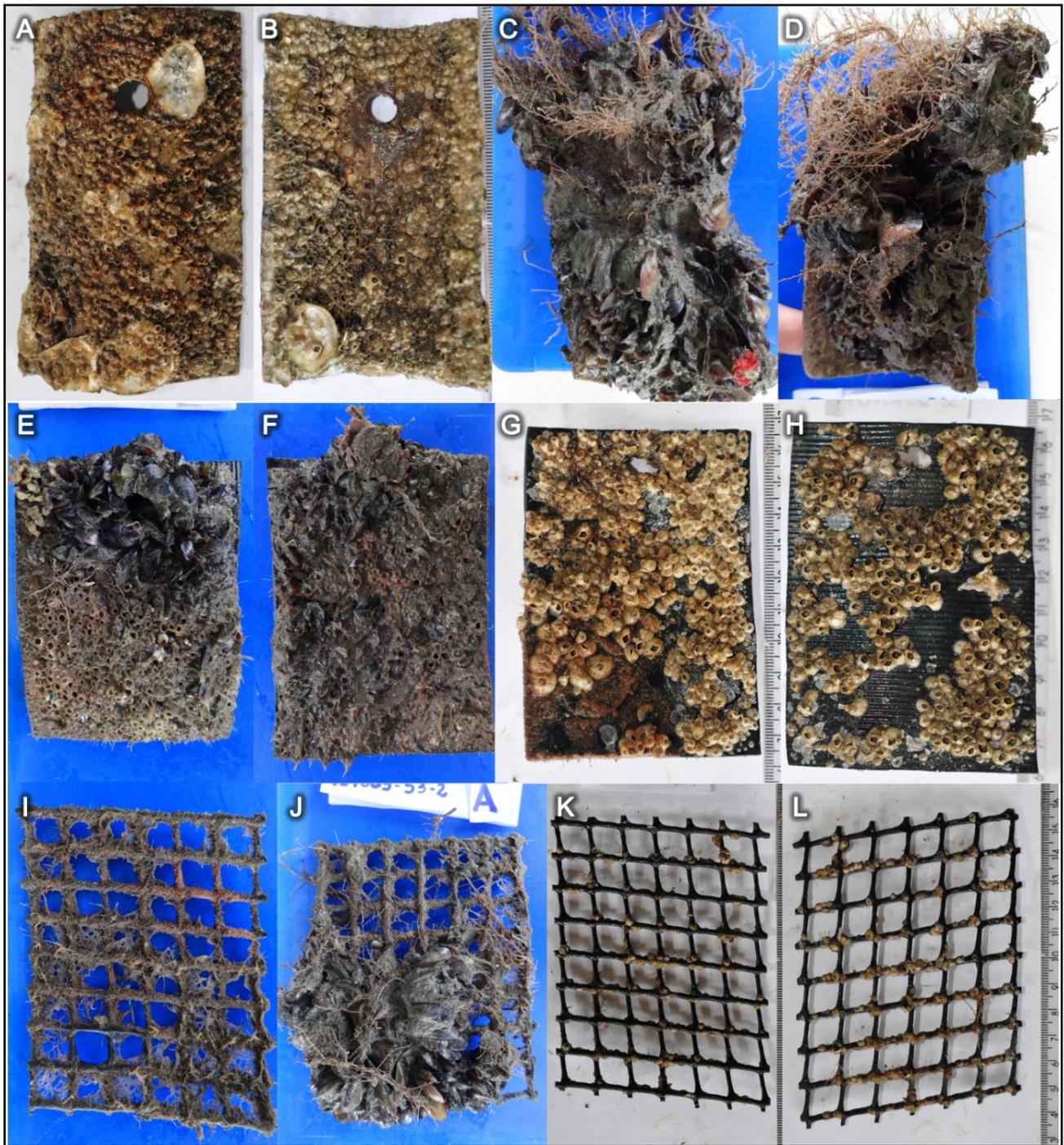


Figura 3. Superfícies dos substratos artificiais utilizados no experimento após amostragem. Indica-se a visualização da região frontal (a esquerda) e posterior (a direita) da telha de fibrocimento (A-D), borracha, (E-H) e tela plástica (I-L), apresentando a colonização na profundidade próxima a superfície (A, B, E, F, I e J) e em profundidade (C, D, G, H, K e L).

constante e as demais espécies acidentais. Entretanto a C (fator profundidade: 1,5 m) classificou como espécies constantes a *A. amphitrite* e o mexilhão *Mytella charruana* (d'Orbigny, 1842), como espécies acessórias a ostra *C. tulipa* e a poliqueta *Perinereis ponteni* Kinberg, 1866, e as demais como espécies acidentais.

A C (fator substrato: telha de fibrocimento) apresentou mais de 80 % das espécies presentes classificadas como espécies constantes, dentre elas estão: a craca *A. amphitrite*, *M. charruana*, as poliquetas *Namalycastis abiuma* (Grube, 1872) e *P. ponteni* e a ostra *C. tulipa*. O bivalve *Caryocorbula swiftiana*

(C. B. Adams, 1852) foi classificado como espécie acessória e as demais como espécies acidentais. A C (fator substrato: borracha) apresentou *A. amphitrite* como espécie constante, *M. charruana* como espécie acessória e as demais como espécies acidentais. A C (fator substrato: tela plástica) apresentou apenas quatro espécies, sendo *A. amphitrite* e *M. charruana* classificadas como espécies constantes e a ostra *C. tulipa* e a poliqueta *P. ponteni* como espécies acidentais.

