



Influência da urbanização no padrão de zonação vertical das comunidades bentônicas da região entremarés dos recifes de arenito de Pernambuco, Brasil

Influence of urbanization on vertical zonation of benthic communities in sandstone reefs of Pernambuco, Brazil

Edson Régis Tavares Pessoa Pinho de Vasconcelos*, Juliane Bernardi*, Thiago Nogueira de Vasconcelos Reis*, Adilma de Lourdes Montenegro Cocentino*, Arsenio José Areces Mallea**, Mutue Toyota Fujii***

*Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Professor Moraes Rego, 1235, Recife, PE, Brasil.

**Instituto de Oceanología, Universidad de La Habana. Ave 1^{era}, No. 18406, entre 184 y 186. Rpto Flores, Playa, La Habana, Cuba.

***Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. Av. Miguel Estéfano, 3687, 04301-902 São Paulo, SP, Brasil.

Autor para correspondência: edsonrtp@gmail.com

Agradecimentos

Os autores agradecem as instituições de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Doutorado Sanduíche, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto (Proc. 484647/2012-1) no qual este trabalho se insere e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de Doutorado do primeiro autor. MT Fujii agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Proc. 303915/2013-7).

RESUMO

O crescente grau de urbanização da costa brasileira, sobretudo na região Nordeste, promove vários impactos nas comunidades marinhas. Esses impactos influenciam diretamente os organismos que habitam a região entremarés dos recifes costeiros. Este estudo descreve as respostas das comunidades bentônicas a diferentes graus de urbanização em cinco recifes de arenito da costa nordeste do Brasil. Foram estudadas três zonas verticais: inferior, médio e superior da região entremarés em três níveis de urbanização: Não Urbanizado, Processo de Urbanização e Urbanização Consolidada. Para a análise dos dados foram utilizadas análises univariadas (ANOVA) e multivariadas (PCO e PERMDISP) considerando os descritores riqueza de táxons (S), diversidade (H' – Shannon), dominância ($1-\lambda$, Gini – Simpson), frequência relativa dos táxons (TAX) e os grupos morfofuncionais (GMF). A zona média foi diferente dos outros dois níveis para os três descritores (Diversidade, Número de espécies e Dominância), e a que apresentou maior diversidade e riqueza. Porém, para esses descritores o gradiente de urbanização não teve influência sobre as comunidades. Quando comparada a comunidade como um todo foram notadas diferenças nas comunidades tanto no que se refere a urbanização quanto a zonation vertical, e a interação entre os dois fatores. A alta abundância de *Chondracanthus acicularis*, *Ulva* e *Bryopsis* foram capazes de simplificar a comunidade desfazendo o padrão de zonation nas áreas com urbanização consolidada. Uma vez que a urbanização aumenta os impactos na região costeira, podendo diminuir ou romper padrões como a zonation vertical e suas interações ecológicas, fica clara a importância desse tipo de estudo no monitoramento para manutenção da biodiversidade e dos serviços ecológicos.

ABSTRACT

The increasing degree of urbanization that is taking place on Brazilian coast, particularly in its northeastern shore, generates several impacts upon marine communities. Those impacts directly affect organisms that inhabit the intertidal zone of coastal reefs. The present study describes the behavior of benthic communities in five beachrock reefs of Pernambuco coast, subject to different degree of urbanization. Three vertical levels were studied in the intertidal zone: low, median and high, in relation to

three different degrees of urbanization (not urbanized, urbanization in progress and consolidated urbanization). Data were analyzed with univariate (ANOVA) and multivariate (PCA and PERMDISP) methods, using as variables taxa richness (S), Shannon Diversity (H'), dominance ($1-\lambda$, Gini- Simpson), relative frequency of taxa (TAX) and presence of morphofunctional groups (GMF). Concerning three descriptors used (biodiversity, richness and dominance), intermediate bottom was different from the other bottom levels studied in the intertidal zone; it showed higher richness and biodiversity and attending to both descriptors, the urbanization gradient does not seem to have significant influence upon the community. Despite this, when communities as a whole were compared, differences were detected concerning urbanization degree and vertical zonation, also considering the interaction between the two factors. The high abundances of *Chondracanthus acicularis*, *Ulva* and *Bryopsis* were able to simplify the community, thus destroying zonation patterns in areas with consolidated urbanization. After urbanization increase, impacts on coastal areas diminish or destroy vertical patterns and their ecological interactions within them, enhancing the importance of these types of studies for monitoring changes, as well as for the maintenance of biodiversity and ecological services.

Palavras-chave: biodiversidade, grupos morfofuncionais, impactos antrópicos, macroalgas, distribuição vertical.

Keywords: *biodiversity, morphofunctional groups, anthropogenic impacts, macroalgae, vertical distribution.*

INTRODUÇÃO

A região entremarés representa a interface entre o ambiente terrestre e marinho, e apresenta variações de acordo com a estação do ano, características geográficas e oceanográficas locais. Essa região pode ser classificada em quatro distintas zonas, relacionadas ao tempo de exposição ao ar: inferior que fica exposta apenas nas marés baixas de sizígia, média que fica exposta ao ar durante as marés de sizígia e de quadratura, a superior que fica submersa apenas nas marés altas e a zona de *spray* que só está submersa em eventos de tempestades e ressacas, mas sempre recebe influência marinha (Garrison, 2015).

