

Comunidade incrustante em diferentes materiais de um recife artificial no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro

Ilana Rosental Zalmon*
Flavio Antonio da Costa Gomes

Laboratório de Ciências Ambientais, Centro de Biociências e Biotecnologia
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Av. Alberto Lamego 2000
CEP 28013-600, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
e-mail: ilana@uenf.br

*Autora para correspondência

Aceito para publicação em 24/01/2003

Resumo

A colonização da comunidade incrustante foi comparada em um recife artificial instalado na costa norte do Rio de Janeiro. Módulos de borracha e concreto contendo painéis dos respectivos materiais foram imersos em março/97 a nove metros. Mensalmente retirava-se quatro réplicas de cada para amostragens acumulativas e destrutivas. Em 12 meses de estudo, 89 táxons foram identificados nos dois tipos de substrato, 18% apenas na borracha e 28% exclusivos no concreto. Valores de substituição de táxons foram similares nos dois materiais, com tendência crescente na borracha até o 10^o mês. Valores significativamente superiores de biomassa no concreto indicam uma maior intensidade na colonização neste material. Em ambos, predominaram *Balanus*, *Obelia*, *Ostrea* e *Bougainvillia*. A partir do 9^o mês, verificou-se na borracha um incremento de espaço vazio e algas, enquanto no

concreto destacaram-se Porifera, Gorgonacea e Ascidiacea colonial. O grau de diferença estrutural das comunidades biológicas em ambos os substratos apresentou apenas pequenas variações, face à permanência dos táxons mais abundantes até o 8º mês (Outubro/97). A partir desta etapa, foi registrada uma similaridade decrescente entre os grupamentos presentes nos dois materiais. Esse fato é atribuído à instabilidade da comunidade na borracha que apresentava uma superfície mais lisa. O concreto, com maior porosidade e rugosidade fornece um substrato mais compatível à colonização da comunidade incrustante.

Unitermos: bioincrustação, recife artificial, materiais, colonização, Rio de Janeiro.

Abstract

Starting in March 1997, fouling community colonization was compared on an artificial reef on the north coast of Rio de Janeiro. Experimental rubber and concrete modules with panels were immersed 9 meters deep. Monthly, four replicate panels of each material were collected using a destructive point sampling technique. After 12 months, 89 taxa were observed on both materials. Twenty-eight percent were exclusive to concrete and eighteen percent to rubber. Turnover values were similar on different substrata with increasing tendency up to the tenth month. Higher values in dry weight on concrete panels demonstrated a greater colonization intensity on this material. *Balanus*, *Obelia*, *Ostrea* and *Bougainvillia* were predominant during the initial eight months on both substrata. Thereafter, increments in free space and colonization by algae were common on rubber panels, and Porifera, Gorgonacea and colonial Ascidiacea were commonly found on the concrete ones. Low structural differences occurred for successive immersion periods on both substrata because the most representative taxa did not suffer great changes until the

eighth month (October 1997). After this period, structural similarity decreased significantly due to a greater instability of the community on rubber panels caused by its smooth surface, showing that concrete substrates with greater porosity and rugosity provide a more adequate surface for biofouling colonization.

Key words: biofouling, artificial reef, materials, colonization, Rio de Janeiro.

Introdução

Materiais submersos na água do mar sofrem a influência dos efeitos provocados por suas características químicas, como pH e salinidade, físicas, como temperatura, densidade, condutividade, pressão e força de correntes e, por seu conjunto biológico representado por organismos perfurantes e incrustantes.

Em função dos comportamentos ativos de seleção da larva pelo substrato, tem se observado e, conseqüentemente assumido, que a fixação e o desenvolvimento não ocorrem igualmente sobre qualquer superfície e dependem diretamente de afinidades do organismo com a mesma, em relação a características físicas e químicas como rugosidade, cor e hidrofobicidade, assim como de características biológicas específicas de estratégia reprodutiva e sobrevivência dos organismos. Tais diferenças, segundo Crisp e Ryland (1960), Silva et al. (1980), Anderson e Underwood (1994), podem determinar modificações nos padrões de colonização e, conseqüentemente, na sucessão da comunidade epibêntica.

Para compreender como os recifes artificiais se desenvolvem do ponto de vista da sucessão dos invertebrados epibênticos e a importância de tais organismos na pirâmide trófica do complexo recifal, torna-se fundamental um amplo conhecimento da sucessão da comunidade em diferentes materiais que podem ser utilizados na construção de um recife (Pearce e Chang, 1982).

O presente estudo tem como hipóteses: a) face à escassez de substrato consolidado natural, a disponibilidade de substrato artificial promoverá o desenvolvimento de uma biota sésil em decorrência da presença de larvas e propágulos; b) a utilização de substratos distintos quanto à natureza física e química, determinará diferenças nas trajetórias sucessionais. Pretende-se, assim, determinar e avaliar como diferentes materiais influenciam na colonização e no desenvolvimento da comunidade incrustante em habitats artificiais marinhos.

Material e Métodos

Área de estudo. Um recife artificial foi instalado a aproximadamente cinco milhas náuticas da enseada de Manguinhos (21°27'S, 41°00'W) (Figura 1), a uma profundidade média de nove metros. A região é banhada ao norte por águas oligotróficas da Corrente do Brasil e influenciada ao sul pela ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Valentin e Monteiro-Ribas, 1993). O tipo de fundo é composto por rodolitos (formações calcárias decorrentes da atividade biológica das algas do gênero *Lithothamnion*), sobre os quais observa-se a presença de macroalgas e invertebrados sésseis e vágeis que ocupam também os interstícios. Este tipo de fundo é precedido, a partir da praia, por um fundo arenoso com formações rochosas pontuais, constituindo uma paisagem de aparência desértica, plana, com ausência de substrato vertical (observação pessoal).

Desenho Experimental. Em março de 1997, foram imersas 12 colunas verticais de pneus usados (borracha) e 12 colunas de tanques pré-fabricados (concreto). Cada coluna de pneus possuía cinco unidades (0,90m de altura e 50kg cada). Externamente, os quatro pneus superiores continham cada qual quatro painéis (15 x 20cm), de mesmo material da coluna, dispostos verticalmente, totalizando 16 painéis por coluna. Como suporte, cada coluna possuía uma base de cimento para fornecer

estabilidade ao conjunto frente às correntes locais. Os tanques de concreto continham cada qual 16 painéis (15 x 20cm), quatro em cada face vertical do módulo presos à face externa da estrutura (0,85m de altura e 90kg cada).