A *Ab* (fator mensal) destaca a craca *A. amphitrite* com *Ab* > 95 % em todos os meses amostrados. O domínio mensal de *A. amphitrite* refletiu nos outros fatores onde analisou a *Ab*, sendo assim a *Ab* (fator profundidade), *A. amphitrite* contribuiu com mais de 99 % da composição bentônica nos substratos artificiais dispostos próximos à superfície e mais de 80 % em profundidade. Ressalta-se que em profundidade aumentou a *Ab* do mexilhão *M. charruana*. Analisando separadamente a *Ab* da comunidade bentônica em cada substrato artificial utilizado, assim como na *Ab* (mensal) e *Ab* (em profundidade) é possível evidenciar o domínio de *A. amphitrite*, entretanto destaca-se a presença do mexilhão

M. charruana como segunda espécie mais abundante, principalmente no substrato em tela, verificando uma *Ab* ~ 30 %.

Dos meses amostrados, evidencia-se uma oscilação da quantidade de espécies encontradas nos substratos dispostos próximos à superfície. No geral, a quantidade de espécies encontrada nos substratos artificiais no rio Urindeua é baixa (nove spp.), se compararmos aos resultados de Chagas *et al.* (2018) em seu estudo sobre o *biofouling* no cultivo da ostra *C. tulipa* (37 spp.) no mesmo local. No entanto, Chagas *et al.* (2018) fez uma amostragem a mais, em julho, que pode influenciar na diferença dos resultados. Neves & Valentin (2011) citam em sua revisão bibliográfica que os estudos sobre a composição bentônica em estuários na região Norte apresentam em média 44 espécies.

Verifica-se que tanto em superfície quanto em profundidade, a *Ab* apresenta-se decrescente ao longo dos meses, entretanto é visível a maior *Ab* nos substratos dispostos em profundidade (Figura 4A). A *Ab* deste estudo diverge em nível taxonômico dos resultados encontrados por Chagas & Herrmann (2016b),

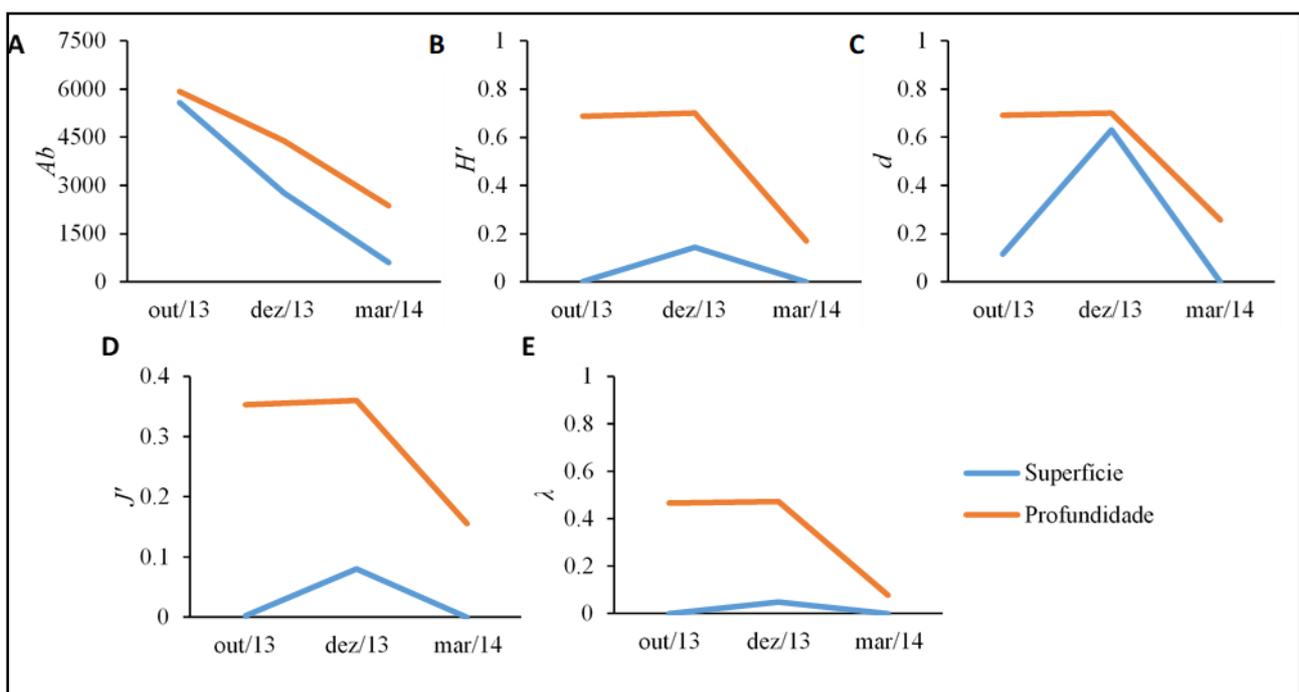


Figura 4. Variação mensal dos indicadores ecológicos da comunidade bentônica associada aos substratos artificiais no rio Urindeua. Apresenta-se gráficos de abundância (A), índice de diversidade de Shannon (B), riqueza de Margalef (C), equitabilidade de Pielou (D) e índice de Simpson (E).

pois esses autores apresentam a maior abundância do mexilhão *M. charruana* em seu estudo no rio Urindeua, já nos resultados do presente estudo evidencia-se a maior abundância de *A. amphitrite*.

