

## **Recrutamento de animais sésseis e sedentários em substrato artificial na área portuária do Recife – PE, com enfoque para a bioinvasão.**

## **Recruitment of sessile and sedentary animals on artificial substrate in the port area of Recife - PE, with focus on bioinvasion**

DOI: 10.46814/lajdv3n4-040

Recebimento dos originais: 01/05/2021

Aceitação para publicação: 31/06/2021

**Arthur V. O. M. Melo**

Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco. Recife, Brasil. Mestre em Biologia Animal - UFPE

E-mail – arthur\_marrocos@yahoo.com.br

**Ralf Schwamborn**

Depto. de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, Brasil.

**Cristiane M. R. Farrapeira**

Depto. de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife, Brasil.

### **RESUMO**

O Porto do Recife recebe uma grande quantidade de navios de vários tipos e de muitas partes do mundo, podendo trazer espécies exóticas incrustadas no casco ou em água de lastro. O objetivo do presente estudo foi registrar e analisar os padrões de recrutamento de espécies bentônicas sésseis, assim como investigar uma possível introdução de espécies bentônicas exóticas e criptogênicas em uma área portuária com grande fluxo de navios. Utilizaram-se placas de metal galvanizado para estudo do recrutamento de animais sésseis e sedentários em três pontos amostrais no porto, com três réplicas cada, totalizando nove pontos, durante seis meses (outubro de 2010 a março de 2011), considerado como período seco. As placas de recrutamento foram retiradas a cada 30 dias durante seis meses. As principais espécies de acordo com a área de cobertura foram *Mytella charruana* (72%) e *Amphibalanus improvisus* (22%) e espaços vazios (7,5%). Não houve diferença significativa quando comparadas as três estações no porto do Recife, sendo encontradas diferenças quando comparadas os dados das áreas de cobertura das espécies mais abundantes no recrutamento. Foram elas: *Clytia gracilis*, *Obelia dichotoma*, *M. charruana* e *A. improvisus*.

**Palavras chaves:** Animais Bentônicos, predação, espécies exóticas, sucessão ecológica.

### **ABSTRACT**

The Port of Recife receives a large number of vessels of various types and from many parts of the world, and can bring exotic species encrusted hull or in ballast water. The aim of this study was to record and analyze the patterns of recruitment of sessile benthic species, as well as investigating a possible introduction of exotic and cryptogenic benthic species in a port area with great flow vessels. We used galvanized metal plates to study the recruitment of sessile and sedentary animals at three stations in the harbor, with three replicas each, totaling nine points, six months (October 2010 to March 2011), considered the dry . The plates recruitment were taken every 30 days for six months. The main species according to coverage area were *Mytella charruana* (72%) and *Amphibalanus improvisus* (22%) and voids (7.5%). There was no significant difference when comparing the three stations in the

Port of Recife, differences were found when comparing the coverage areas of most abundant species in recruitment. They were: *Clytia gracilis*, *Obelia dichotoma*, *M. charruana* and *A. improvisus*.

**Keywords:** benthic animals, predation, alien species, ecological succession.

## 1 INTRODUÇÃO

O recrutamento é a ocupação inicial de um substrato por organismos incrustantes “*fouling*” (TOMMASI *et al.*, 1972; BAKER *et al.*, 2004), que sobrevivem durante certo período de tempo após o assentamento (RODRIGUEZ *et al.*, 1993; BOOTH & BROSNAM, 1995). Em uma placa experimental submersa, desenvolvem-se microrganismos após alguns minutos, formando um biofilme ou micro-incrustação (CALLOW & CALLOW, 2002). Logo após esta fase, larvas de vários organismos bentônicos começam a recrutar (WHOI, 1952; OTSUKA & DAUER, 1982), ocorrendo sucessão ecológica (ODUM, 1988).

De acordo com SUTHERLAND (1974) quatro semanas seria um período suficiente para estudar o recrutamento sobre substratos submersos, Nery *et al.* (2008) destacaram que cinco meses são suficiente para descrever a sucessão ecológica na Baía Portuária do Recife.

Num determinado ambiente as espécies podem ser consideradas nativas, criptogênicas ou exóticas (ENO *et al.*, 1977). CARLTON (2009) definiu como nativas as espécies ocorrentes naturalmente em um ambiente, com registro paleontológico; como exóticas, as observadas fora de seu limite de distribuição historicamente conhecido, resultado de dispersão acidental ou transferência intencional por atividades humanas; e como criptogênicas, aquelas cuja origem não é facilmente demonstrada e possuem ampla distribuição geográfica em baías, portos e estuários do mundo.

Nenhum habitat está imune à introdução de espécies exóticas, mas comumente aquelas que se tornam invasoras ocorrem em portos e marinas e circunvizinhanças (GOULLETQUER *et al.*, 2002; COHEN *et al.*, 2005; RAMADAN *et al.*, 2006; FARRAPEIRA *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2012). As atividades de navegação constituem um dos principais meios de introdução de espécies em novas áreas (LEWIS *et al.*, 2003), fato que vem aumentando devido ao aumento do comércio internacional (FOFONOFF *et al.*, 2003; CARLTON, 2009; FARRAPEIRA *et al.*, 2011). Estudos de colonização de invertebrados permitem conhecer a fauna local, assim como as mudanças ocorrentes na comunidade ao longo do tempo (CARVALHO & UIEDA, 2004).

Estudos com placas de recrutamento têm sido realizados com o intuito de observar os processos de colonização e sucessão ecológica, e a introdução de espécies exóticas, em várias partes do mundo (COE, 1932; PECH *et al.*, 2002; RAMADAN *et al.*, 2006; FREESTONE *et al.*, 2009). No Brasil, vários

autores demonstraram a técnica como bom instrumento de gestão e diagnóstico ambiental, ao definir composição faunística e introdução de exóticas (MAYER-PINTO *et al.*, 2000, SILVA *et al.*, 2001, BREVES-RAMOS *et al.*, 2005, FERNANDES *et al.*, 2006, NEVES *et al.*, 2007, XAVIER *et al.*, 2008, NERY *et al.*, 2008, CANGUSSU *et al.*, 2010).