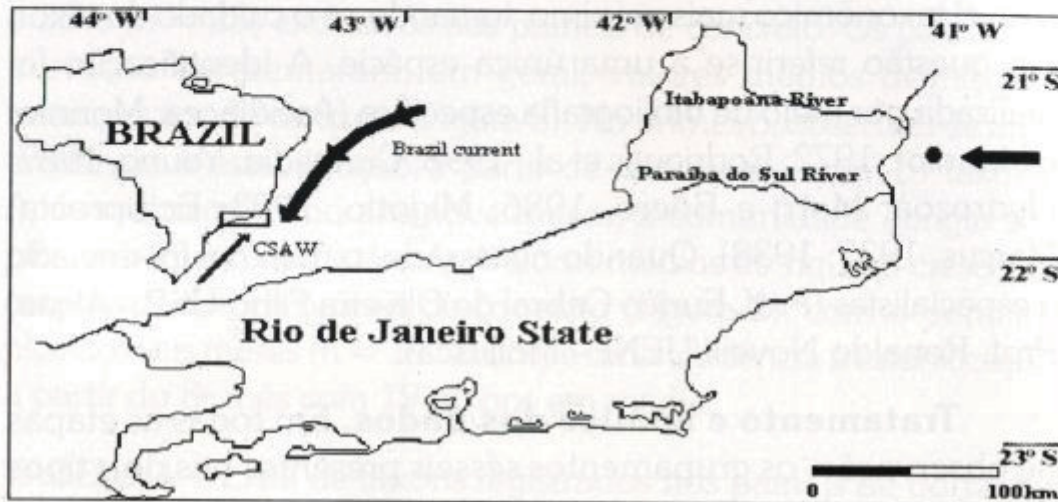


FIGURA 1: Mapa da costa norte do Rio de Janeiro, com indicação do local de estudo.

Para sobrepujar a influência da proximidade dos painéis, retirava-se mensalmente quatro painéis de colunas diferentes, tanto nos módulos de borracha quanto no concreto, totalizando quatro unidades amostrais de cada material por mês, por um período de 12 meses. Os painéis de borracha foram perdidos após forte ressaca na última etapa. Para que a troca de indivíduos entre painéis fosse reduzida e que fosse mantida a mesma probabilidade em atrair colonizadores potenciais (Schoener, 1974), os painéis distavam 20cm entre si.

Optou-se por uma amostragem destrutiva, preservando assim a independência das amostras e para avaliar o efeito tempo na comunidade (Hulbert, 1984; Underwood e Anderson, 1994). Por meio de uma técnica de amostragem pontual (Sutherland, 1974), foi estimada a porcentagem de recobrimento dos organismos sésseis, utilizando uma grade do tamanho dos painéis com 100 pontos, cada um formado pela interseção de duas linhas.

A contagem era feita através da observação do organismo presente sob cada ponto.

Os organismos incrustantes foram, quando possível, identificados até nível de espécie e, quando não era possível, até o nível taxonômico mais próximo, tomando-se o cuidado do táxon em questão referir-se a uma única espécie. A identificação foi realizada por meio de bibliografia específica (Ascidiacea: Monniot e Monniot, 1972; Rodrigues et al., 1998; Cirripedia: Young, 1987; Hydrozoa: Morri e Boero, 1986; Migotto, 1993; Ectoprocta: Marcus, 1937; 1938). Quando necessário, o material foi enviado a especialistas (Prof. Eurico Cabral de Oliveira Filho/USP – Algae, Prof. Ronaldo Novelli/UENF– Mollusca).

Tratamento e análise dos dados. Em todas as etapas de observação, os grupamentos sésseis presentes nos dois tipos de substrato foram caracterizados por meio dos parâmetros: a) composição taxonômica; b) riqueza (número de táxons); c) abundância (porcentagem de recobrimento); d) biomassa total (peso seco dos organismos incrustantes após raspagem dos painéis); e) taxa de substituição de táxons (Smith, 1975, apud Talbot et al., 1978); f) diversidade de Brillouin (Zar, 1984).

A avaliação do grau de variação entre as diferentes etapas de colonização dos organismos incrustantes na borracha e no concreto foi complementada por meio de uma análise de agrupamento pelo método de ligação simples e como medida de similaridade, a distância Euclidiana. O grau de similaridade entre os grupamentos presentes nos diferentes substratos foi calculado utilizando o coeficiente de similaridade de Renkonen (Krebs, 1989).

A análise de agrupamento foi processada com o programa STATISTICA, versão 4.2 (STATSOFT, INC.).

Resultados

Riqueza taxonômica. Um total de 89 táxons foi identificado colonizando os dois materiais (Tabela 1), com 54% (n = 48) comuns, 18% (n = 16) ocorrendo apenas nos painéis de borracha e 28% (n = 25) exclusivos aos painéis de concreto. Os painéis de borracha apresentaram, em geral, valores médios de riqueza inferiores aos de concreto (Figura 2). No primeiro, observou-se uma tendência à estabilização a partir de três meses com 15 táxons. Após um decréscimo aos nove meses, a comunidade atingiu seu pico máximo com 19 táxons. Valores médios de riqueza crescente caracterizaram os painéis de concreto (Figura 2), com o primeiro pico aos seis meses (n = 19 táxons) e uma tendência à estabilização a partir do 8º mês com 19 táxons em média.

TABELA 1 – Lista de táxons registrados nos painéis de borracha e de concreto.

TAXON	BORRACHA	CONCRETO
Rhodophyta		
<i>Aglaothamnion</i> sp Feldman-Mazoyer, 1940	+	+
<i>Antithamnion</i> sp Nageli, 1847	+	+
<i>Audouinella</i> sp Garbary, 1987	+	-
<i>Ceramium</i> sp Roth, 1797	+	+
<i>Champia</i> sp Desveaux, 1808	+	-
<i>Coeloseira</i> sp Hollenberg, 1940	+	-
<i>Crouania</i> sp J. Agardh, 1842	+	-
<i>Crouania attenuata</i> J. Agardh, 1842	+	-
<i>Dasya</i> sp C. Agardh, 1824	+	+
<i>Goniotrichum alsidii</i> Kützing, 1843	-	+
<i>Heterosiphonia</i> sp Montagne, 1842	+	+
<i>Hypoglossum</i> sp Kützing, 1843	-	+
<i>Laurencia lata</i> Lamouroux, 1813	+	-
<i>Melobesia</i> sp Lamouroux, 1816	-	+
<i>Spyridia</i> sp Harvey, 1833	+	-
<i>Thuretia boretii</i> Decaisne 1843	+	-
Phaeophyta		
<i>Dictyota</i> sp Lamouroux, 1809	+	-

Continua

Continuação

Porifera

Porifera sp1	+	+
Porifera sp2	+	+
Porifera sp3	+	+
Porifera sp4	+	+
Porifera sp5	-	+