De acordo com os valores do índice de diversidade de H' , a comunidade bentônica associada aos substratos artificiais apresenta diversidade muito baixa nas duas profundidades (Figura 4B). Os valores de H' encontrados na comunidade bentônica associada aos substratos artificiais estão bem abaixo do estimado em outras regiões paraenses, H' entre 1,25 e 2,29 (Braga *et al.*, 2013, Barros, 2017). Entretanto, os valores de H' encontrados nesse estudo são equivalentes ao citado por Chagas (2016) (H' entre 0,13 e 1,19) na determinação da diversidade H' do *biofouling* associado a ostras cultivadas no rio Urindeua.

De acordo com os valores mensais de d , verifica-se uma baixa diversidade na comunidade bentônica associada aos substratos artificiais (Figura 4C). Essa baixa diversidade também foi encontrada por Chagas (2016) no período de transição chuvoso-seco ($d = 0,24$ e $d = 0,79$), entretanto esse mesmo autor encontrou valores superiores nos períodos seco ($d = 1,14$) e de transição seco-chuvoso

($d = 1,97$). Esse maior valor de d também foi encontrado por Barros (2017) ($d = 2,97$), no litoral bragantino.

De acordo com a escala de J' a comunidade bentônica apresenta baixa equitabilidade (Figura 4D). Chagas (2016) também evidenciou essa baixa equitabilidade no período de transição chuvoso-seco ($J' = 0,17$ e $J' = 0,31$) e valores superiores nos períodos seco ($J' = 0,52$) e de transição seco-chuvoso ($J' = 0,60$). Barros (2017) também evidenciou alto valor de J' no litoral bragantino ($J' = 0,78$). Os valores de λ indicam que, nos meses outubro e dezembro de 2013, os substratos dispostos em profundidade apresentam maior probabilidade dos indivíduos serem da mesma espécie (Figura 4E).

As curvas de acumulação de espécies (Figura 5) mostram que as réplicas amostradas foram suficientes para descrever ao menos 85 % das espécies a partir do 10º substrato artificial amostrado. A curva de acumulação de espécies é uma expressão da diversidade de espécies numa comunidade (Batista & Schilling, 2006), deste modo, Chao 1 apresentou-se como melhor método a descrever a diversidade bentônica (Clarke & Warwick, 2001).

Efetuuou-se análise de CLUSTER de todas as formas possíveis relacionando os fatores

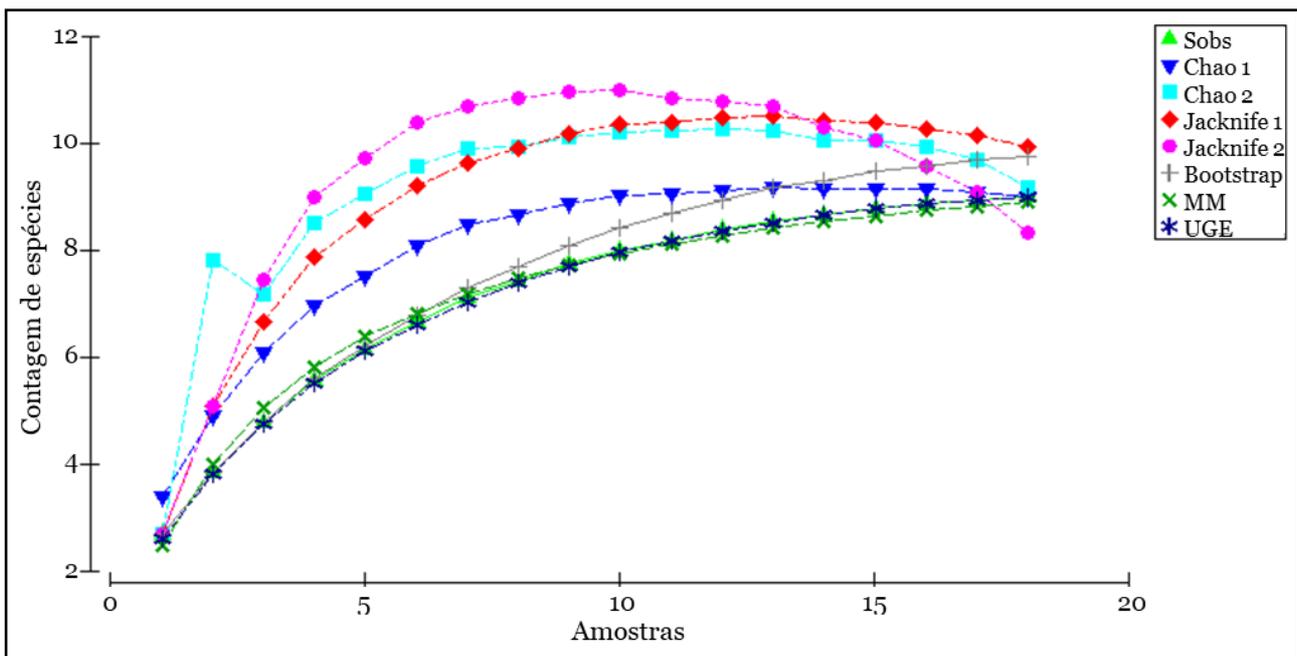


Figura 5. Curva de acumulação de espécies com base no número de substratos artificiais amostrados