No Porto de Recife, por receber muitas embarcações de outros países (Farrapeira *et al.*, 2007), faz-se necessário entender os processos de recrutamento e sucessão dos animais bentônicos, e monitorar a introdução de espécies exóticas no litoral pernambucano. Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar uma possível introdução e estabelecimento de espécies bentônicas exóticas e/ou criptogênicas em uma área portuária com grande fluxo de navios no Porto do Recife. Buscou-se registrar e analisar os padrões de recrutamento e a dinâmica de sucessão de espécies bentônicas sésseis.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Porto do Recife (8°03' S e 34°51' W) no Estado de Pernambuco. A bacia portuária é formada pela desembocadura do rio Capibaribe e dos rios componentes da Bacia do Pina (rios Tejipió, Jiquiá, Pina e Jordão (FARRAPEIRA, 2006). O porto apresenta grande impacto causado pelo número de atracamento de embarcações (exportação, importação e transatlânticos) e, recebe uma média anual de 491 atracações de navios de (FARRAPEIRA *et al.*, 2007).

O local, de acordo com FARRAPEIRA *et al.* (2010), funciona também como um reservatório de descarga de indústria e esgoto doméstico, com coliformes e bactérias termo-tolerantes presentes na água. O ambiente é considerado como um complexo estuarino-fluvial, com grande aporte de água doce (CPRH, 2001). A salinidade varia com o aumento da pluviometria no local, de cinco a 22, durante as marés baixas nos meses chuvosos, quando ocorre um forte aporte de água doce, enquanto que na estação seca alcança valores de 32, chegando ao máximo de 37 em preamares (SOMERFIELD *et al.*, 2003; NERY *et al.*, 2008; FARRAPEIRA *et al.*, 2009). Por conta da grande sedimentação que ocorre na área, FERNANDES *et al.* (2006) observaram que a transparência da água atinge apenas uma profundidade média de 0,66cm.

A área apresenta um clima do tipo As' denominado Tropical Quente Úmido, segundo a classificação de Köppen, com uma média anual de temperatura de 25°C e da água variando entre 24 a 32°C, e uma precipitação média de 1.763 mm, dos quais, 80% caem durante o período de março a agosto (inverno) (SOMERFIELD *et al.*, 2003).

### 3 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O período de estudo foi de 30 de setembro de 2010 a 27 de março de 2011, totalizando seis meses. O paredão de atracagem do porto foi dividido em três pontos: estação I (Terminal Açucareiro), II (Terminal Graneleiro) e III (Cais inativo) (Fig. 1). A estação I é o cais de atracagem dos navios açucareiros e sofre maior influência marinha e dos estuários dos rios Capibaribe e Beberibe. A estação II localiza-se na região mediana da Bacia Portuária, sendo a área de maior atividade de atracagem de navios de grãos e transatlânticos. A estação III é conhecida como Marco Zero e fica na parte mais interna do porto, onde não ocorreram atividades portuárias durante o período do experimento. Em cada estação três equipamentos foram instalados de forma equidistante, a 100 metros um do outro, como réplicas nas suas respectivas estações.

Figura 1. Vista aérea da Bacia Portuária de Recife- PE, sinalizando as áreas de instalação dos experimentos. Estação I, local de atracagem dos navios açucareiros. Estação II, local de atracagem de navios graneleiros. Estação III, sem atividades portuárias.



Fonte: Google earth.

Foi realizado um experimento para retratar a dinâmica de recrutamento dos animais sésseis. Para estudar o recrutamento foi removida uma placa de cada equipamento, a cada 30 dias, para análise do recrutamento ocorrido neste período (SUTHERLAND, 1974). Após a remoção, outra placa limpa era instalada em substituição, a fim de que esta representasse o recrutamento do mês subsequente. Este procedimento foi repetido até o fim do período de estudo.

Cada equipamento era formado por uma base de vergalhão de ferro e continham seis placas de metal galvanizado com 20 cm de comprimento por 10 cm de largura e 0,5 cm de espessura, distando 20 cm entre si, totalizando 54 placas. A estrutura foi mantida presa às defensas do porto, a um metro do menor nível de maré, durante a baixa mar (SILVA et al. 2001; NERY et al., 2008).

Os corpos de provas (placas) removidos foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados, contendo água do local e posteriormente fixadas em formolaldeído a 4%, para ulterior triagem e identificação. Para a leitura das placas, utilizou-se uma placa de leitura com 10 cm x 8 cm, contendo 80 quadrículas e interseções de 1 x 1 cm. A leitura das placas foi feita pelo método de contagem dos organismos presentes no ponto de interseção das quadrículas, considerando que este método é um dos mais eficientes no estudo de comunidades incrustantes (SILVA *et al.*, 2001; MACEDO *et al.*, 2006; NERY *et al.*, 2008).

A área da placa que não se enquadrou na rede de quadrículas foi observada para identificação taxonômica dos invertebrados, sendo considerada como fauna associada, para melhor caracterização da biota, seguindo NERY *et al.* (2008).

Foram calculadas as áreas de cobertura e as frequências relativas das espécies em todos os meses. Segundo NERY *et al.* (2008), as espécies foram classificadas quanto à frequência, em: muito frequente (>70%), frequente (30% a 70%), pouco frequente (10% a 30%) e raras (<10%).

A classificação das espécies quanto ao *status* de distribuição geográfica e de origem seguiu a definição de FARRAPEIRA *et al.* (2011), considerando espécies nativas aquelas com uma longa presença na área geográfica estudada; as exóticas, as que foram trazidas de outras regiões, por apresentarem descontinuidade geográfica grande entre a região onde foram originalmente descritas como nativas e a área onde foram encontradas na costa brasileira, e criptogênicas, aquelas em que não havia nenhum tipo de informação sobre sua localidade de origem ou que não foram classificadas como nativas ou exóticas de nenhuma região específica.