Os organismos que habitam a região entremarés, como as macroalgas e os demais organismos sésseis, estão adaptados ao dinamismo dos fatores que ali atuam, tais como turbulência, eventos periódicos de emersão e imersão, aporte direto e indireto de águas provenientes da drenagem continental, além de físico-químicos e biológicos (Chapman & Trevarthen, 1953). Tais condições geram um padrão de distribuição diferencial dos organismos na região entremarés. Esse padrão é conhecido como zonação vertical e representa a resposta dos organismos ao gradiente de características bióticas e abióticas, estando os organismos distribuídos em faixas ou zonas preferenciais, limitadas pelas suas capacidades de colonizar ou permanecer em um determinado limite (Lubchenco, 1980; Underwood & Chapman, 1996; Rodil, Lastra & Sánchez-Mata, 2006).

A zonação vertical é um padrão consistente até em escala regional em localidades de mesma zona biogeográfica (Chappuis, Terradas, Cefali, Mariani & Ballesteros, 2014), sendo a estabilidade do habitat ligada diretamente aos organismos que compõem os padrões de zonação (Hurd, Harrison, Bischof & Lobban, 2014). Em um ambiente com impactos de origem antrópica esse padrão de distribuição vertical pode ser alterado (Borowitzka, 1972; Díez, Secilla, Santolaria & Grostiaga, 1999). Os estresses causados às comunidades bentônicas incluem pisoteio, aporte de nutrientes através de esgotos industriais ou domésticos, extrativismo e sedimentação, que são os principais impactos diretos e indiretos de ambientes densamente urbanizados (Eriksson & Johansson, 2005; Machado et al., 2009; Scherner et al., 2013). As consequências desses impactos podem ser o desequilíbrio, a simplificação de habitat ou até mesmo a extinção dos padrões de distribuição (Portugal, Carvalho, Macedo-Carneiro, Rossi &

Oliveira-Soares, 2016). Tais variações podem ser detectadas através de distintos descritores e métricas (Hewitt, Trush, Legendre, Cummings & Norkko, 2002), sendo aconselhável o uso de mais de um descritor para melhor compreensão de como está o padrão de distribuição das espécies, bem como dos mecanismos que geram e mantêm esses padrões (González-Megías, Gómez & Sánchez-Piñero, 2007)

O Brasil é considerado um país megadiverso (UNEP, 2011) e a região costeira um *hotspot* para biodiversidade (Marchese, 2015). A zona econômica exclusiva detém o *status* de área prioritária de baixo impacto, sendo uma região que representa oportunidades proativas de conservação, antes de estar sujeita ao alto grau de impacto (Selig et al., 2014). No entanto, o aumento da densidade demográfica e do desenvolvimento econômico, principalmente da região nordeste (IBGE, 2010), coloca o Brasil em um quadro de alto crescimento de estressores antropogênicos que ameaçam os ecossistemas e biodiversidades locais (Halpern et al., 2015). Assim, torna-se crucial as ações de políticas públicas, sobretudo a produção e divulgação científica na gestão dos recursos e dinâmica dos ambientes costeiros (Scherer, Costa, Boski Azeiteiro & Dias, 2014).

O objetivo deste trabalho foi descrever a influência do nível de urbanização na modificação da estrutura (composição taxonômica, abundância, riqueza, diversidade, dominância e diversidade morfofuncional) das comunidades bentônicas dominadas por macroalgas na zona entremares de recifes de arenito da costa de Pernambuco (Brasil).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

As amostras foram coletadas, entre novembro de 2013 a agosto de 2014, nos recifes de arenito do estado de Pernambuco, ($7^{\circ}32'52''S$, $34^{\circ}50'27''O$ e $8^{\circ}54'57''S$, $35^{\circ}09'76''O$), localizados na província biogeográfica do Atlântico Tropical Sul Ocidental (Spalding et al., 2007), na ecorregião do Nordeste brasileiro. O clima local é tropical úmido com temperaturas médias anuais entre $25^{\circ}C$ e $30^{\circ}C$. As marés são classificadas como mesomares semidiurnas, dominadas por ondas (Amaral et al., 2016). Os recifes são corpos rochosos compostos basicamente de grãos de quartzo cimentados por carbonato de cálcio (Manso, Coutinho, Guerra & Soares, 2006), dispostos paralelamente à linha de costa e que podem ter alguns quilômetros de comprimento e alguns metros de largura (Kempf, 1969; Pereira et al., 2002).