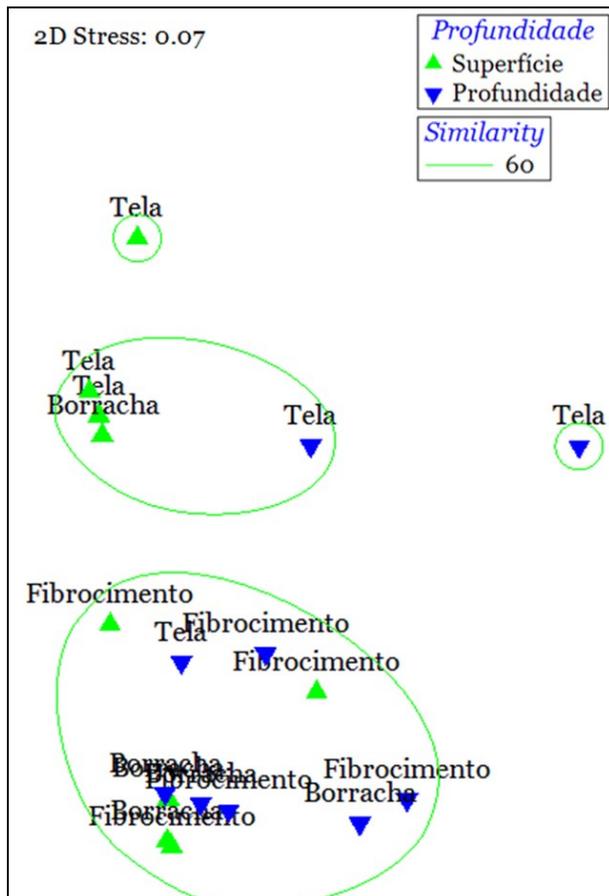


Figura 7. Disposição bidimensional a partir de nMDS dos substratos artificiais indicando a sazonalidade das amostras.

apresentam boas diferenças quando comparados com o substrato de tela plástica, com $R=0,45$ e $R=0,44$, respectivamente. A comparação entre a composição bentônica entre os locais onde foram dispostos os substratos apresenta pequenas diferenças ($R=0,13$), ou seja, não apresenta diversidades distintas.

Por tratar-se de apenas uma amostragem, a análise de SIMPER dos fatores salinidade, sazonalidade e temperatura apresentam-se similares. Neste caso, em cada mês amostrado, a craca *A. amphitrite* contribuiu com mais de 80 %, com similaridades médias de 41,90 (out/13), 64,27 (dez/13) e 58,32 (mar/14). Quando se compara os meses amostrados, as maiores contribuições são de *A. amphitrite* (> 60 %), entretanto, o mexilhão *M. charruana* aparece com contribuição de 13 a 30 %. A análise de SIMPER sobre os tipos de substratos destaca *A. amphitrite* com mais de 90 % de contribuição à comunidade em cada substrato,

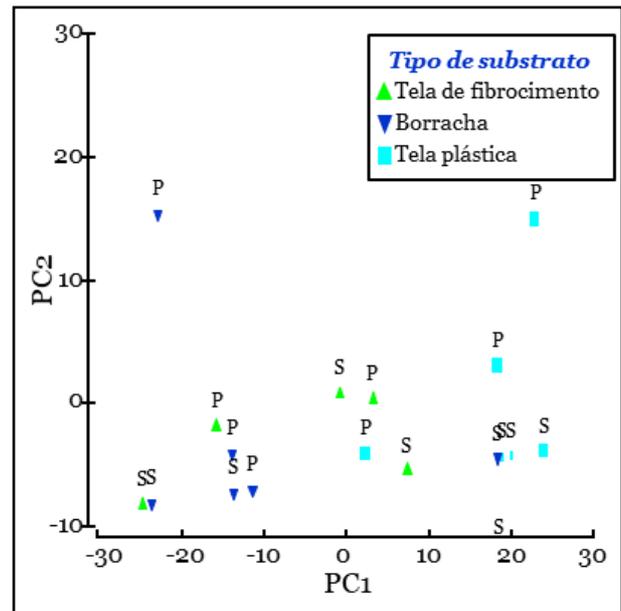


Figura 8. Ordenação de PCA por tipo de substrato artificial e o local de coleta na coluna d’água (S: superfície; P: profundidade) dispostos no rio Urindeua. PC1 e PC2 explicam 75,5% e 23,8% de variação, respectivamente.

e quando compara-se a contribuição entre tipos de substratos, novamente destacam-se *A. amphitrite* e *M. charruana*, com contribuições de 57 a 80 % e 17,77 a 28,27 %, respectivamente. Como previsto, devido aos resultados anteriores de SIMPER, destaca-se a contribuição de *A. amphitrite* ao comparar o local onde dispôs os substratos na coluna d’água, com 99,89 % de contribuição nos substratos próximos à superfície e 80,20 % nos substratos dispostos em profundidade. Neste último, ressalta-se a contribuição de 18,63 % do mexilhão *M. charruana*. Ao comparar-se a contribuição das espécies entre o local onde dispôs-se os substratos na coluna d’água, *A. amphitrite* e *M. charruana* apresentam contribuição de 92,08 %, com contribuições de 60,87 e 31,21 %, respectivamente.

A maior abundância e diversidade de moluscos e artrópodes em substratos artificiais, também foi evidenciado por Oliveira & Manso (2016) na Praia do Mosqueiro, Sergipe. Esses autores sugerem que essa situação ocorre, pois, tais organismos desenvolvem estratégias de adaptação às condições locais.