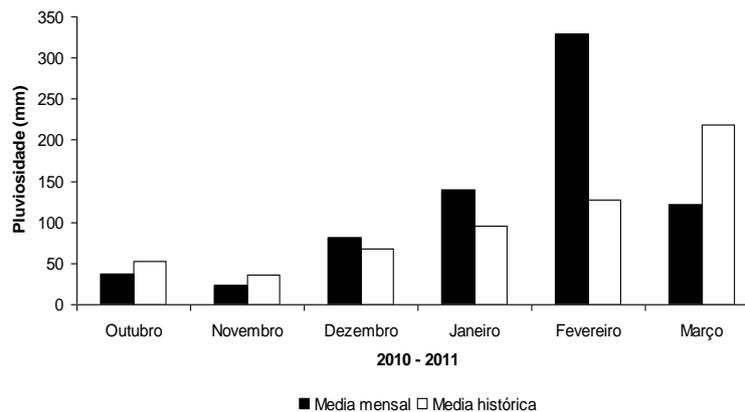
As abundâncias de cada estação foram comparadas usando a ANOVA Kruskal-Wallis, usando o *software* BioEstat 5.0. Foi gerada uma matriz de similaridade de Bray-Curtis sobre o  $\log(x+1)$  da abundância dos animais em recrutamento e a sucessão mais recente das abundâncias das populações mais abundantes em cada equipamento. A partir desta matriz foi feita uma ANOSIM (CLARKE & WARWICK, 2001) usando o *software* Primer 6.0. Os dados pluviométricos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet.

#### 4 RESULTADOS

Os experimentos foram eficientes por registrarem as dinâmicas de recrutamento e sucessão nas condições ambientais do Porto do Recife. Espécies exóticas, criptogênicas e nativas foram registradas, sobrevivendo aos impactos locais.

A precipitação variou de 23,5 a 329,5 mm (Fig. 2), destacando-se que no período de dezembro de 2010 a fevereiro de 2011 houve mais chuvas do que a média histórica registrada para o período.

Fig 2. Pluviosidade média mensal do Porto do Recife, Pernambuco, durante os meses de outubro de 2010 a março de 2011. INMET.



## 5 EXPERIMENTOS DE RECRUTAMENTO

Nos corpos de provas (placas) foram encontrados 30 táxons pertencentes a seis filos animais, dentre os quais foram identificadas 16 espécies, os demais, pertencentes ao Filo Polychaeta, identificados no nível de Família (Tab. I). Foram perdidas três placas, uma no mês de fevereiro (estação I), duas no mês de março (estação III).

Com relação à fauna associada, além das espécies já mencionadas (Tab. I), foram encontrados o mexilhão sedentário *Mytilopsis leucophaeta* Conrad, 1831 e a fauna vágil: planária *Distylochus martae* Marcus, 1947, gastrópodos *Melanoides tuberculatus* Müller, 1774, *Nassarius vibex* Say, 1822, *Rissoina cancelata* Philippi, 1847, poliquetas das famílias Ampharetidae, Cirratulidae, Dorvilleidae, Eunicidae, Hesionidae, Nereididae, Pholoididae, Phyllodocidae, Polynoidae, Syllidae e Terebellidae e pantópodo *Anoplodactylus californicus* Hall, 1912.

Foram encontradas 10 espécies não nativas do Brasil (cinco exóticas e cinco criptogênicas) e seis nativas. Foram mais frequentemente e recrutadoras iniciais as espécies criptogênicas: *Clytia gracilis* Sars, 1850, *Obelia dichotoma* Linnaeus, 1758, *Amphibalanus improvisus* Darwin, 1854, *A. amphitrite* Darwin, 1854 e *Bowerbankia gracilis* Leidy, 1855, porém sem regularidade mensal na frequência. Dentre as espécies exóticas duas merecem destaque pelas estratégias de ocupação espacial, em interstícios de cirrípedes e interior de testas vazias destes animais: anêmona *Haliplanella lineata* Verrill, 1869 e tanaidáceo *Sinelobus stanfordi* Richardson 1901. A espécie nativa *Mytella charruana* d'Orbigny, 1842 recrutou todos os meses, ocupando, na maioria das vezes, no sentido periferia das placas para o centro. As ostras *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 recrutaram nos meses de janeiro a março de 2011 sendo encontrados apenas indivíduos jovens.

Tabela 1. Frequência e área de cobertura das espécies encontradas nas placas de recrutamento no Porto do Recife, de outubro de 2010 a março de 2011, onde: *status* (ST) Status: C = criptogênica, E= exótica, N = nativa, “?”= *status* desconhecido; Int = interseção, FAs = Fauna Associada (assinalada com +); F = Frequência em %; AC = Área de Cobertura em %.

TAXON	ST	Int	FAs	F	AC
<b>CNIDARIA</b>					
<i>Haliplanella lineata</i>	E	X	X	13.7	1.1
<i>Clytia gracilis</i>	C	X	X	56.9	19.3
<i>Obelia dichotoma</i>	C	X	X	55.4	12.2
<b>PLATYHELMINTHES</b>					
<i>Distylochus martae</i>	N		X	-	-
<b>MOLLUSCA</b>					
<i>Crassostrea rhizophorae</i>	N	X	X	15.7	1.4
<i>Mytella charruana</i>	N	X	X	64.7	9.8
<i>Mytilopsis leucophaeta</i>	E	-	X	-	
<i>Melanoides tuberculatus</i>	E	-	X	-	
<i>Nassarius vibex</i>	N	-	X	-	
<i>Rissoina cancelata</i>	N	-	X		
<b>ANNELIDA</b>					
Ampharetidae	?	-	X	-	
Cirratulidae	?	-	X	-	
Dorvilleidae	?	-	X	-	
Eunicidae	?	-	X	+	
Hesionidae	?	-	X	+	
Nereididae	?	-	X	+	
Pholoididae	?	-	X	-	
Phyllodocidae	?	-	X	-	
Polynoidae	?	-	X	-	
Sabellidae	?	X	X	23.2	2.9
Serpulidae	?	X	X	-	
Spionidae	?	X	X	25.5	1.7
Syllidae	?	-	X	-	
Terebellidae	?	-	X	-	
<b>ARTHROPODA</b>					
<b>PYCNOGONIDA</b>					
<i>Anoplodactylus californicus</i>	E	-	X	-	
<b>CIRRIPEDIA</b>					
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	C	X	X	11.8	1.2
<i>Amphibalanus eburneus</i>	N	X	X	2.0	1.0
<i>Amphibalanus improvisus</i>	C	X	X	88.2	39.5
<b>TANAIDACEA</b>					
<i>Sinelobus stanfordi</i>	E	X	X	5.9	1.5
<b>BRYOZOA</b>					
<i>Bowerbankia gracilis</i>	C	X	X	-	