Desenho amostral

O método de amostragem adotado para a quantificação da comunidade de macroalgas e outros organismos sésseis foi o de *Line Point Transect* (Miller & Ambrose, 2000), que consiste em técnica não destrutiva, onde o observador registra, *in situ*, o táxon em menor nível taxonômico possível, nos pontos previamente definidos. Foram adotadas transecções de 10 metros perpendiculares à linha de costa na borda oceânica dos recifes, nas zonas inferior, média e superior da região entremares, os registros realizados a cada 10 cm.

A amostragem se deu em cinco áreas recifais da costa pernambucana (Tabela 1), sendo estabelecidos cinco transectos por área. Cada transecto foi dividido em três zonas: Inferior (de 0,0 a 3 m), Média (de 3,1 a 7 m) e Superior (de 7,1 a 10 m). As coletas ocorreram em duas ocasiões, totalizando 150 amostras.

Nível de urbanização

Os locais de amostragem foram classificados de acordo com o grau de urbanização, utilizando variáveis listadas na Tabela 1. As variáveis de população (hab), densidade demográfica (hab/km²) e ocupação das residências, foram obtidas no Atlas Digital do Brasil Censo 2010 e pela ferramenta População e domicílios em grade estatística (IBGE, 2010). Os dados de esgotamento sanitário são provenientes do SNIS (2011). As praias de Pina e Boa Viagem foram classificadas como de Urbanização Consolidada (UC), Enseada dos Corais e Suape em Processo de Urbanização (PU) e Toquinho como Não Urbanizada (NU).

Tabela 1. Grau de urbanização de acordo com variáveis usadas para as localidades próximas aos recifes amostrados. Não urbanizado (NU), Processo de urbanização (PU) e Urbanização Consolidada (UC).

Table 1. Urbanization degree in correspondence with selected variables used for describing localities near sampled reefs. Not Urbanized (NU), Urbanization in Progress (PU) and Urbanization Consolidated (UC).

Local	Grau de urbanização	Densidade demográfica (hab.km ⁻²) ¹	População (hab) ¹	Ocupação das residências	Esgoto coletado ²	Coordenadas
Pina	UC	>500	29,176	86.4%	35.5 %	(8.08804 S, 34.87887 W)
Boa Viagem	UC	>500	122,922	86%	35.5 %	(8.12451 S, 34.89583 W)
Enseada dos Corais	PU	250.1 a 500	3,700	29.1%	8.8%	(8.31891 S, 34.94822 W)
Suape	PU	100.1 a 250	1,631	54.9%	8.8%	(8.37005 S, 34.94938 W)
Toquinho *	NU	100.1 a 250	582	32.8%	-	(8.56885 S, 35.03069 W)

¹ Fonte: Atlas do Censo Demográfico de 2010.

² Fonte: SNIS 2011.

* Dados demográfico da grade estatística IBGE (2010).
hab: número de habitantes

Análise dos dados

Foram utilizados os descritores diversidade (Shannon H' base e), dominância (1-λ, Gini-Simpson), número de espécie (S), abundância relativa dos táxons (TAX, menor nível possível identificado *in situ*) e grupo morfofuncional (GMF, adaptado de Stennick & Dethier, 1993; Benedetti-Cecchi, 2001; Balata, Piazzzi & Rindi, 2015), os invertebrados sésseis foram agrupados de acordo com suas classificação trófica (Paine, 1980) Os fatores testados foram: zona, com três níveis (inferior, média e superior) e urbanização também com três níveis (NU, PU e UC).

Para a comparação dos descritores diversidade, dominância e riqueza foi utilizada ANOVA (*two-way*), uma vez que os pressupostos foram atingidos (testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov). O teste *post-hoc* utilizado foi o de Tukey (HSD).

Foi utilizada PERMANOVA (ANOVA multivariada permutacional) para comparar a estrutura das comunidades entre zonas (ZON) e níveis de urbanização (URB). Para essa análise calculou-se abundância relativa por táxon ($A_i = N_i/T$, onde A_i é a abundância relativa do táxon i , N_i o número de vezes que o táxon apareceu na amostra e T o total de organismos na amostra). A matriz de similaridade foi formada com índice de Bray-Curtis e dados transformados em Log (x+1). Uma medida para avaliar a β diversidade é a dispersão multivariada dos grupos (Anderson, Ellingsen & McArdle 2006), e no presente estudo foi utilizada a análise PERMANDISP (Anderson, Gorley & Clarke, 2008).

As representações gráficas do plano multivariado foram feitas a partir de gráficos de PCO (Análise de coordenadas principais). Para identificar quais táxons estão mais correlacionados com os fatores testados foi feita a correlação de Pearson ($r > 0,5$) contra os principais eixos da PCO. Para todos os testes estatísticos foi utilizado o nível de significância de 5%. As análises univariadas foram realizadas no programa STATISTICA v10 (Statsoft, 2011). Todas as análises multivariadas foram realizadas no programa Primer E v6 Permanova+ (Anderson et al., 2008)

RESULTADOS

Foram registrados 47 táxons, com predominância de macroalgas (Tabela 2). Trinta e seis táxons foram em locais UC, 36 em PU e 28 em NU. Foram registrados 37 táxons na zona inferior, 43 na média e 40 na superior.