A maior abundância de cracas, seguida

por um bivalve, também foi evidenciada por Oliveira & Manso (2016), evidenciando *Tetraclytia stalactifera* (Lamarck, 1818) e *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819), e Nery *et al.* (2008), com *Chthamalus* sp. e *Mytilopsis leucophaeta* (Conrad, 1831), na Praia do Mosqueiro (Sergipe) e Porto do Recife (Pernambuco), ambos na região Nordeste do Brasil. A competição entre cracas e mexilhões é espacial, sendo este o fator limitante, no qual frequentemente uma espécie domina ou exclui o desenvolvimento da outra (Nery *et al.*, 2008). Entretanto, os mexilhões apresentam preferência por superfícies de maiores rugosidades e porosidades, ou seja, quando o substrato não é propício, sua fixação em substratos ocorre de forma secundária na maioria dos substratos (Bergmann *et al.*, 2010). Este fato explica a maior abundância de *A. amphitrite* neste estudo, pois devido à inserção mensal de novos substratos artificiais, o período de amostragem favoreceu a colonização de cracas, diminuindo a fixação de *M. charruana*.

Os substratos consolidados localizados em regiões de planícies de maré são caracterizados por mudanças rápidas das condições ambientais (Oliveira & Manso, 2016). Esses ambientes são influenciados por inúmeros fatores, tais como salinidade, temperatura, disponibilidade de alimentos outros fatores físicos e químicos da água são também considerados no desenvolvimento de uma comunidade incrustante (Fernandes *et al.*, 2010, Pereira *et al.*, 2010, Neves & Valentin, 2011, Guerra-Castro & Cruz-Motta, 2014, Wetzal *et al.*, 2014, Chagas, 2016). Além disso, a proximidade do substrato artificial com o sedimento deve ser considerada como um fator determinante na maior riqueza e abundância das espécies (Fernandes *et al.*, 2010), assim como verificou-se neste estudo.

Neste sentido, recomenda-se os substratos confeccionados por telha de fibrocimento e a borracha como medida mitigatória na diminuição de bioincrustação no cultivo, pois devido ao provável direcionamento das larvas de cracas e de mexilhões a esses substratos, conseqüentemente, ocorre a diminuição da fixação de incrustantes nos apetrechos e estruturas do cultivo.

Conclusões

A maior riqueza e abundância de espécies ocorreu nos substratos dispostos em profundidade. Os substratos telha de fibrocimento e a borracha apresentaram a maior diversidade e abundância, principalmente pela craca *A. amphitrite* e o mexilhão *M. charruana*.

Dentre os substratos utilizados, a telha de fibrocimento e a borracha podem ser utilizados como materiais “anti-fouling” no cultivo, direcionando as larvas de cracas e de mexilhões a esses substratos e, conseqüentemente, uma diminuição da fixação de incrustantes nos apetrechos e estruturas do cultivo. No entanto, ressalta-se que esses substratos devem ser substituídos (ou limpos) com frequência, pois os principais incrustantes encontrados apresentam um rápido desenvolvimento e dispersão de larvas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Associação dos Agricultores, Pecuaristas e Aquicultores (ASAPAQ) da Vila de Santo Antônio de Urindeua, em destaque a Dona Maria, presidente em exercício, pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa conferida aos autores para a realização desta pesquisa. A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, pelo apoio logístico na cessão do transporte ao deslocamento dos autores ao local da pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ABBOTT, R. T. & MORRIS, P. A. 1995 *A field guide to shells: Atlantic and Gulf Coasts and the West Indies*. Houghton Mifflin Harcourt. 424p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/48377205_A_Field_Guide_to_Shells_Atlantic_and_Gulf_Coasts_and_the_West_Indies. Acesso em: out. 2019.