Não houve diferença significativa entre as abundâncias dos recrutamentos, indicando que o recrutamento na Bacia Portuária do Recife é similar em todas as estações. A Anosim feita entre as estações a partir das espécies mais abundantes indicou que não existe diferença significativa na composição das espécies entre as estações. Já na análise entre as espécies por mês, foram encontradas diferenças significantes, *A. improvisus* entre os meses 1 e 6; 2 e 3; 2 e 4; 2 e 5; 2 e 6, os hidróides entre os meses 1 e 3; 2 e 3; 2 e 4, os espaços vazios entre os meses 3 e 4 (Tab. II).

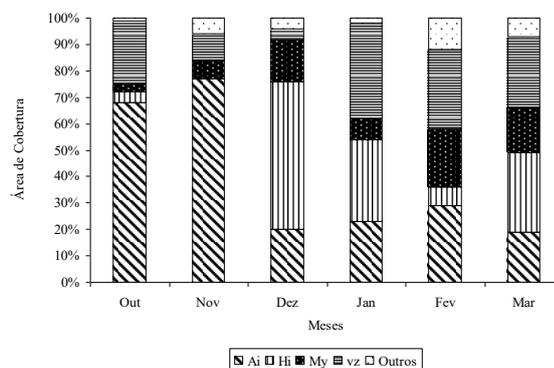
Tabela II. Anosim das espécies mais abundantes entre os meses de outubro de 2010 a março de 2011 no Porto do Recife - PE. Onde (R) = Recrutamento, (-) = sem registro.

Espécie	H(R)	p(R)
<i>Clytia gracilis</i>	23,18	0,01
<i>Obelia dichotoma</i>	23,14	0,01
<i>Mytella charruana</i>	7,16	0,02
Polychaeta	-	-
<i>Amphibalanus improvisus</i>	27,46	0,01
Espaço vazio	13,67	0,02

Verificou-se uma maior presença de *A. improvisus*, *O. dichotoma*, *C. gracilis* e *M. charruana* nas estações I e II; na Estação II, registrou-se também a ocorrência de *A. amphitrite* e espaços vazios. Placas de todos os meses amostrados findaram seu período de exposição com espaços vazios, sobretudo nas estações II e III.

Durante os meses de recrutamento a espécie *A. improvisus* foi a que mais recrutou nos dois primeiros meses, tendo *O. dichotoma* e *C. gracilis* aumentado sua área de cobertura principalmente por causa do alto índice pluviométrico de dezembro a fevereiro de 2011. O mesmo aconteceu com os espaços vazios e o recrutamento de *M. charruana*, que também teve sua população influenciada pelas chuvas (Fig. 3).

Fig. 3. Comparação mês a mês das espécies mais frequentes na dinâmica do recrutamento durante os meses de outubro de 2010 a março de 2011 no Porto do Recife - PE. Ai = *Amphibalanus improvisus*; Hi = hidróides (*Obelia dichotoma*, *Clytia gracilis*); My = *Mytella charruana*; Vz = Vazio; Outros = *Haliplanella lineata*, *Crassostrea rhizophorae*, *A. amphitrite*, *A. eburneus*, polychaetas, *Sinelobus stanfordi*, *Bowerbankia gracilis*.



Nas placas de recrutamento foi observada a mortalidade de diversos espécimes de cirrípedes, sobretudo nas placas onde havia planárias *Distylochus martae*. No mês de novembro, dos 552 indivíduos de *A. improvisus* fixados, 123 estavam mortos, enquanto se encontraram 43 planárias. Fato semelhante foi observado em relação às colônias de hidróides *C. gracilis* e *O. dichotoma* e a presença de *Anoplodactylus californicus*. Nas placas em que este conjunto apareceu havia muitos espaços vazios e colônias predadas.

## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo encontrou no recrutamento 16 espécies, sendo dessas 11 espécies não nativas do Brasil, as mais frequentes foram as criptogênicas *C. gracilis* e *A. improvisus* e a exótica *O. dichotoma*, demonstrando o sucesso dessas espécies nesse processo.

### 6.1 DISPERSÃO DOS ORGANISMOS

CARRIKER (1992) afirmou que a dispersão geográfica bem sucedida de uma espécie é produto de interação entre propriedades fisiológicas do organismo e da qualidade ambiental. Para PETERSON *et al.* (2003) embora os fatores bióticos sejam importantes em tornar o ambiente mais suscetível à invasão, os fatores abióticos servem como "filtro" para as introduções e limitam o estabelecimento de espécies exóticas ou criptogênicas a condições ambientais similares às das suas regiões originais.

Os vetores de dispersão apontados como responsáveis pela introdução inadvertida de muitos organismos bentônicos nas águas costeiras de todos os oceanos em regiões litorâneas são, principalmente, a bioincrustação de animais nos cascos das embarcações ou na água de lastro (SKERMAN, 1960; WILLIAMS *et al.*, 1988; RUIZ *et al.*, 2000a; 2000b; GOLLASCH, 2002; FOFONOFF *et al.*, 2003; COUTTS & TAYLOR, 2004; FARRAPEIRA *et al.*, 2007; DAVIDSON *et al.*, 2008; FARRAPEIRA *et al.*, 2010; 2011), como ocorreu na área de estudo com *H. lineata*, *O. dichotoma*, *M. leucophaeta* e *B. gracilis* (FARRAPEIRA *et al.* 2011).