Tabela 2. Lista dos organismos e os respectivos grupos morfofuncionais registrados na região entremarés dos recifes de arenito da costa de Pernambuco.

Table 2. Inventory of organisms and morphofunctional groups registered in intertidal zone of beachrock reefs at Pernambuco coast.

	Táxon	Grupo Morfofuncional	GMF
Chlorophyta	<i>Anadyomene</i> J.V.Lamouroux	Folioso	FO
	<i>Bryopsis</i> J.V.Lamouroux	Sifonáceo	SI
	<i>Caulerpa cupressoides</i> (Vahl) C.Agardh	Sifonáceo	SI
	<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh	Sifonáceo	SI
	<i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G. Gmelin) M. Howe	Sifonáceo	SI
	<i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory de Saint-Vincent) Kützing	Filamentoso	FI
	<i>Cladophora</i> Kützing	Filamentoso	FI
	<i>Dictyosphaeria</i> Decaisne	Corticado	CO
	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	Folioso	FO
	<i>Ulva lingulata</i> A.P.de Candolle	Filamentoso	FI
Ochrophyta	<i>Chnoospora</i> J.Agardh	Canópia	CA
	<i>Dictyopteris delicatula</i> J.V.Lamouroux	Corticado Folioso	CF
	<i>Dictyota</i> J.V.Lamouroux	Corticado Folioso	CF
	Ectocarpales C.E.Bessey	Filamentoso	FI
	<i>Padina</i> . Adanson	Corticado Folioso	CF
	<i>Sargassum</i> C.Agardh	Canópia	CA
Rhodophyta	<i>Acanthophora spicifera</i> (M.Vahl) Børgesen	Corticado	CO
	<i>Amansia</i> J.V.Lamouroux	Corticado	CO
	<i>Bryothamnion seaforthii</i> (Turner) Kützing	Corticado	CO
	<i>Bryothamnion triquetrum</i> (S.G.Gmelin) M.A.Howe	Corticado	CO
	Corallinaceae J.V.Lamouroux	Calcário Articulado	AC
	<i>Centroceras clavulatum</i> (C.Agardh) Montagne	Filamentoso	FI
	Ceramiaceae Dumortier	Filamentoso	FI

	Táxon	Grupo Morfofuncional	GMF
	<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq	Corticado	CO
	<i>Corallina</i> Linnaeus	Calcário Articulado	AC
	<i>Cryptonemia seminervis</i> (C.Agardh) J.Agardh	Corticado	CO
	<i>Digenea simplex</i> (Wulfen) C.Agardh	Corticado	CO
	<i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskål) Feldmann & G.Hamel	Corticado	CO
	<i>Ceratodictyon planicauli</i> (W.R. Taylor) M.J. Wynne	Corticado	CO
	<i>Gelidium</i> J.V.Lamouroux	Corticado	CO
	<i>Gracilaria</i> Greville	Corticado	CO
	<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V.Lamouroux	Corticado	CO
	<i>Jania</i> J.V.Lamouroux	Calcário Articulado	AC
	<i>Laurencia dendroidea</i> J.Agardh	Corticado	CO
	<i>Laurencia translucida</i> M.T.Fujii & Cordeiro-Marino	Corticado	CO
	<i>Palisada flagellifera</i> (J.Agardh) K.W.Nam	Corticado	CO
	<i>Palisada furcata</i> (Cordeiro-Marino & M.T.Fujii) Cassano & M.T.Fujii	Corticado	CO
	<i>Palisada perforata</i> (Bory de Saint-Vincent) K.W.Nam	Corticado	CO
	<i>Wrangelia</i> C.Agardh	Filamentoso	FI
	“Turf”	Filamentoso	FI
Animais Sésseis	<i>Brachidontes</i> sp. Swainson	Filtrador	FL
	Cirripedia (infra-Class)	Filtrador	FL
	Porifera (Phylum)	Filtrador	FL
	<i>Echinometra lucunter</i> Linnaeus	Herbívoro	HE
	<i>Palythoa</i> Lamouroux	Coral	CN
	Polychaeta (Class)	Filtrador	FL
	<i>Protopalythoa</i> Verril	Coral	CN

A riqueza variou entre os níveis de urbanização e zonas do entremarés. Diversidade e dominância variaram significativamente apenas entre zonas. A zona MED foi diferente dos outros dois níveis para os três descritores (Tabela 3). Em relação aos níveis de urbanização, a diversidade variou significativamente entre os níveis UC x NU e PU x NU. Por sua vez, a riqueza variou significativamente entre os níveis UC x PU e PU x NU (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA considerando os fatores e níveis de urbanização (URB) e zonas entremarés (ZON).

Table 3. ANOVA results considering as factors the degree of urbanization and levels in intertidal bottom, as well as the interaction between them.