- ADAMS, C. M., SHUMWAY, S. E., WHITLATCH, R. B. & GETCHIS, T. 2011. Biofouling in Marine Molluscan Shellfish Aquaculture: A Survey Assessing the Business and Economic Implications of Mitigation. *J. World Aquacult. Soc.*, 42 (2): 242-52. 2 DOI: [10.1111/j.1749-7345.2011.00460.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00460.x)
- AMARAL, A. C. Z. & NONATO, E. F. 1981. Anelídeos poliquetos da costa brasileira: Chave para famílias e glossário. Brasília, CNPq. 39p. Disponível em: http://www.ib.unicamp.br/museu_zoologia/sites/www.ib.unicamp.br/museu_zoologia/files/Caracter%C3%ADsticas%20e%20chave%20para%20fam%C3%ADlia.pdf. Acesso em: out. 2019
- AMARAL, A. C. Z. & NONATO, E. F. 1996. Annelida Polychaeta: características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. Campinas, Editora da UNICAMP, 118p. Disponível em: http://www.ib.unicamp.br/museu_zoologia/sites/www.ib.unicamp.br/museu_zoologia/files/Annelida%20Polychaeta_caracteristicas%20glossario%20e%20chaves.pdf. Acesso em: out. 2019.
- AMARAL, A. C. Z., RIZZO, A. E. & ARRUDA, E. P. 2006. Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 288p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305824146_Manual_de_Identificacao_dos_Invertebrados_Marinhos_da_Regiao_Sudeste-Sul_do_Brasil_Volume_1. Acesso em: out. 2019.
- BALDEZ, R. S. C., MELO, M. A. D., SAMPAIO, I. & TAGLIARO, C. H. 2016. Novel microsatellite markers for Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea gasar*) and their cross-amplification in *Crassostrea rhizophorae*. *Braz. Arch. Biol. Techn.*, 59: e16160071.
- BARROS, M. R. F. 2017. Variações temporais na estrutura e composição do macrozoobentos de uma zona estuarina na Baía do Caeté, Norte do Brasil. Belém. 80 p. (Monografia de Bacharelado em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural da Amazônia).
- BATISTA, J. L. F. & SCHILLING, A. C. 2006. Um algoritmo matricial para construção da “curva de acumulação de espécies”. *Metrvm*, 3: 1-12. <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/execute.php?media=publico:metrvm:metrvm-2006-n03.pdf>
- BEASLEY, C. R., FERNANDES, C. M., GOMES, C. P., BRITO, B. A., SANTOS, S. M. L. & TAGLIARO, C. H. 2005. Molluscan diversity and abundance among coastal habitats on northern Brazil. *Ecotropica*, 11: 9-20.
- BERGMANN, C. P., MANSUR, M. C. D., PEREIRA, D., BERGONCI, P. E. A., SANTOS, C. P., BASEGIO, T., VICENZI, J. & SANTOS, S. C. A. 2010. Avaliação de materiais e revestimentos para o controle de incrustações do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857). *Biotemas*, 23 (2): 87-100. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2010v23n2p87>.
- BERNARDINO, A. F., BARROS, F., PEREZ, L. F., NETTO, S. A., COLLING, L. A., PAGLIOSA, P. R., LANA, P. C., MAIA, R. C., CHRISTOFOLLETTI, R. A., FILHO, J. S. R. & COSTA, T. M. 2015. Monitoramento de ecossistemas bentônicos estuarinos. in TURRA, A. & DENADAI, M. R. (eds.). Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros. São Paulo, ReBentos, cap. 11: 134-154. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/x49kz/12>. Acesso em: out. 2019.
- BRAGA, C. F., MONTEIRO, V. F., ROSA-FILHO, J. S. & BEASLEY, C. R. Benthic macroinfaunal assemblages associated with Amazonian saltmarshes. *Wetl. Ecol. Manag.*, 19 (3): 257-272.
- BRAGA, C. F., SILVA, R. F., FILHO, J. S. R. & BEASLEY, C. R. 2013. Spatio-temporal changes in macroinfaunal assemblages of tropical saltmarshes, northern Brazil. *PANAMJAS*, 8(4): 282-98. [https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_8\(4\)_282-298.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_8(4)_282-298.pdf)
- BRAY, J. R. & CURTIS, J. T. 1957. An ordination of the upland forest of the Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-49. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- CALAZANS, D. K. d. 2011. Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático. Pelotas, Ed. Textos. 464p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/>