### 6.2 EVENTOS ABIÓTICOS

O período estudado é classificado como verão, pelo comportamento climático histórico (SOMERFIELD *et al.*, 2003), mas se apresentou particularmente chuvoso nos meses de dezembro de 2010 a fevereiro de 2011. Assim, a semelhança encontrada tanto no recrutamento quanto na sucessão para todos os meses indica que não houve influência da pluviosidade e a consequente diminuição de salinidade local sobre os animais. MUNIZ *et al.* (2005) verificaram que a circulação das correntes na bacia portuária causam a mistura completa das águas e deixa o ambiente homogêneo, o que também

dá suporte aos resultados. Todos os táxons identificados são reconhecidamente estuarinos ou, pelo menos, eurihalinos (FARRAPEIRA *et al.*, 2011).

Segundo GLASBY e CONNELL (2001), as larvas planctônicas de invertebrados marinhos bentônicos tendem a se fixar tão logo encontrem um substrato natural ou artificial adequado, que facilite sua colonização. Porém, segundo KENNISH (1994), os impactos ambientais associados a um processo de intensa movimentação de sedimentos podem provocar efeitos tanto no habitat quanto nos organismos, alterando a qualidade da água, relocando os sedimentos, nesta dinâmica, aumentando a mortalidade dos organismos devido à ressuspensão do sedimento de fundo e afetando, sobretudo os animais filtradores. Essas condições foram relevantes para a dinâmica ecológica observada na área em algumas estações, sobretudo na Estação II (Terminal Graneleiro), que, coincidentemente era a estação de atracagem dos navios transatlânticos.

Para XAVIER *et al.* (2008) um distúrbio físico no ambiente abre novos espaços para colonização e pode interferir nos processos de competição por uma determinada fonte, sendo uma causa importante da heterogeneidade da estrutura e dinâmica natural da comunidade, não apenas eliminando uma parte da cobertura da comunidade, aumentando a quantidade de nutrientes disponíveis, e a morte dos indivíduos. A ressuspensão de sedimentos motivada, tanto pela atracagem de navios transatlânticos (Estação II), quanto pelo aporte maior de sedimentos nos meses mais chuvosos afetou igualmente a dinâmica observada no recrutamento

Em janeiro de 2011 apenas seis espécies foram observadas fixadas nas placas, sendo considerado um dos meses como menor número de espécies; essa diminuição da diversidade estaria relacionado ao alto índice pluviométrico no período (139,10 mm), o que fugia ao padrão de chuvas esperado para o mês. Para KROHLING & ZALMON (2008) as chuvas trazem mais material particulado em suspensão e sedimentação inorgânica, o que prejudica a colonização. Porém, favorece a aparição de espécies oportunistas, conforme destacado por FLYNN & VALERIO-BERARDO (2012), que relataram a rápida colonização de substrato artificial pelos hidróides *O. dichotoma* e *C. gracilis*, sendo essas espécies consideradas as mais abundantes no período onde ocorrem altos índices de chuvas.

### 6.3 DINÂMICA DO RECRUTAMENTO

O fato de terem sido contabilizados 30 táxons nas placas de recrutamento mostra, entretanto, que a área estudada, apresenta um aumento no número de espécies no infralitoral quando comparado com NERY *et al.* (2008). Por outro lado, apesar da bacia portuária ser qualificada como um ambiente poluído, o número de taxa excede o encontrado por BREVES-RAMOS *et al.* (2005), em placas

experimentais na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, e se equipara ao encontrado por EMARA & BELAL (2004), no Canal de Suez, ambientes igualmente poluídos.

Nesse estudo, o cirrípede criptogênico *A. improvisus* foi a única espécie considerada mais frequente, em todos os meses pesquisados. CANGUSSU *et al.* (2010) destacaram a sua grande quantidade em placas experimentais, classificando-o como uma das primeiras espécies a recrutarem. Esta espécie compreende mais de 90% da população bentônica fixada em superfícies artificiais (WEISS, 1947), sendo já relatada como principal recrutadora em placas experimentais em diversas regiões (MAYER-PINTO *et al.*, 2000; BERNTSSON & JONSSON, 2003; SLUYS *et al.*, 2005). FARRAPEIRA *et al.* (2007) destacam que esta espécie foi a única presente em quase todas as embarcações que acostavam no Porto do Recife. FARRAPEIRA *et al.* (2009) a relataram na faixa inferior do mediolitoral fixada diretamente em substratos naturais e artificiais e sobre outros organismos na Baía de Suape, Pernambuco, e este padrão de fixação foi observado por FARRAPEIRA (2006) e FARRAPEIRA *et al.* (2009) em toda a área estuarina do Recife, sendo dominante na faixa inferior dos médio e infralitoral, semelhantemente ao que ocorreu neste trabalho. A alta porcentagem de animais mortos pode ser explicada pela presença da planária *D. martae*. As planárias são reconhecidamente predadores de cirrípedes (HURLEY, 1976; SLUYS *et al.*, 2005; LEE *et al.*, 2006).

As demais espécies de cirrípedes encontradas, a criptogênica *A. amphitrite* e a nativa *A. eburneus* não estiveram bem representadas numericamente nas placas estudadas. *Amphibalanus amphitrite* é uma das espécies mais estudadas do “fouling” (EDMONDSON & INGRAM, 1939; GHOBASHY & EL-KOMY, 1981; MAYER-PINTO & JUNQUEIRA, 2003; ZVYAGINTSEV, 2003; FLOERL *et al.*, 2004; RAMADAN *et al.*, 2006; FREESTONE *et al.*, 2009). Na área de estudo, porém, esta espécie é encontrada preferencialmente na zona média do mediolitoral (FARRAPEIRA, 2006), não contemplada neste estudo. Embora *A. eburneus* também seja igualmente encontrada em placas (GHOBASHY & EL-KOMY, 1981; MAYER-PINTO *et al.*, 2000; RAMADAN *et al.*, 2006), ela é incapaz de se fixar em superfícies artificiais de metal (WEISS, 1947), apesar de ser uma das espécies mais adaptadas e resistentes a águas poluídas (RELINI, 2003). Na área de estudo, FARRAPEIRA (2006) e FARRAPEIRA *et al.* (2009), encontrou-a apenas nas áreas inferiores do mediolitoral e infralitoral, epibiônica em conchas de bivalves.