ANOVA (TwoWay)						
H' (Diversidade)						
Fatores	df	SS	MS	F	p	
ZON	2	1,87	0,94	78,82	0,002	
URB	2	0,73	0,37	27,98	0,052	
ZONxURB	4	22,5	0,56	37,01	0,07	
S (Número de espécies)						
	df	SS	MS	F	p	
ZON	2	103,2	51,63	14,03	0,001	
URB	2	29,84	14,92	40,56	0,034	
ZONxURB	4	19,87	49,68	13,50	0,25	
1-λ (Dominância)						
	df	SS	MS	F	p	
ZON	2	0,220	0,110	44,47	0,017	
URB	2	0,128	641,8	25,85	0,074	
ZONxURB	4	0,432	0,108	59,08	0,001	
Post-hoc de Tukey						
Zonas	H'		S		1-λ	
	t	p	t	p	t	p
INF x MED	38,99	0,001	41,15	0,001	33,10	0,001
INF x SUP	0,660	0,496	0,940	0,36	14,07	0,173
MED x SUP	28,19	0,005	46,831	0,001	14,11	0,14
Grau de Urbanização						
UC x PU	0,231	0,807	20,35	0,046	NS	NS
UC x NU	20,66	0,041	12,68	0,197	NS	NS
PU x NU	22,21	0,029	26,85	0,008	NS	NS

NS – não significativo

Ao comparar os fatores Zona e Urbanização utilizando os descritores Grupo morfofuncional (GMF) e abundância relativa dos táxons (TAX), foram detectadas diferenças entre os níveis bem como interações entre os fatores (Tabela 4). A dispersão variou significativamente entre os níveis dos dois fatores. Para o fator Urbanização foram encontradas diferenças entre os níveis UC x NU e PU x NU, tanto para o descritor TAX quanto para o GMF. Em relação ao fator Zonas, as diferenças significativas ocorreram entre os níveis INF x SUP para o descritor TAX. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os níveis quando o descritor foi GMF.

Tabela 4. Resumo da PERMANOVA e PERMDISP considerando os fatores urbanização e zonas entre marés. Abundância relativa dos táxons (TAX) e Grupo morfofuncional (GMF).

Table 4. PERMANOVA and PERMDISP results considering as factors urbanization degree and levels in intertidal bottom. Relative abundance of taxa (TAX) and morphofunctional groups (GMF).

Permanova					
	TAX			GMF	
	Graus de liberdade	Pseudo-F	P(perm)	Pseudo-F	P(perm)
ZON (INF, MED, SUP)	2	13,58	0,001	14,44	0,001
URB (UC, UP, NU)	2	40,45	0,001	60,77	0,001
ZONxURB	4	4,62	0,001	4,39	0,001
Pairwise test					
	TAX			GMF	
ZON	t	P(perm)	t	P(perm)	
INFxMED	3,01	0,001	28,82	0,001	
INFxSUP	4,96	0,001	50,92	0,001	
MEDxSUP	2,71	0,001	30,12	0,001	
URB					
UCxPU	8,27	0,001	96,85	0,001	
UCxNU	6,22	0,001	83,97	0,001	
PUxNU	3,15	0,001	30,48	0,001	
Interação de UC em ZON					
INFxMED	1,46	0,064	18,58	0,045	
INFxSUP	2,95	0,001	34,41	0,001	
MEDxSUP	1,77	0,017	19,93	0,019	
Interação de PU em ZON					
INFxMED	24,02	0,001	26,63	0,002	
INFxSUP	43,16	0,001	37,57	0,001	
MEDxSUP	22,50	0,003	18,71	0,016	
Interação de NU em ZON					
INFxMED	26,35	0,001	23,24	0,017	
INFxSUP	34,59	0,001	37,83	0,001	
MEDxSUP	18,44	0,006	17,83	0,046	
Permadisp (Pairwise)					
	TAX		GMF		
	t	P(perm)	t	P(perm)	
(INF,MED)	0,30	0,80	0,81	0,48	
(INF,SUP)	0,35	0,73	0,61	0,59	
(MED,SUP)	0,31	0,97	0,11	0,92	
(UC,PU)	0,13	0,88	0,46	0,63	
(UC,NU)	4,50	0,001	1,91	0,007	
(PU,NU)	4,50	0,001	3,24	0,006	

Foi possível identificar a formação de grupos de amostras distintos utilizando tanto a abundância relativa dos táxons, como os grupos morfofuncionais. O descritor TAX foi mais preciso em mostrar que os níveis extremos dos fatores Urbanização (UC x NU) e Zonas (INF x

SUP) são diferentes tanto em relação à posição quanto às suas dispersões no plano multivariado (Fig 1, A e B) (Tab 4). Para os descritores GMF e TAX os eixos dos PCO1 explicam cerca de 49 e 32 % da variação das amostras, respectivamente. Esses eixos estão fortemente associados à separação dos níveis de urbanização PU e NU com valores negativos (esquerda) e UC com valores positivos (direita) da Figura 1. Para os descritores GMF e TAX os eixos dos PCO2 explicam cerca de 22 e 18 % da variação das amostras, respectivamente, estando associado à separação dos níveis inferior e superior do fator ZON, quando associado aos níveis de urbanização PU e NU (Fig 1 B), como mostra os resultados de interação da PERMANOVA (Tab 4), porém com uma fraca separação quando comparado com o nível UC de urbanização.