Cnidaria - Hydrozoa

Athecata Hincks, 1868	+	+
<i>Aglao phenia</i> sp Lamouroux, 1812	+	+
<i>Aglao phenia pluma</i> Lamouroux, 1812	+	+
<i>Bougainvillia</i> sp Lesson, 1836	+	+
Clavidae	-	+
<i>Clytia</i> sp1 Lamouroux, 1812	+	+
<i>Clytia</i> sp2 Lamouroux, 1812	+	+
<i>Obelia</i> sp Péron & Leuseur, 1810	+	+
Plumulariidae Hincks, 1868	-	+
<i>Plumularia</i> sp Lamarck, 1815	-	+
<i>Plumularia setacea</i> Lamarck, 1815	-	+
<i>Sertularia</i> sp Linnaeus, 1758	+	+
<i>Sertularia marginata</i> Kirchenpauer, 1864	+	+
<i>Tubularia</i> sp Allman, 1864	+	+

Cnidaria - Anthozoa

Gorgonacea (Carijoa)	-	+
Madreporaria	-	+
Octocorallia	+	+

Ectoprocta

Ectoprocta sp1	-	+
Ectoprocta sp2	-	+
<i>Acanthodesia</i> sp Canu & Blasser, 1920	+	+
<i>Arthropoma cecili</i> Savigni - Audouin, 1826	+	+
<i>Beania hirtissima</i> Johnston, 1847	+	-
<i>Bicellariella ciliata</i> Levinsen, 1909	+	+
<i>Bugula</i> sp1 Oken, 1815	+	-
<i>Bugula</i> sp2 Oken, 1815	+	-
<i>Catenicella contei</i> Blainville, 1834	+	-
<i>Hippodiplosia americana</i> Canu, 1916	-	+
<i>Hippoporella gorgonensis</i> Canu & Blasser, 1920	+	-
<i>Rhynchozoon</i> sp Hinks, 1891	+	+
<i>Rhynchozoon phrynoglossum</i> Hinks, 1891	-	+
<i>Schizoporella horsti</i> Hinks, 1877	-	+
<i>Smittina</i> sp Norman, 1903	+	+
<i>Smittina trispinosa</i> Johnston, 1838	+	+

Continua

Comunidade incrustante no norte do Estado do Rio de Janeiro

Continuação

<i>Steganoporella</i> sp Smitt, 1873	-	+
<i>Steganoporella magnirabilis</i> Busk, 1854	-	+
<i>Stylopoma informata</i> Levinsen, 1909	+	-
Mollusca – Bivalvia		
<i>Corbula</i> sp Bruguiere, 1797	+	+
<i>Entodesma</i> sp Philippi, 1845	+	+
<i>Modiolus</i> sp Lamarck, 1799	+	+
<i>Noetia bisulcata</i> Gray, 1857	+	+
<i>Ostrea</i> sp Linnaeus, 1758	+	+
<i>Pinctada imbricata</i> Roding, 1798	-	+
Annelida – Polychaeta		
Polychaeta tubo arenoso sp1	+	+
Serpulidae sp1	+	+
Serpulidae sp2	+	+
Spionidae sp1	+	+
Arthropoda – Crustacea		
<i>Balanus amphitrite</i> Darwin, 1854	-	+
<i>Balanus eburneus</i> Gould, 1841	+	-
<i>Balanus improvisus</i> Darwin, 1854	+	+
<i>Balanus trigonus</i> Darwin, 1854	+	+
<i>Balanus venustus</i> Darwin, 1854	+	+
<i>Megabalanus</i> sp1 Hoek, 1913	+	+
<i>Megabalanus</i> sp2 Hoek, 1913	+	+
Chordata – Urochordata		
Asciacea sp1	+	+
Asciacea sp2	+	+
Asciacea sp3	-	+
Asciacea sp4	+	+
Asciacea sp5	-	+
<i>Botryllus niger</i> Gaertner, 1774	+	+
<i>Ciona intestinalis</i> Linnaeus, 1767	-	+
<i>Didemnum speciosum</i> Savigny, 1816	+	+
<i>Diplosoma listerianum</i> MacDonald, 1859	+	+
<i>Molgula</i> sp Forbes, 1848	-	+
<i>Styela</i> sp Fleming, 1822	-	+
<i>Styela partita</i> Stimpson, 1852	+	+
<i>Styela plicata</i> Lesueur, 1823	+	+
<i>Symplegma</i> sp Herdman, 1886	-	+
NUMERO DE TAXONS	64	73

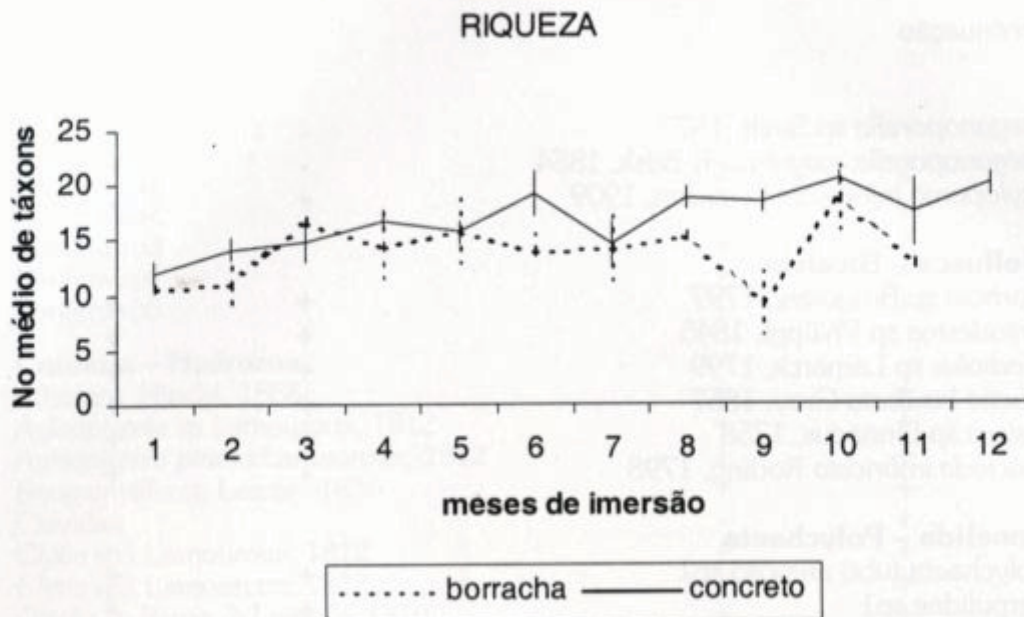


FIGURA 2: Variação temporal do número médio de táxons nos painéis de borracha e de concreto, de março de 1997 a fevereiro de 1998, no litoral norte do Rio de Janeiro (valores médios e desvio padrão de 4 amostras).

Diversidade. A diversidade de espécies nos dois substratos apresentou-se semelhante, embora um pouco mais elevada no concreto (Figura 3). Na borracha, a diversidade variou de 1,9 a 2,6 ($x = 2,2$) e no concreto de 1,8 a 2,7 ($x = 2,4$). Foram evidenciados três picos que corresponderam aos valores máximos de riqueza e a uma melhor distribuição dos táxons mais abundantes. No concreto, os valores crescentes revelados a partir de 8º mês refletiram o declínio do táxon dominante *Balanus* e uma melhor equitatividade dos demais.