Nas placas de recrutamento duas espécies de hidróides: *C. gracilis* e *O. dichotoma*, foram registradas, com frequência variável em relação aos meses de estudo. A presença do hidróide criptogênico *O. dichotoma* em placas experimentais tem sido relatada com frequência (NANDAKUMAR, 1995; MAYER-PINTO *et al.*, 2000; RELINI *et al.*, 2000; BREVES-RAMOS *et al.*, 2005; FLYNN & VALERIO-BERARDO, 2012). Esta espécie é reportada como tolerante em locais com índices elevados de eutrofização e baixa salinidade (BREVES-RAMOS *et al.*, 2005). Já o exótico *C. gracilis*, ocasionalmente

observado em placas (MIGOTTO, 1996; CANGUSSU *et al.*, 2010; FLYNN & VALERIO-BERARDO, 2012), é comumente mencionado como epizóica em vários invertebrados bentônicos (MIGOTTO, 1996), fato também observado durante este experimento. Foram classificadas como muito frequentes, nas placas de recrutamento, especialmente nos meses chuvosos, e, posteriormente, apenas como epibiontes na sucessão, corroborando as observações de MIGOTTO (1996) e MIGOTTO *et al.* (2001).

## 7 CONCLUSÕES

Foram encontradas mais espécies exóticas e criptogênicas do que nativas ~~tanto~~ no processo de recrutamento ~~quanto no de sucessão~~, o estabelecimento das espécies exóticas *Haliplanella lineata* e *Sinelobus stanford* e o aumento das chuvas aumentaram o recrutamento dos hidróides *Clytia gracilis* e *Obelia dichotoma*, a presença das espécies *Dystilocus martae* e *Anoplodactylus californicus* controlaram a presença de *Amphibalanus improvisus* e dos hidróides *C. gracilis* e *O. dichotoma* respectivamente. *A. eburneus* foi encontrada em maior quantidade nas placas de sucessão, as espécies exóticas *Mytilopsis leucophaeta* e *Melanoides tuberculatus* só foram encontradas em placas de sucessão. A biota portuária não diferiu nos três pontos demonstrando uma uniformidade da fauna para o local.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação CAPES, pela bolsa do mestrado e à administração do Porto do Recife S.A., pela autorização para o desenvolvimento do trabalho na área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, P.; BAKER, S. M. & FAJANS, J. 2004. Nonindigenous marine species in the greater. TAMPA BAY ECOSYSTEM. TAMPA BAY ESTUARY PROGRAM TECH. PUBL., N. 02-04
- BERNTSSON, K. M. & JONSSON, P. R. 2003. Temporal and spatial patterns in recruitment and succession of a temperate marine fouling assemblage: a comparison of static panels and boat hulls during the boating season. **Biofouling** 19(3): 187–195.
- BOOTH, D. J. & BROSNAN, D. M. 1995. The role of recruitment dynamics in rocky shore and coral reef fish communities. **Advances in Ecological Research** 26: 309-385.
- BREVES-RAMOS, A.; LAVRADO, H. P.; JUNQUEIRA, A. O. R. & SILVA, S. H. G. 2005. Succession in rocky intertidal benthic communities in areas with different pollution levels at Guanabara Bay (RJ-Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 48(6): 951-965.
- CALLOW, M. E. & CALLOW, J. A. 2002. Marine biofouling sticky problem. **Biologist** 49(1): 1-5.
- CANGUSSU, L. C.; KREMER, L. P.; ROCHA, R. M.; PITOMBO, F. B.; HEYSE, H. & BORNANCIN, E. C. 2010. Substrate type as a selective tool against colonization by non-native sessile invertebrates. **Brazilian Journal of Oceanography** 58(3): 219-231.
- CARLTON, J. T. 2009. Deep invasion ecology and the assembly of communities in historical time. *In*: RILOV, G. & CROOKS, J.A. eds. **Biological invasions in marine ecosystems**. Ecological Studies 204. Berlin, Springer-Verlag. p. 13–56.
- CARRIKER, M.R. 1992. Introductions and transfers of molluscs: risk considerations and implications. **Journal of Shellfish Research** 11: 507-510.
- CARVALHO, E. M. & UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 21(2) 287-293. 2004.
- CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M. 2001. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Bournemouth, Bourne Press. 128 p.
- COE WR. 1932. Sexual phases in the American oyster (*Ostrea virginica*). **Biol Bull.** 63:419–441.
- COHEN, A. N.; HARRIS, L.; BINGHAM, B. L.; CARLTON, J.; CHAPMAN, J.; LAMBERT, C. C.; LAMBERT, G.; LJUBENKOV, J. C.; MURRAY, S. N.; RAO, L.C.; REARDON, K. & SCHWINDT, E. 2005. Rapid assessment survey for exotic organisms in southern California bays and harbors, and abundance in port and non-port areas. **Biological Invasions** 7(6): 995-1002.
- COUTTS, A. D. M. & TAYLOR, M. D. 2004. A preliminary investigation of biosecurity risks associated with biofouling on merchant vessels in New Zealand. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research** 38(2): 215-229.

CPRH. 2001. *Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco*. Recife: Companhia Pernambucana de Controle de Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos- CPRH. 110 p.

DAVIDSON, I. C.; MCCANN, L. D.; FOFONOFF, P. W.; SYTSMA, M. D. & RUIZ, G. M. 2008. The potential for hull-mediated species transfers by obsolete ships on their final voyages. **Diversity and Distributions** 14(3): 518-529.