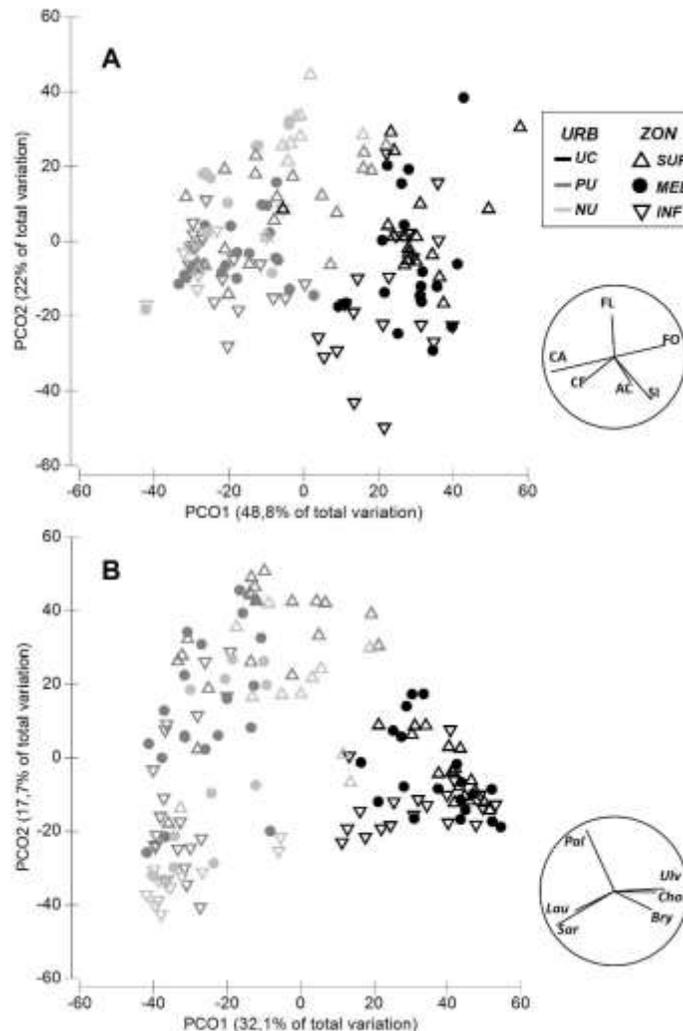


Figura 1. Representação gráfica do PCO. A) Análise baseada no descritor Grupo morfofuncional (GMF). B) Análise baseada no descritor Frequência dos táxons (TAX). Os diagramas em círculos representam vetores de correlação de Pearson ($r > 0,04$) para as variáveis. Filtrador (FL), Canópia (CA), Corticado folioso (CF), Calcário articulado (AC), Sifonáceo (SI) e Folioso (FO) para os grupos morfofuncionais. *Palisada perforata* (Pal), *Laurencia dendroidea* (Lau), *Sargassum* sp (Sar), *Ulva* sp. (Ulv), *Chondracanthus acicularis* (Chon) e *Bryopsis* sp. (Bry).

Figure 1. Graphic representation of PCA. A) Analysis based on Morphofunctional Group (GMF) as descriptor. B) Analysis based on Frequency of Taxa (TAX) as descriptor. The diagrams in circles represent Pearson's Correlation vectors ($r > 0,04$) for variables. For morphofunctional groups were considered Filters feeders (FL), Canopy (CA), Corticated folioses (CF), Calcareus Articulated (AC), Siphonaceus (SI) and Folioses (FO). *Palisada perforata* (Pal), *Laurencia dendroidea* (Lau), *Sargassum* sp (Sar), *Ulva* sp. (Ulv), *Chondracanthus acicularis* (Chon) e *Bryopsis* sp. (Bry).

As correlações entre as variáveis e o arranjo multivariado do PCO estão representadas pelos diagramas da Figura 1 e seus resultados, apresentados na Tabela 5. As algas *Bryopsis* (Bry), *Chondracanthus acicularis* (Chon) e *Ulva* (Ulv), estão todas correlacionadas aos valores positivos do PCO1 ($r = 0,51, 0,59$ e $0,70$, respectivamente), que está associado as amostras de localidades de urbanização UC (Tabela 5, Fig 1).

Tabela 5. Correlação de (r) Pearson $>0,4$ dos táxons de algas de Grupo morfofuncional (GMF) e os principais eixos da PCO.

Table 5. Pearson's Correlation Coefficient ($>0,4$) of macroalgae taxa and morphofunctional groups (GMF), and their arrangement on the most important axes of PCA.