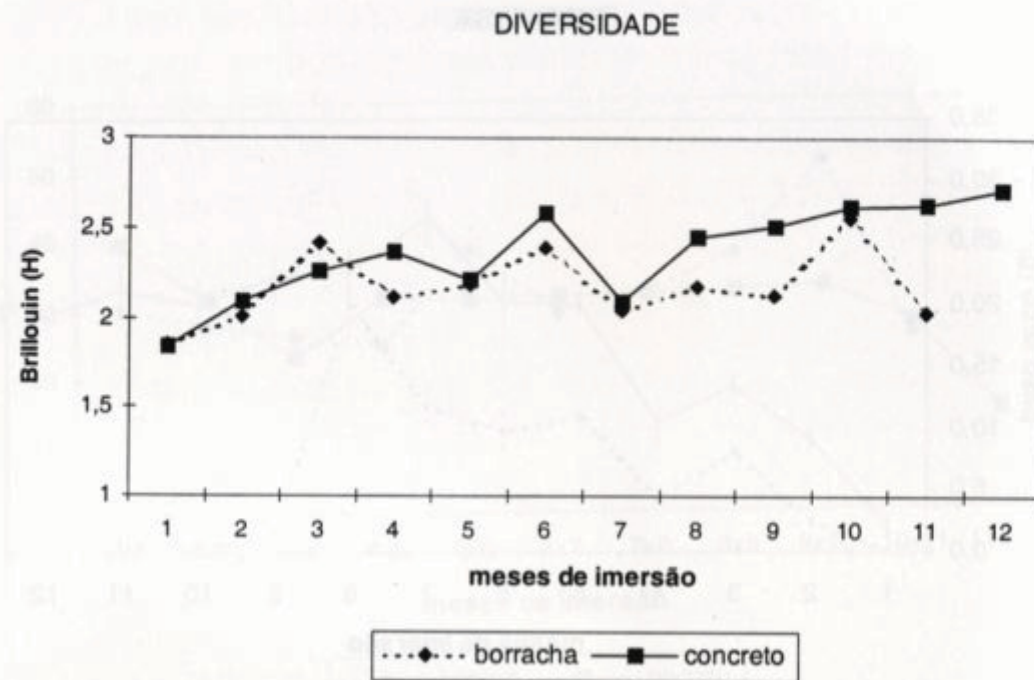


FIGURA 3: Variação temporal da diversidade dos grupamentos presentes nos painéis de borracha e de concreto, de março de 1997 a fevereiro de 1998, no litoral norte do Rio de Janeiro (valores médios de 4 amostras).

Biomassa. A variação temporal do peso seco médio nos painéis de borracha foi crescente nos oito meses iniciais de imersão, de 0,2 a 20,0 g. A partir desta etapa, os valores se mantiveram abaixo de 2,0 g (Figura 4), face ao desprendimento dos organismos e ao incremento subsequente na porcentagem de espaço vazio, atingindo 50 % na última etapa de observação. Os painéis de concreto apresentaram valores de biomassa sempre superiores aos de borracha (Figura 4). O pico máximo de 27,0 g foi atingido aos 7 meses e, embora decrescentes a partir desta etapa, os valores permaneceram em torno de 20,0 g até o final. Os painéis de concreto nunca ultrapassaram 10% de espaço vazio.

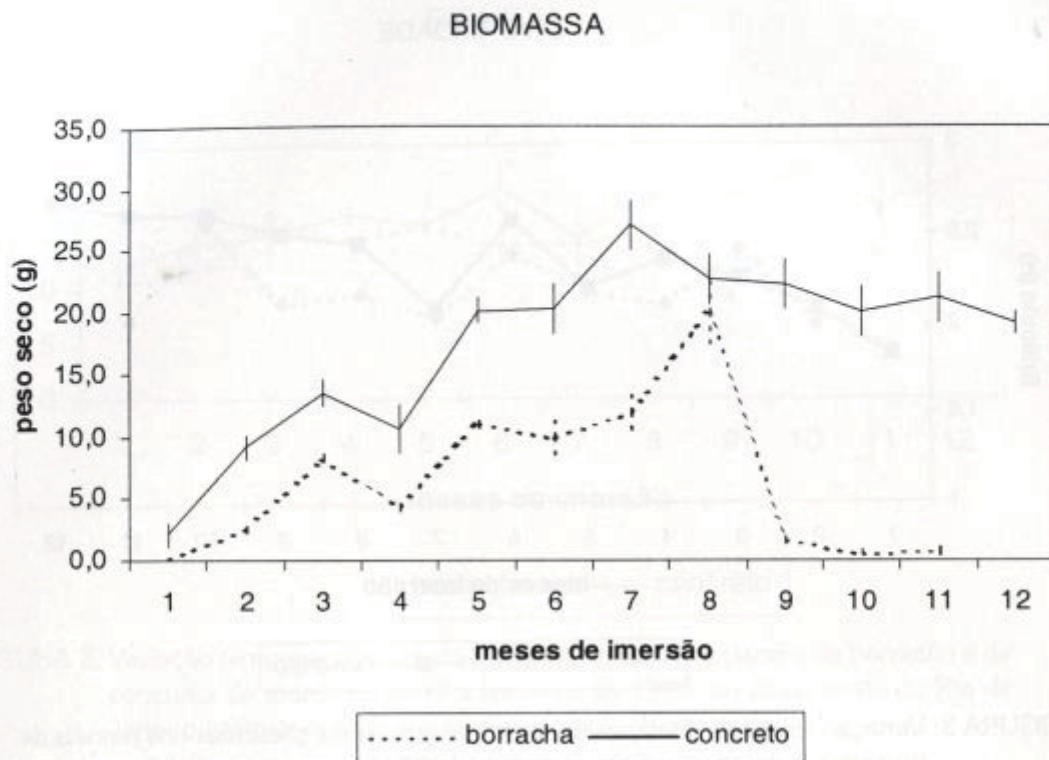


FIGURA 4: Variação temporal da biomassa total (peso seco) nos painéis de borracha e de concreto, de março de 1997 a fevereiro de 1998, no litoral norte do Rio de Janeiro (valores médios e desvio padrão de 4 amostras).

Taxa de substituição de táxons (turnover). Os valores de substituição de táxons foram em geral similares em ambos os substratos. Nos painéis de borracha, o pico máximo foi observado apenas no 10º mês (51%), decorrente da imigração máxima (16 novos táxons) nesta etapa. Nos painéis de concreto, após um declínio contínuo no processo de substituição de táxons até o 4º mês, os valores permaneceram estáveis (em torno de 30%) até o décimo mês, decrescendo em seguida (Figura 5).