EDMONDSON, C.H. & INGRAM, W.M. 1939. Fouling organisms in Hawaii. **Occasional Papers of the Bernice Pauahi Bishop Museum of Polynesian Ethnology and Natural History** (14): 251-300.

EMARA, A. M. & BELAL, A. A. 2004. Marine fouling in Suez Canal, Egypt. **Egyptian Journal of Aquatic Research** 30(A): 189-206.

ENO, N.C.; CLARK, R.A. & SANDERSON, W.G. (Eds.) 1997. *Non-native marine species in British waters: a review and directory*. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee, 136 p.

FARRAPEIRA, C. M. R. 2006. Barnacles (Cirripedia Balanomorpha) of the estuarine region of Recife, Pernambuco, Brazil. **Tropical Oceanography** 34(2): 100-119.

FARRAPEIRA, C. M. R.; MELO, A. V. O. M.; BARBOSA, D. F. & SILVA, K. M. E. 2007. Ship hull fouling in the Port of Recife, Pernambuco. **Brazilian Journal of Oceanography** 55(3): 207-221.

FARRAPEIRA, C. M. R.; RAMOS, C. A. C.; BARBOSA, D. F.; MELO, A. V. O. M.; PINTO, S. L.; VERÇOSA, M. M.; OLIVEIRA, D. A. S. & FRANCISCO, J. A. 2009. Zonación vertical de la macrofauna de sustratos sólidos del estuario del Río Massangana, Bahía de Suape – Pernambuco, Brasil. **Biota Neotropica** 9(1): 1-12.

FARRAPEIRA, C. M. R.; MENDES, E. S.; DOURADO, J. & GUIMARÃES, J. 2010. Coliforms accumulation in *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854) (Cirripedia) and its use as organic pollution bioindicator in the estuarine area of Recife, Pernambuco, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 70(2): 301-309.

FARRAPEIRA, C. M. R.; TENÓRIO, D. O. & AMARAL, F. M. D. 2011. Vessel biofouling as an inadvertent vector of benthic invertebrates occurring in Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 62(3): 1538-1544.

FERNANDES, M. L. B.; PAIVA, R. J. C.; GONÇALVES, K. L. F.; SOARES, A. M. C.; SILVA, M. L.; SILVA, A. K. P. S. & CHAVES, A. C. 2006. Viabilidade do suururu *Mytella charruana* (Mollusca: Bivalvia) como indicadora em estudos de monitoramento ambiental na região portuária do Recife – PE. **Lumen** 14(1): 101-103.

FLOERL, O.; POOL, T. K.; INGLIS, G. J. 2004. Positive interactions between nonindigenous species facilitate transport by human vectors. **Ecological Applications** 14(6): 1724-1736.

FLYNN, M. N. & VALÉRIO-BERARDO, M. T. 2012. Avaliação da toxicidade *in situ* através do recrutamento de comunidade incrustante em painéis artificiais em terminal da Petrobrás, Canal de São Sebastião, São Paulo. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade** 5(1): 103-114.

FOFONOFF, P. F.; STEVES, B.; MILLER, W. A.; RUIZ, G. & CARLTON, J. 2003. In ships or on ships? Unravelling the relative contribution of ballast tanks vs. hull fouling to ship-mediated invasions of

North America by marine species. *In: Third International Conference on Marine Bioinvasions*. La Jolla, s. ed. p. 1- 42.

FREESTONE, A. L.; OSMAN, R. W. & WHITLATCH, R. B. 2009. Latitudinal gradients in recruitment and community dynamics in marine epifaunal communities: Implications for invasion success. *In: LANG, M. A.; MACINTYRE, I. G.; RÜTZLER, K. eds. Proceedings of the Smithsonian Marine Science Symposium*. Washington, D.C., Smithsonian Contributions to the Marine Sciences. n. 38. pp. 247-258.

GHOBASHY, A. F. A. & EL-KOMY, M. M. 1981. Fouling in the southern region of the Suez Canal. **Hydrobiological Bulletin** 14(3): 179-185.

GLASBY, T. M. & CONNELL, S. D. 2001. Orientation and position of a substratum have large effects on epibiotic assemblages. **Marine Ecology Progress Series** 214: 127-135.

GOLLASCH, S. 2002. The importance of ship hull fouling as a vector of species introductions into the North Sea. **Biofouling** 18(2): 105-121.

GOULLETQUER, P.; BACHELET, G.; SAURIAU, P. G. & NOEL, P. 2002 *Open Atlantic coast of Europe a century of introduced species into French waters*. *In: LEPPÄKOSKI, E. GOLLASCH, S.; OLENIN, S. (eds) Invasive aquatic species of Europe: distribution, impacts and management*. Kluwer, Dordrecht, pp 276–290

HURLEY, A. C. 1976. The polycladid flatworm *Stylochus tripartitus* Hyman as a barnacle predator. **Crustaceana** 31(1): 110-111.

KENNISH, M. J. 1994. **Practical handbook of marine science**. New York, John Wiley & Sons, Inc. 562 p.

KROHLING, W. & ZALMON, I. R. 2008. Epibenthic colonization on an artificial reef in a stressed environment off the north coast of the Rio de Janeiro State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 51(1): 213-221.

LEE, K.-M.; BEAL, M. A. & JOHNSTON, E.L. 2006. A new predatory flatworm (Platyhelminthes, Polycladida) from Botany Bay, New South Wales, Australia. **Journal of Natural History** 39(47): 3987-3995.

LEWIS, P. N.; HEWITT, C. L.; RIDDLE, M. & MCMINN, A. 2003. Marine introductions in the Southern Ocean: an unrecognised hazard to biodiversity. **Marine Pollution Bulletin** 46(2): 213-223.

MACEDO, I. M.; MASI, B. P. & ZALMON, I. R. 2006. Comparison of rocky intertidal community sampling methods at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** 54(2/3): 147-154.

MAYER-PINTO, M. & JUNQUEIRA, A. O. R. 2003. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical bay, Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 46(11): 1495-1503.