Táxons	PCO1	PCO2
(Bry) <i>Bryopsis</i>	0,46	-0,21
(Chon) <i>Chondracanthus acicularis</i>	0,60	-0,11
(Lau) <i>Laurencia dendroidea</i>	-0,50	-0,27
(Pal) <i>Palisada perforata</i>	-0,28	0,88
(Sar) <i>Sargassum</i>	-0,74	-0,47
(Ulv) <i>Ulva</i>	0,78	0,01
Grupo morfofuncional (GMF)		
FO (Folioso)	0,75	-0,15
AC (Calcário articulado)	0,29	-0,41
SI (Sifonáceo)	0,47	-0,60
CA (Canópia)	-0,73	0,18
CF (Corticado folioso)	-0,34	0,20
FL (Filtrador)	-0,01	-0,59

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam o padrão de distribuição vertical das comunidades bentônicas da região entremarés recifal e o efeito da urbanização sobre as mesmas. A zona média dos recifes apresentou os maiores valores de diversidade, riqueza e dominância. Isto se deve ao fato da zona média estar localizada entre as zonas inferior e superior e possuir espécies em comum com estas zonas. Recentemente, Rabelo, Soares, Bezerra & Matthews-Cascon (2015) e Portugal et al. (2016) também identificaram claro padrão de zonação em recifes do Nordeste brasileiro. No entanto, estes autores encontraram maior diversidade e número de espécies na zona inferior do entremarés. Ocorre que os recifes estudados por esses autores (costa do Ceará-Brasil) formam grandes platôs, sendo mais extensos e menos íngremes que os do presente estudo, os quais apresentam maior declividade em direção ao mar (Bezerra et al., 2005; Ferreira-Junior, Araujo, Vieira, Neumann & Gregorio, 2011).

Nas zonas mais elevadas da região entremarés dos recifes, estresses abióticos como dessecação e irradiância são fatores limitantes para os organismos (Raffaelli & Hawkins, 1996), uma vez que ao se afastar da água as condições tornam-se mais hostis para a comunidade como um todo (Stachowicz, 2002; Benedetti-Cecchi, Bertocci, Vaselli & Maggi, 2006; Garbary, 2007). Isto pode explicar o fato da zona superior apresentar menor diversidade e menor número de espécies que as outras zonas nos recifes estudados.

Além disso, outros fatores, como batimento de ondas, podem influenciar a distribuição das comunidades nas distintas zonas (Heaven & Scrosati, 2008). A zona inferior é a que mais sofre

com alto grau de hidrodinamismo e o número de espécies que suportam e/ou conseguem se estabelecer ao estresse mecânico das ondas e à pressão de herbivoria/predação de espécies-chaves como o ouriço (Wootton, 1995), é limitada, diminuindo a riqueza de espécies e diversidade dessa zona (Lubchenco & Menge, 1978; Archambault & Bourget, 1996).

Foi evidente a variação das comunidades em locais com distintos níveis de urbanização. Assim como a zona média da região entremarés, o nível de urbanização intermediário (PU) apresentou os maiores valores significativos de riqueza e diversidade. A perda da qualidade de um ecossistema pode ser demonstrada por decréscimos nos valores de riqueza de espécie e diversidade, o que seria esperado com o aumento do nível de urbanização (Wells, Wilkinson, Wood & Scanlan, 2007). Porém, ao analisar um gradiente de distúrbio, deve-se levar em conta que o grau de impacto intermediário pode aumentar a diversidade, uma vez que as sucessões secundárias a um distúrbio geram um mosaico de diferentes estágios sucessionais, promovendo a coexistência de um maior número de espécies (Grime, 1974; Connell, 1978; Johst & Huth, 2005).

As análises univariadas não conseguiram detectar mudanças na estrutura destas comunidades em relação ao fator urbanização, sendo os dados multivariados de frequência relativa mais adequados para evidenciar estas mudanças. As inferências ecológicas evidenciadas pelos testes multivariados são de grande importância para elucidação dos efeitos que os fatores e suas interações causam num experimento ou determinada comunidade, uma vez que testam esses efeitos em todas as assembleias de espécies ao mesmo tempo (Anderson, 2001).

As respostas dos grupos morfofuncionais foram identificadas tanto em relação aos níveis de zonação quanto aos níveis de urbanização. Steneck & Dethier (1994) sugerem que poucos atributos das espécies possuem uma importância substancial na estrutura da comunidade de macroalgas e essas características são compartilhadas mesmo com espécies de histórias evolutivas distintas. A assembleia de organismos classificados em sua função ecológica foi sensível a mudanças no nível de urbanização, no entanto não obteve resolução suficiente para contrastar o efeito do gradiente de urbanização nas distintas zonas da região entremarés.