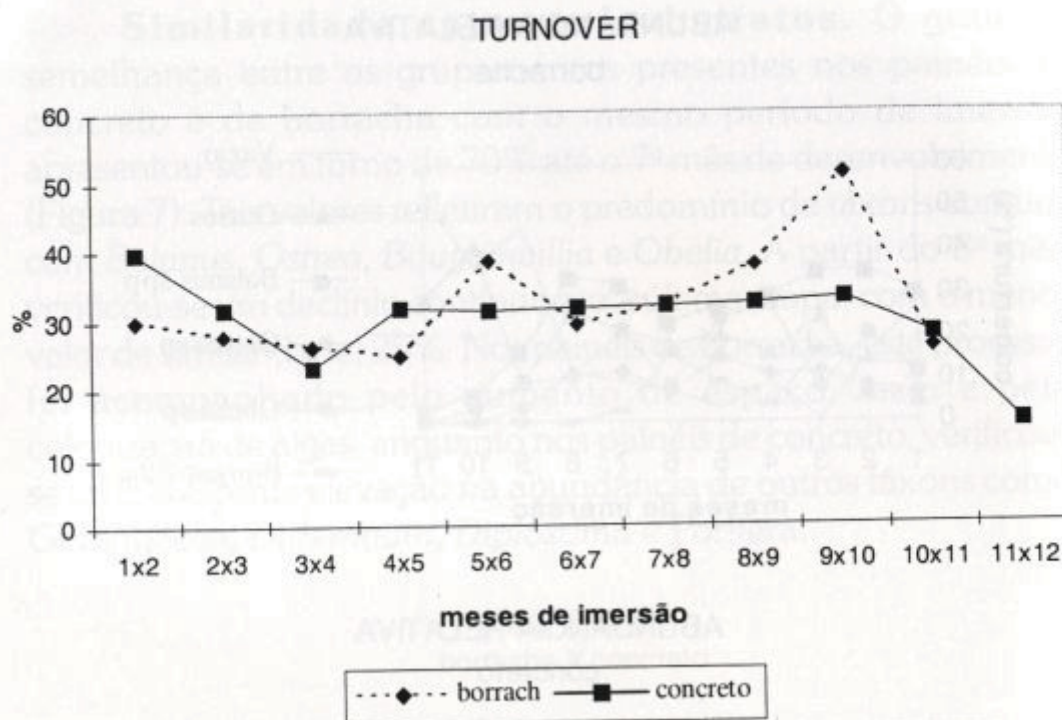


FIGURA 5: Taxa de substituição de táxons (turnover) entre os períodos de imersão consecutivos nos painéis de borracha e de concreto, de março de 1997 a fevereiro de 1998, no litoral norte do Rio de Janeiro (valores médios de 4 amostras).

Caracterização da Comunidade Incrustante. Um total de 64 táxons foi registrado nos painéis de borracha, predominando nos oito meses iniciais *Balanus*, *Obelia*, *Ostrea* e *Bougainvillia* (Figura 6a). O primeiro destacou-se como o táxon mais abundante com valores médios de cobertura variando de 24 a 36%. A partir do 9º mês, verificou-se um incremento na porcentagem de espaço vazio e na colonização de outros táxons, destacando-se as algas com 30% de cobertura em média. A comunidade incrustante nos painéis de concreto caracterizou-se por um total de 73 táxons. Os mais abundantes foram comuns aos observados nos painéis de borracha, destacando-se igualmente *Balanus* spp, ao longo de 7 meses (Figura 6b). A partir desta etapa, verificou-se um aumento na abundância relativa de outros táxons como Porifera, Gorgonacea e Ascidiacea colonial.

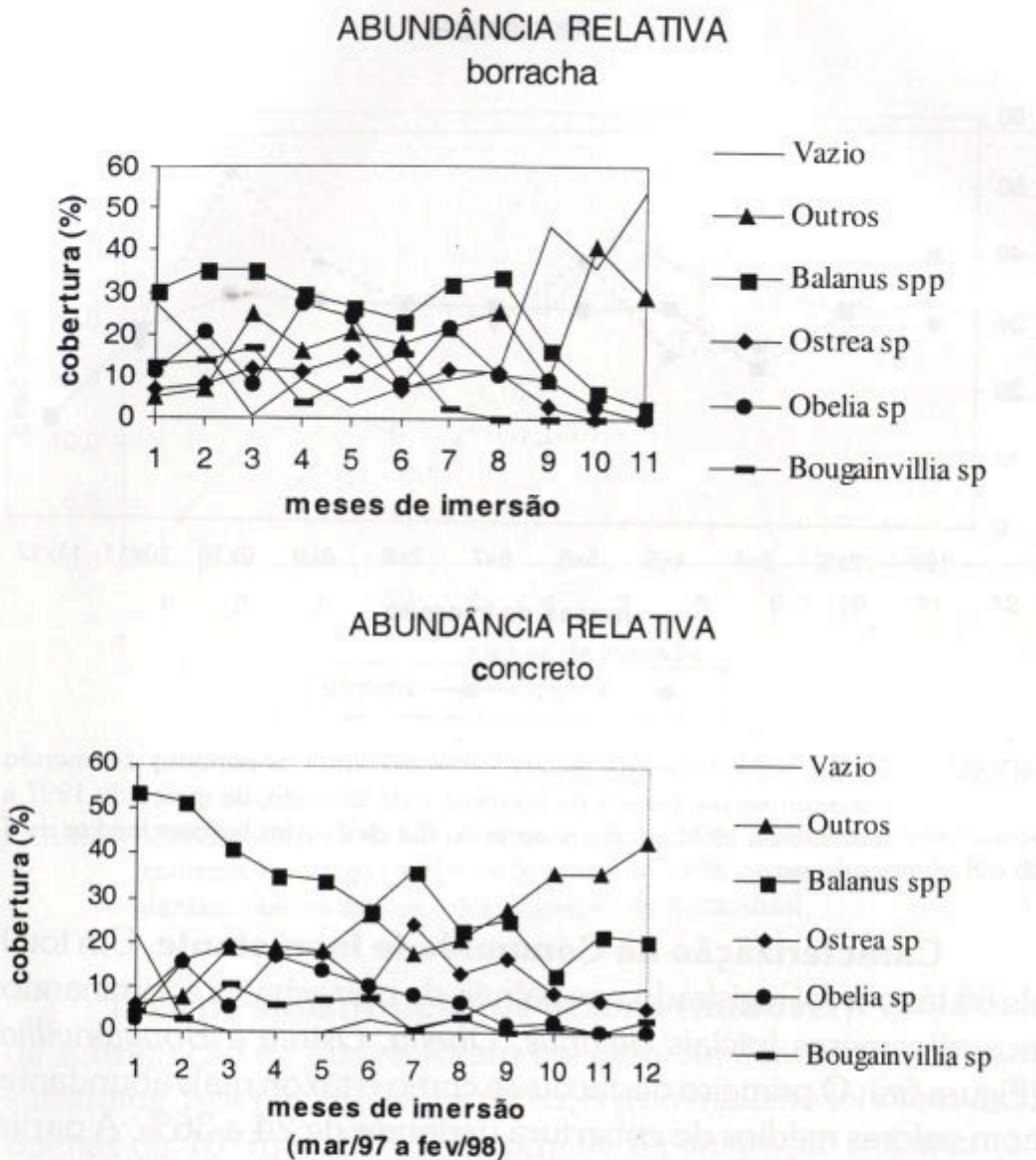


FIGURA 6: Variação temporal da porcentagem de cobertura dos táxons mais abundantes nos painéis de borracha (a) e de concreto (b), de março de 1997 a fevereiro de 1998, no litoral norte do Rio de Janeiro (valores médios de 4 amostras).