MAYER-PINTO, M.; VIANA, M. S.; LAVRADO, H. P.; SILVA, T. A. & SILVA, S. H. G. 2000. Epibiosis on barnacles at Angra dos Reis. RJ: eutrophication effects. **Nauplius** 8(1): 55-61

- MIGOTTO, A. E. 1996. Benthic shallow-water hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) of the coast of São Sebastião, Brazil, including a checklist of Brazilian hydroids. **Zoologische Verhandelingen** **306**: 1-125.
- MUNIZ, P.; VENTURINI, N.; PIRES-VANIN, A. M. S.; TOMMASI, L. R. & BORJA, A. 2005. Testing the applicability of Marine Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Region. **Marine Pollution Bulletin** **50**: 524-637.
- NANDAKUMAR, K. 1995. Competitive interactions among sessile organisms in Tomioka Bay, south Japan: importance of light conditions on the panel surface. **Marine Biology** **121**(4): 713-719
- 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. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca** **3**(1): 51-61.
- NEVES, C. S.; ROCHA, R. M.; PITOMBO, F. B. & ROPER, J. J. 2007. Use of artificial substrata by introduced and cryptogenic marine species in Paranaguá Bay, southern Brazil. **Biofouling** **23**(5): 319-30.
- ODUM, E. P. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara.
- OTSUKA, C. M. & DAUER, D. M. 1982. Fouling community dynamics in Lynnhaven Bay, Virginia. **Estuaries** **5**(1): 10-22.
- PECH, D.; ARDISSON, P.-L. & BOURGET, E. 2002. Settlement of a tropical marine epibenthic assemblage on artificial panels: Influence of substratum heterogeneity and complexity scales. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** **55**: 743-750.
- PETERSON, A. T.; PAPES, M. 7 KLUZA, D. A. Predicting the potential invasive distributions of four Plant species in North American. *Weed Science*, V. 51, P. 863 - 868. 2003.
- RAMADAN, SH. E.; KHEIRALLAH, A. M. & ABDEL-SALAM, KH. M. 2006. Marine fouling community in the Eastern harbour of Alexandria, Egypt compared with four decades of previous studies. **Mediterranean Marine Science** **7**(2): 19-29.
- RELINI, G. 2003. II biofouling. Parte prima. II macrofouling. **Biologia Marina Mediterranea** **10**: 285-326,
- ROCHA, R. M.; BONNET, N. Y. K.; BAPTISTA, M. S. & BELTRAMIN, F. S. 2012. Introduced and native Phlebobranch and Stolidobranch solitary ascidians (Tunicata: Ascidiacea) around Salvador, Bahia, Brazil. **Zoologia** **29**(1): 39-53.
- RODRIGUEZ, S. R.; OJEDA, F. P. & INESTROSA, N. C. 1993. Settlement of benthic marine invertebrates. **Marine Ecology Progress Series** **97**: 193-207.
- RUIZ, G. M.; FOFONOFF, P.; CARLTON, J. T.; WONHAM, M.J. & HINES, A.H. 2000a. Invasion of coastal marine communities in North America: apparent patterns, processes, and biases. **Annual Review in Ecology and Systematics** **31**: 481-531.

RUIZ, G. M.; RAWLINGS, T. K.; DOBBS, F. C.; DRAKE, L. A.; MULLADY, T.; HUQ, A. & COLWELL, R. R. 2000b. Global spread of microorganisms by ships. Ballast water discharged from vessels harbours a cocktail of potential pathogens. **Nature** **408**: 49-50.

SILVA, A. K. P.; MAYAL, E. M.; MELLO, R. L. S. & FERNANDES, M. L. B. 2001. Estudo preliminar da bioincrustação sobre substratos naturais, como indicador de impacto na região do Complexo Portuário de Suape, PE. **Tropical Oceanography** **29**(2): 139-146.

SKERMAN, T. M. 1960. Ship-fouling in New Zealand Waters: a survey of marine fouling organisms from vessels of the coastal and overseas trades. **New Zealand Journal of Science** **3**(4): 620-648.

SLUYS, R.; FAUBEL, A.; RAJAGOPAL, S. & VAN DER VELDE, G. 2005. A new and alien species of "oyster leech" (Platyhelminthes, Polycladida, Stylochidae) from the brackish North Sea Canal, The Netherlands. **Helgoland Marine Research** **59**(4): 310-314.

SOMERFIELD, P. J., FONSCA-GENEVOIS, V. G., RODRIGUES, A. C. L., CASTRO, F. J. V. & SANTOS, G. A. P. 2003. Factors affecting meiofaunal community structure in the Pina Basin, an urbanized embayment on the coast of Pernambuco, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom** **83**(6): 1209-1213.

SUTHERLAND, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. **American Naturalist** **108**(964): 859-873.

TOMMASI, L. R.; BAUER, L. A. F.; LARA, G. A. 1972. Controle do desenvolvimento de incrustações biológicas em tubulações de Fundações de ponte marítima, em sistema de concretagem submersa "prepak". *Boletim Instituto Oceanográfico*. , 21:117-128

XAVIER, E. A.; GAMA, B. A. P.; PORTO, T. F.; ANTUNES, B. L. & PEREIRA, R. C. 2008. Effects of disturbance area on fouling communities from a tropical environment: Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** **56**(2): 73-84

WEISS, C. M. 1947. The comparative tolerances of some fouling organisms to cooper and mercury. **The Biological Bulletin** **93**(1): 56-63.

WHOI. 1952. **Marine fouling and its prevention**. Maryland, Woods Hole Oceanographic Institute-WHOI. 388 p.

WILLIAMS, R. J.; GRIFFITHS, F. B.; VAN DER WAL, E. J. & KELLY, J. 1988. Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of nonindigenous marine species. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** **26**(4): 409-420.

ZVYAGINTSEV, A. Y. 2003. Introduction of species into the Northwestern Sea of Japan and the problem of marine fouling. **Russian Journal of Marine Biology** **29**(1): S10-S21.