- publica-
tion/253355824_Estudos_Oceanograficos_d
o_instrumental_ao_pratico. Acesso em: out.
2019.
- CARVALHO, E. M. & UIEDA, V. S. 2004. Coloni-
zação por macroinvertebrados bentônicos em
substrato artificial e natural em um riacho da
serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. Ver. Bras.
Zool., 21 (2): 287-93. 2004. [http://
dx.doi.org/10.1590/S0101-
81752004000200021](http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752004000200021)
- CHAGAS, R. A. 2016. Biofouling no cultivo da
ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae*
(Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) em um
estuário amazônico. Belém, 116p.
(Monografia de Bacharelado em Engenharia
de Pesca. Universidade Federal Rural da
Amazônia) [https://doi.org/10.2312/
ebt.thesis.chagas.2016](https://doi.org/10.2312/ebt.thesis.chagas.2016)
- CHAGAS, R. A. & HERRMANN, M. 2016a. Esti-
mativas de crescimento de bivalves tropicais e
subtropicais: recomendação para um método
padronizado. Acta of Fisheries and Aquatic
Resources, 4 (2): 28-38. DOI [10.2312/
ActaFish.4016.4.2.28-38](https://doi.org/10.2312/ActaFish.4016.4.2.28-38)
- CHAGAS, R. A. & HERRMANN, M. 2016b.
Macrozoobenthos abundance on a tropical
oyster culture in an Amazon estuary, Para
state, northern Brazil. PANGAEA. [https://
doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.863585](https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.863585)
- CHAGAS, R. A., BARROS, M. R. F., SANTOS, W.
C. R. & HERRMANN, M. 2018. Composition
of the biofouling community associated with
oyster culture in an Amazon estuary, Para
state, Northern Brazil. Rev. Biol. Mar. Ocean-
og., 53 (1): 9-17. [http://dx.doi.org/10.4067/
S0718-19572018000100009](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572018000100009)
- CHELLAM, A. 1991. Biofouling and predation. In:
CHELLAM, A., VICTOR, A. C. C., DHARMA-
RAJ, S., VELAYUDHAN, T. S., & SATYANAR-
YANA, K. (eds.). Pearl oyster farming and
pearl culture. Cochin, FAO.
- CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivari-
ate analyses of changes in community struc-
ture. Aust. J. Ecol., 18: 117-43. [https://
doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x)
- CLARKE, K. R. & AINSWORTH, M. 1993. A
method of linking multivariate community
structure to environmental variables. Mar.
Ecol. Prog. Ser., 92: 205-19. DOI: [10.3354/
meps092205](https://doi.org/10.3354/meps092205)
- CLARKE, K. R., GORLEY, R. N., SOMERFIELD,
P. J. & WARWICK, R. M. 2014. Change in
marine communities: an approach to statisti-
cal analysis and interpretation. 3rd edition.
UK, PRIMER-E Ltd, Plymouth, 262 p. Dis-
ponível em: [http://updates.primer-e.com/
primer7/manuals/Methods_manual_v7.pdf](http://updates.primer-e.com/primer7/manuals/Methods_manual_v7.pdf).
Acesso em: out. 2019.
- CLARKE, K. R. & GORLEY, R. N. 2006. Primer
v6: User manual/tutorial. UK, PRIMER-E,
Plymouth, 193 p. Disponível em: [https://
www.researchgate.net/post/
look-
ing_for_PDF_of_Primer_v6_User_Manual
Tutorial](https://www.researchgate.net/post/looking_for_PDF_of_Primer_v6_User_Manual_Tutorial) Acesso em: out.2019.
- CONNELL, S. D. & GLASBY, T. M. 1998. Do ur-
ban structures influence local abundance and
diversity of subtidal epibiota? A case study
from Sydney Harbours, Australia. Mar. Envi-
ron. Res., 47: 373-87. [https://
doi.org/10.1016/S0141-1136\(98\)00126-3](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(98)00126-3)
- DIAS, T., BORGES, J., MOURA, E., GUEDES, S.
& DAMASCENO, L. C. 2007. Predation of the
sea anemone *Bunodosoma cangicum* Corrêa,
1964 (Cnidaria, Anthozoa, Actiniidae) on a
swimming crab *Callinectes* sp. Stimpson,
1860 (Decapoda, Brachyura, Portunidae).
PANAMJAS, 2 (3): 1. [http://
www.panamjas.org/pdf_conteudos/
PANAMJAS_2\(3\)_II.pdf](http://www.panamjas.org/pdf_conteudos/PANAMJAS_2(3)_II.pdf)
- FERNANDES, M. L. B., SILVA, A. K. P., FERREI-
RA, G. F. A., NERY, P. P. C. F., CHAVES, A.
C., MAGALHÃES, J. S., CAMPOS, J. D. S. &
OLIVEIRA, P. L. S. 2010. Estudo qualitativo
de sucessão da fauna incrustante sobre recifes
artificiais em área sob influência de usina
termoelétrica em Pernambuco, Brasil. Rev.
Nordest. Zool., 4 (1): 82-96. [http://
www.revistanordestinadezoologia.net/
downloads/invertebrados/artigo_07.pdf](http://www.revistanordestinadezoologia.net/downloads/invertebrados/artigo_07.pdf)
- FIELD, J. G., CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M.
1982. A practical strategy for analyzing multi-
species distribution patterns. Mar. Ecol. Prog.
Ser., 8: 37-52. [https://doi.org/10.3354/
meps008037](https://doi.org/10.3354/meps008037)
- FITRIDGE, I., DEMPSTER, T., GUENTHER, J. &

- DE NYS, R. 2012. The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling*, 28 (7): 649-69. DOI: [10.1080/08927014.2012.700478](https://doi.org/10.1080/08927014.2012.700478)
- GERLING, C., RANIERI, C., FERNANDES, L., GOUVEIA, M. T. J. & ROCHA, V. 2016. Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores. Santos, Editora Comunicar. 34p. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/ManualEcossistemasMarinhoseCosteiros3.pdf>. Acesso em: out. 2019.
- GUERRA-CASTRO, E. J. & CRUZ-MOTTA, J. J. 2014. Ecology of fouling assemblages associated with mangrove's roots: An artificial substrate for manipulative experiments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 457: 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.03.017>
- HAMMER, Ø. 2018. PAST - Palaeontological statistics. Version 3.20. Natural History Museum, University of Oslo, 262p. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Acesso em: out.2019.
- KREBS, C. J. 1978. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. New York, Harper & Row. 678p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/38978357_Ecology_The_Experimental_Analysis_of_Distribution_and_Abundance. Acesso em: out. 2019.
- LACOSTE, E. & GAERTNER-MAZOUNI, N. 2014. Biofouling impact on production and ecosystem functioning: a review for bivalve aquaculture. *Rev. Aquacult.*, 6: 1-10. 2014. <https://doi.org/10.1111/raq.12063>
- LEAL, J. H. 2002a. Bivalves. p.25-98. In: CARPENTER, K. E. (ed.). *The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic*. Rome, FAO. Number of 25-98p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y4160e/y4160e00.htm>. Acesso em: out. 2019.
- LEAL, J.H. Gastropods. p.99-147. in Carpenter, K.E. (eds.). *The living marine Resources of the Western Central Atlantic*. FAO: Rome. Number of 99-147p. 2002b. Disponível em: <http://www.fao.org/3/y4160e/y4160e00.htm>. Acesso em: out. 2019.
- MARGALEF, R. 1984. Ecosystems: Diversität and connectivity as measurable components of their complication. In: AIDA, S., ALLEN, P. M., ATLAN, H., BOULDING, K. E., CHAPMAN, G .P., DE BEAUREGARD, O. C., DANZIN, A., DUPUY, J.-P., GIARINI, O., HAGERSTRAND, T., HOLLING, C. S., KIRBY, M. J. L., KLIR, G. J., LABORIT, H., LE MOIGNE, J.-L., LUHMANN, N., MALASKA, P., MARGALEF, R., MORIN, E., PLOMAN, E. W., PRIBRAM, K. H., PRIGOGINE, I., SPEDJATMOKO, V. J., ZELEN, M., WU, Y.-J., GOUGH, W. A., JIANG, T. & KUNG, H.-T. (eds.). *The Science and Praxis of Complexity*. Tokyo, United Nations University. 228-44p.
- MELO, G. A. S. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Ed. Plêiade. 640p. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/single.php?id=000921427>. Acesso em: out.2019.
- MELO, A. G. C., VARELA, E. S., BEASLEY, C. R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., GAFFNEY, P. M., REECE, K. S. & TAGLIARO, C. H. 2010. Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). *Genet. Mol. Biol.*, 33 (3): 564-572.
- MELO, M. A., DA SILVA, A. R. B., BEASLEY, C. R., TAGLIARO, C. H. 2013. Multiplex species-specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*) in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management. *Aquacult. Int.*, 21 (6): 1325-1332.
- MORAES, B. C., COSTA, J. M. N., COSTA, A. C. L. & COSTA, M. H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazon.*, 35 (2): 207-214.
- NERY, P. P. C. F., LEITÃO, S. N., FERNANDES, M. L. B., SILVA, A. K. P. & CHAVES, A. C. 2008. Recrutamento e sucessão ecológica da macrofauna incrustante em substratos no porto do Recife - PE, Brasil. *Ver. Bras. Eng. Pesca*, 3 (1): 51--61.
- NEVES, R. A. F. & VALENTIN, J. L. 2011. Revisão bibliográfica sobre a macrofauna bentônica de fundos não-consolidados, em áreas costeiras prioritárias para conservação no Brasil. *Arq. Ciência do Mar*, 44 (3): 59-80. <http://>