Similaridade entre os substratos. O grau de semelhança entre os grupamentos presentes nos painéis de concreto e de borracha com o mesmo período de imersão apresentou-se em torno de 70% até o 7^o mês de desenvolvimento (Figura 7). Tais valores refletiram o predomínio de táxons comuns com *Balanus*, *Ostrea*, *Bougainvillia* e *Obelia*. A partir do 8^o mês, verificou-se um declínio contínuo até a última etapa, com o menor valor de similaridade, 25%. Nos painéis de borracha, este processo foi acompanhado pelo aumento de espaço vazio e pela colonização de algas, enquanto nos painéis de concreto, verificou-se uma crescente elevação na abundância de outros táxons como *Gorgonacea*, *Didemnum*, *Diplosoma* e *Porifera*.

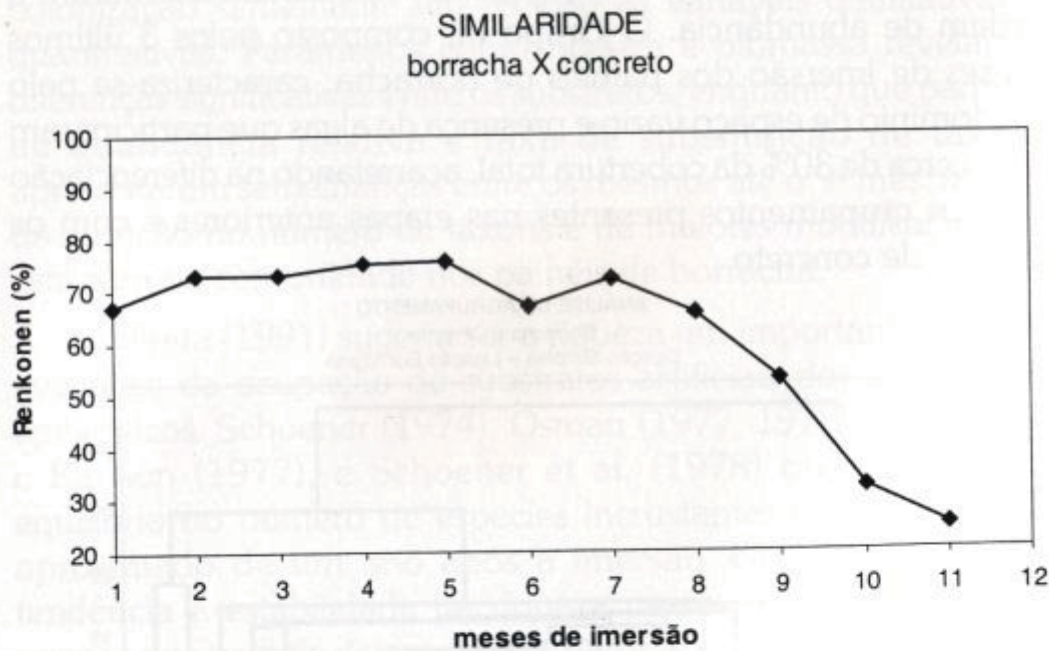


FIGURA 7: Variação temporal da similaridade entre os grupamentos presentes nos painéis de borracha e de concreto, de março de 1997 a fevereiro de 1998, no litoral norte do Rio de Janeiro (valores médios de 4 amostras).

Análise de agrupamento. A análise de agrupamento evidenciou 3 grupos principais: Grupo I – composto pelos painéis de borracha e concreto com 1 mês de imersão; Grupo II – painéis de borracha de 2 a 8 meses de imersão e painéis de concreto de 2 a 12 meses de imersão e Grupo III – painéis de borracha de 9 a 11 meses (Figura 8). O Grupo I caracteriza o início da colonização (1^a mês), período de assentamento dos colonizadores primários que ocorreu de forma semelhante nos dois substratos, com valores inferiores de riqueza e *Balanus* como táxon dominante comum, seguido de *Bougainvillia*, *Obelia* e *Ostrea*. O Grupo II reúne a maioria das etapas (borracha de 2 a 8 meses e concreto de 2 a 12 meses), caracterizadas pela dominância comum de *Balanus*, enquanto que os demais táxons mais importantes alternaram a ordem de abundância. O Grupo III, composto pelos 3 últimos meses de imersão dos painéis de borracha, caracteriza-se pelo predomínio de espaço vazio e presença de algas que participaram com cerca de 30% da cobertura total, acarretando na diferenciação com os grupamentos presentes nas etapas anteriores e com os painéis de concreto.

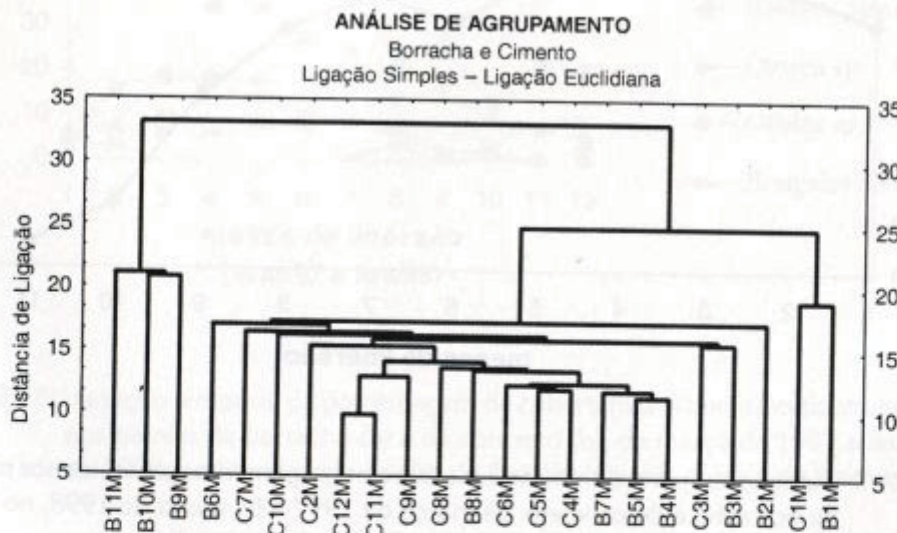


FIGURA 8: Dendrograma representativo da análise de agrupamento das amostras referentes a todos os meses de imersão nos painéis de borracha e de concreto pelo método de ligação simples através da distância Euclidiana como medida de similaridade. Variável analisada = porcentagem de cobertura (ex. B11M: painéis de borracha com 11 meses).

Discussão

A determinação dos padrões de colonização e desenvolvimento de organismos epibênticos em recifes artificiais depende em grande parte da interação de fatores como clima, relações intra e interespecíficas, profundidade, características físicas e químicas do substrato, etc. (Bohnsack, 1989).

Os agrupamentos sésseis foram comparáveis entre os diferentes substratos por terem sido empregados em uma mesma área, ao mesmo tempo e profundidade, com desenho similar.

No presente estudo, painéis de borracha e de concreto imersos em mesma época, apresentaram uma história de colonização semelhante em relação às variáveis qualitativas e quantitativas. Parâmetros como riqueza e biomassa revelaram diferenças significativas entre os substratos, enquanto que padrões de abundância relativa e taxa de substituição de táxons apresentaram semelhanças entre os mesmos até o 9^o mês, apesar da redução no número de táxons e de maiores modificações na estrutura da comunidade nos painéis de borracha.

Hirata (1991) sugeriu ser a riqueza um importante fator na avaliação da ocupação de substratos artificiais por organismos epibênticos. Schoener (1974), Osman (1977, 1978), Sutherland e Karlson (1977), e Schoener et al. (1978) observaram um equilíbrio no número de espécies incrustantes em um período aproximado de um ano após a imersão. Neste estudo, uma tendência à estabilidade na riqueza parece ter sido alcançada apenas nos painéis de concreto a partir do 8^o mês.

Henschel et al. (1990) ao testarem diferentes materiais, observaram que a riqueza decresceu na borracha, de modo semelhante ao presente estudo. Por outro lado, Anderson e Underwood (1994) encontraram um maior número de espécies no concreto apenas nas etapas iniciais de colonização, enquanto que no presente estudo o substrato de concreto, mais rugoso, apresentou riqueza superior em quase todo o período.

Segundo Simberloff e Wilson (1969), na fase inicial da comunidade as taxas de imigração e extinção são lineares, não dependentes da densidade populacional, com maiores taxas de colonização em locais desabitados, quando o espaço disponível ainda é abundante. No decorrer do processo sucessional, as relações entre assentamento e extinção começam a ser determinadas por interações intra e interespecíficas, decorrentes da modificação espacial do substrato. Acompanhando tais variações, a taxa de substituição de táxons nos painéis de borracha tornou-se mais acentuada a partir do 6º mês, refletindo um aumento na dinâmica de substituição de espécies e maiores interações populacionais.

A biomassa total nos painéis de borracha alcançou seu valor máximo no 8º mês. Possivelmente, a superfície lisa destes painéis não permitiu uma boa fixação dos organismos. Segundo Petraitis (1990), superfícies de menor rugosidade podem afetar de forma negativa o recrutamento de moluscos bivalves.

Henschel et al. (1990), ao testarem diferentes substratos, observaram biomassa similar em todos, mas decrescente na borracha a partir do 1º mês, face à menor aderência do material. No presente estudo, a biomassa limite na borracha (20g) foi atingida no 8º mês, valor este atingido aos 5 meses nos painéis de concreto, sugerindo uma maior velocidade e intensidade de colonização nestes últimos.

A comunidade incrustante caracterizou-se pelo predomínio de *Balanus* seguido por *Ostrea*, *Obelia* e *Bougainvillia* em grande parte do período de estudo em ambos os materiais. Apesar da relativa semelhança entre os grupamentos devido aos principais táxons, foram observados padrões de preferência e desenvolvimento dos organismos, revelados pela ocorrência de espécies exclusivas e pela maior abundância de *Balanus* e *Ostrea* no concreto e de *Bougainvillia* e *Obelia* na borracha.

Wethey (1986) observou que larvas cipris apresentam preferência, ativa ou passiva, por micro-habitats criados pelas elevações e reentrâncias da superfície do substrato. Silva et al. (1980), descrevendo o desenvolvimento de comunidades epibênticas em painéis de cimento, madeira e vidro na Baía de Guanabara, RJ, também encontraram uma preferência de balanídeos pelo cimento (superfície mais rugosa) em relação à madeira (rugosidade intermediária) e ao vidro (superfície mais lisa).

Interações epibióticas têm sido consideradas importantes na determinação da distribuição e abundância de organismos sésseis (Nandakumar, 1996). A abundância relativa de *Ostrea* em ambos os substratos pode ser justificada por características inerentes a sua estratégia de vida como habilidade epibiótica, cobrindo e "sufocando" outros organismos sésseis e capacidade de mudar a direção do crescimento de suas valvas a fim de evitar conspecíficos (Underwood e Anderson, 1994).

Os resultados obtidos confirmam as hipóteses propostas por Pomerat e Weiss (1946) e por Anderson e Underwood (1994) de que superfícies fibrosas ou porosas são mais atrativas a larvas de invertebrados incrustantes do que superfícies lisas. De modo contrário, não corroboram a proposta de Harlin e Lindbergh (1977) de que superfícies rugosas são mais propícias à colonização de algas. Estas apresentaram porcentagens de cobertura mais elevadas na borracha, principalmente no início do verão, período de maior luminosidade das águas na região.

Tais resultados tentam explicar a preferência dos organismos epibênticos por determinados substratos, principalmente quanto a certas características de superfície como rugosidade e porosidade. O concreto com maior rugosidade do que a borracha (pneus usados), acarretou em diferenças quanto à preferência dos organismos por uma superfície.

O presente estudo caracteriza a borracha como um material menos favorável à fixação e colonização de organismos

incrustantes, possivelmente, por possuir uma superfície para assentamento mais lisa do que o concreto. De modo geral, superfícies rugosas apresentam uma maior variedade de micro-habitats do que as lisas, sugerindo maiores possibilidades de colonização e, conseqüentemente, maior riqueza e abundância. Além disso, superfícies com maior relevo, constituem um refúgio contra a predação e epibiose (Walters e Wethey, 1991).

Deve-se ressaltar que além da rugosidade e porosidade, outros fatores diferenciam os substratos testados (cor, hidrofobicidade, pH). Segundo Evans (1997 apud Walker et al., 2002), o recrutamento negativo de corais e outros grupamentos bênticos na borracha pode estar relacionado à liberação de exudados pela mesma. Um estudo preliminar realizado em laboratório com pneus revelou a liberação de zinco e uma série de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, de relativa toxicidade (Collins et al., 1995).

Por outro lado, recifes artificiais constituídos por pneus apresentam vantagens: podem apresentar diversas configurações, são duráveis, facilmente manipuláveis e o custo é relativamente baixo. No entanto, necessitam de um peso adequado, pois carecem de estabilidade, podendo rolar, raspando o substrato natural e tornar-se um perigo aos banhistas.