- [dx.doi.org/10.32360/acmar.v44i3.153](https://doi.org/10.32360/acmar.v44i3.153)
- NYBAKKEN, J. W. & BERTNESS, M. D. 2004. Marine Biology: An ecological approach. São Francisco, Benjamin Cummings. 592 p.
- OLIVEIRA, J. & MANSO, C. L. C. 2016. Caracterização da macrofauna bentônica dos substratos consolidados da Praia do Mosqueiro, Aracaju, Sergipe, Brasil. Rev. Bras. Biociênc., 14 (2,): 80-96. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3327>
- PEREIRA, D., MANSUR, M. C. D., VOLKMER-RIBEIRO, C., OLIVEIRA, M. D., SANTOS, C. P. & BERGONCI, P. E. A. 2010. Colonização de substrato artificial por macroinvertebrados límnicos, no delta do rio Jacuí (RS, Brasil). Biotemas, 23 (1): 101-10. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2010v23n1p101>
- PIELOU, E. C. 1975. Ecological Diversity. New York [u.a.], Wiley.. 165 p.
- PRIMER. 2009. Version 6.1.15 package, Plymouth Marine Laboratory.
- RIOS, E. C. 2009. Compendium of Brazilian sea shells. Rio Grande, Evangraf. 676p.
- ROSA-FILHO, J. S., BUSMAN, D. V., VIANA, A. P., GREGÓRIO, A. M. & OLIVEIRA, D. M. 2006. Macrofauna bentônica de zonas entremarés não vegetadas do estuário do rio Caeté, Bragança, Pará. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciênc. Nat., 2 (3): 109-121.
- SANTOS, C. S. G. & LANA, P. C. 2001. Nereididae (Annelida, Polychaeta) da costa nordeste do Brasil. II. Gêneros *Namalycastis*, *Ceratocephale*, *Laeonereis* e *Rullierinereis*. Iheringia, Ser. Zool., 91: 137-49. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212001000200020>
- SHANNON, C. E. 1948. The mathematical theory of communication. Bell Syst. Tech. J., 27: 379-423. <http://math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>
- SIEVERS, M., DEMPSTER, T., FITRIDGE, I. & KEOUGH, M. J. 2014. Monitoring biofouling communities could reduce impacts to mussel aquaculture by allowing synchronization of husbandry techniques with peaks in settlement. Biofouling, 30 (2): 203-12. [10.1080/08927014.2013.856888](https://doi.org/10.1080/08927014.2013.856888)
- SIEVERS, M., FITRIDGE, I., DEMPSTER, T. & KEOUGH, M. J. 2013. Biofouling leads to reduced shell growth and flesh weight in the cultured mussel *Mytilus galloprovincialis*. Biofouling, 29 (1): 97-107. [10.1080/08927014.2012.749869](https://doi.org/10.1080/08927014.2012.749869)
- SOUZA, A. H. F. F., ABÍLIO, F. J. P. & RIBEIRO, L. L. 2008. Colonização e sucessão ecológica do zoobentos em substratos artificiais no açude Jatobá I, Patos – PB, Brasil. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 8 (2): 125-44.
- VARELA, E. S., BEASLEY, C. R., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., MARQUES-SILVA, N. S. & TAGLIARO, C. H. 2007. Molecular phylogeny of mangrove oyster (*Crassostrea*) from Brazil. J. Mollus. Stud., 73: 229-234.
- WETZEL, M. A., SCHOLLE, J. & TESCHKE, K. 2014. Artificial structures in sediment-dominated estuaries and their possible influences on the ecosystem. Mar. Environ. Res., 99: 125-35. [10.1016/j.marenvres.2014.04.008](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.04.008)
- WOLFF, W. J. 1973. The estuary as a habitat. Leiden, E. J. Brill. 251p.