Como com qualquer ferramenta de manejo, deve-se ter cautela ao se introduzir novos materiais de recifes artificiais marinhos em uma área. Diferentes resultados são obtidos com o mesmo desenho de recife em diferentes profundidades e latitudes (Sherman et al., 2001). Entretanto, indicações do presente estudo revelam maior estabilidade e colonização de organismos bênticos em substratos artificiais de concreto.

Agradecimentos

Prof. Eurico Cabral de Oliveira Filho (Inst. Biociências/USP) pela identificação das macroalgas; Prof. Ronaldo Novelli (CBB/UENF)

pela identificação dos moluscos e auxílio nos trabalhos de campo; M.Sc. Vicente V. Faria, M.Sc. Marcelo Paes Gomes e M.Sc. Eduardo Godoy pelo auxílio na construção e instalação das estruturas artificiais; CNPq e FAPERJ pelos auxílios e bolsas concedidos.

Referências Bibliográficas

Anderson, M. J.; Underwood, A. J. 1994. Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. **Journal Experimental Marine Biology and Ecology**, **184**: 217-236.

Bohnsack, J. A. 1989. Are high densities of fish at artificial reefs the result of habitat limitation on behavioral preference? **Bulletin of Marine Science**, **44**: 631-645.

Collins, K. J.; Jensen, A. C.; Albert, S. 1995. A review of waste tyre utilization in the marine environment. **Chemistry & Ecology**, **10**: 205-216.

Crisp, D. J.; Ryland, J. S. 1960. Influence of filming and of surface texture on the settlement of marine organisms. **Nature**, **185**: 119.

Harlin, M. M.; Lindbergh, J. M. 1977. Selection of substrata by seaweeds: optimal surface relief. **Marine Biology**, **40**: 33-40.

Henschel, J. R.; Cook, P. A.; Branch, G. M. 1990. The colonization of artificial substrata by marine sessile organisms in False Bay. 2. substratal material. **South Africa Journal Marine Science**, **9**: 299-307.

Hirata, T. 1991. Succession of sessile organisms on experimental plates immersed in Nabeta Bay, Izu Peninsula, Japan. III. Temporal changes in community structure. **Ecological Research**, **6**: 101-111.

Hulbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monograph**, **54**: 187-211.

Krebs, C. J. 1989. **Ecological Methodology**. Harper & Row, New York, 654 pp.

Marcus, E. 1937. Bryozoários Marinhos Brasileiros I. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, IV** (Zoologia nº 1): 1-224

Marcus, E. 1938. Bryozoários Marinhos Brasileiros II. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, IV** (Zoologia nº 2): 1-196

Migotto, A. E. 1993. **Hidroides (Hydrozoa, Cnidaria) marinhos bentônicos da região costeira do Canal de São Sebastião, SP**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 258 pp.

Monniot, C.; Monniot, F. 1972. Clé mondiale des genres d'Ascidies. **Archives de Zoologie Experimentale et Générale, 113** (3): 311-367.

Morri, C.; Boero, E. 1986. **Catalogue of Main Marine Fouling Organisms. Vol. 7. Hydroids**. Ed. Office d'Etudes Marines et Atmosphérique, Belgium, 89 pp.

Nandakumar, K. 1996. Importance of timing of panel exposure on the competitive outcome and succession of sessile organisms. **Marine Ecology Progress Series, 131**: 191-203.

Osman, R. W. 1977. The establishment and development of a marine epifaunal community. **Ecological Monograph, 47**: 37-63.

Osman, R. W. 1978. The influence of seasonality and stability on the species equilibrium. **Ecology, 59**: 383-399.

Pearce, J. B.; Chang, S. 1982. The efficacy of various materials in artificial reef construction. **International Council of Exploration of the Sea, 64**: 1-11.

Petratis, P. S. 1990. Direct and indirect effects of predation, herbivory and surface rugosity on mussel recruitment. **Oecologia, 83**: 405-413.

- Pomerat, C. M.; Weiss, C. M. 1946. The influence of texture and composition of surface on the attachment of sedentary marine organisms. **Biological Bulletin**, **91**: 57-65.
- Rodrigues, S. A.; Rocha, R. M.; Lotufo, T. M. C. 1998. **Guia Ilustrado para Identificação das Ascídias do Estado de São Paulo**. IBUSP/FAPESP, São Paulo, 190 pp.
- Schoener, A. 1974. Colonization curves for planar marine islands. **Ecology**, **55**: 818-827.
- Schoener, A.; Long, E. R.; DePalma, J. R. 1978. Geographic variation in artificial island colonization curves. **Ecology**, **59**: 367-382.
- Sherman, R. L.; Gilliam, D. S.; Spieler, R. E. 2001. Site dependent differences in artificial reef function: implications for coral reef restoration. **Bulletin of Marine Science**, **69**: 1053-1056.
- Silva, S. H. G.; Nunes, A. J. B.; Alves, M. C. S.; Lage, V. A. 1980. Contribuição ao estudo das comunidades incrustantes que ocorrem na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. Resultados Preliminares. **Revista Brasileira de Biologia**, **40** (2): 367-382.
- Simberloff, D. S.; Wilson, E. O. 1969. Experimental zoogeography of islands: the colonization of empty islands. **Ecology**, **50**: 278-296.
- Sutherland, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. **American Naturalist**, **108** (964): 859-873.
- Sutherland, J. P.; Karlson, R. H. 1977. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. **Ecological Monograph**, **44**: 425-446.
- Talbot, F. H.; Russel, B. C.; Anderson, G. R. V. 1978. Coral reef fish communities: unstable high-diversity systems? **Ecological Monograph**, **48**: 425-440.
- Underwood, A. J.; Anderson, M. J. 1994. Seasonal and temporal aspects of recruitment and succession in an intertidal estuarine

fouling assemblage. **Journal Marine Biological Association of United Kingdom**, **74**: 563-584.

Valentin, J. L.; Monteiro-Ribas, W. M. 1993. Zooplankton community structure on the East-Southeast Brazilian Continental Shelf (18-23°S latitude). **Continental Shelf Research**, **13** (4): 407-424.

Walker, B. K.; Henderson, B.; Spieler, R. 2002. Fish assemblages associated with artificial reefs of concrete aggregates or quarry stone offshore Miami Beach, Florida USA. **Aquatic Living Resources**, **15**: 95-105.

Walters, L. J.; Wethey, D. S. 1991. Settlement, refuges, and adult body form in colonial marine invertebrates: a field experiment. **Biological Bulletin**, **180**: 112-118.

Wethey, D. S. 1986. Ranking of settlement cues by barnacle larvae: influence of surface contour. **Bulletin of Marine Science**, **39**: 393-400.

Young, P. S. 1987. Taxonomia e distribuição da Sub-Classe Cirripedia no Atlântico Sul Ocidental. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 315 pp.

Zar, J. H. 1984. **Biostatistical Analysis**. 2nd ed. Prentice-Hall, New Jersey, 718 pp.