O grupo dos filtradores (FL) e das algas calcárias articuladas (AC) possuem sua distribuição correlacionada principalmente com o gradiente vertical de zonação, sendo FL mais correlacionado com a região superior e AC com a inferior. Tal padrão é persistente em vários estudos que analisam gradiente vertical, tanto em regiões tropicais (Portugal et al., 2016), quanto temperadas (Bustamante, Branch & Eekhout, 1997; Gómez & Houvinen, 2011). Por outro lado, os grupos das algas foliosas (FO) e sifonáceas (SI) tiveram correlação positiva com o gradiente de urbanização, ou seja, preferiram ambientes com maior grau de urbanização e impacto antrópico. Essas algas possuem estratégias comuns, que são o rápido crescimento em ambientes com elevada disponibilidade de nutrientes e em estágios iniciais de sucessão. Experimentos de bioinvasão e recrutamento atestam que essas algas tendem a se estabelecer com a disponibilidade de substrato (Lotze, Schramm, Schories & Worm, 1999; Arrontes, 2002; Arenas, Sánchez, Hawkins & Jenkins 2006).

Na região entremarés, as comunidades de organismos são estruturadas por diferentes processos como distúrbio físico, predação, heterogeneidade espacial, limitação de recrutamento e diferentes histórias evolutivas (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1996; Airoidi, 2000; Menge et al. 2005). Os distúrbios causados pela urbanização (pisoteio, *input* de nutrientes, extrativismo, contaminação, mudança nos padrões de sedimentação) também são fatores que atuam nessas comunidades. Esses processos que atuam sobre a diversidade nem sempre promovem a complementariedade dos usos do recurso, especialmente onde a diversidade das assembleias bentônicas é mantida por um mosaico de *patches* em diferentes estágios sucessionais. Desta forma, os distúrbios ou a alteração no padrão nem sempre são notados pelos grupos morfofuncionais.

A hipótese principal do estudo foi aceita apenas ao se comparar as comunidades das distintas zonas no gradiente de urbanização através do descritor de abundância relativa dos táxons. De fato, esse foi o maior nível de detalhe para as comunidades estudadas. A diferença das comunidades se dá no plano multivariado, tanto em relação à distância dos centróides (URB e ZON), quanto na dispersão das amostras (URB). Quando analisada a interação dos fatores, fica evidente a perda do padrão de zonação vertical através da simplificação da zona inferior e média de ambientes de urbanização consolidada. Esse evento não se repete nos níveis PU e NU.

As macroalgas do gênero *Sargassum* são consideradas perenes e de estágio de sucessão avançada, e estão correlacionadas com a zona inferior das localidades com menor nível de urbanização, bem como *Laurencia dendroidea*. *Palisada perforata* tem preferência pelas zonas média e superior de ambientes com pouca urbanização. Uma vasta literatura (Areces, 2001; Orfanidis, Panayotidis & Stamatis, 2003; Lakkis & Novel-Lakkis, 2007; Martins et al., 2012, Areces et al., 2015) cita espécies de *Laurencia*, *Sargassum* e *P. perforata* (como *Laurencia papillosa*) como macroalgas que tendem a colonizar lugares pouco impactados por contaminação orgânica. Por outro lado, algas como *Ulva*, *Bryopsis* e *Chondracanthus acicularis* foram constantes e dominantes nos recifes dos locais de urbanização consolidada, e não apresentaram correlações com a zonação vertical. Vários trabalhos no Brasil associam essas macroalgas com os efeitos deletérios da urbanização (Martins et al., 2012; Scherner et al., 2013; Portugal et al., 2016), salientando que o aumento da presença de *Ulva* em um determinado ambiente é um bom indicador de adição de compostos nitrogenados na água.

Em conclusão, foi demonstrado que um padrão ecológico forte como a zonação vertical dos organismos bentônicos, é um indicativo de saúde ambiental, abrindo novas perspectivas de estudos sobre a perda de diversidade e serviços ecossistêmicos nos ambientes recifais tropicais de áreas impactadas.

REFERÊNCIAS

- Airoldi, L. (2000). Effects of disturbance, life histories, and overgrowth on coexistence of algal crusts and turfs. *Ecology*, 81(3), 798-814.
- Amaral, A. C. Z., Corte, G. N., Filho, J. S. R., Denadai, M. R., Colling, L. A., Borzone, C., & Roberto, J. (2016). Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64 (2), 5-16.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral ecology*, 26(1), 32-46.
- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., & Harrison, S. P. (2010). Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology letters*, 14(1), 19-28.
- Anderson, M. J., Ellingsen, K. E., & McArdle, B. H. (2006). Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology letters*, 9(6), 683-693.
- Anderson, M.J., Gorley R.N & Clarke K.R. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and Statistical Methods. PRIMER-E:Plymouth, UK.
- Archambault, P., & Bourget, E. (1996). Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Marine Ecology Progress Series*, 136, 111-121.
- Areces A. J., Cocentino, A. L. M., Reis, T. N. V., Vasconcelos, E. R. T. P. P., Guimarães-Barros, N. C. & Fujii, M. T. (2015). Las Macroalgas como Bioindicadoras da Calidad Ambiental y Cambios Climáticos. Guia Prática. *Brazilian Journal of Ecology*, v. Especial, 1-64.
- Areces, A.J. (2001). La ficoflora intermareal como bioindicadora de calidad ambiental. Estudio de caso: el litoral habanero. In: Alveal, K., Antezana, T. (eds.). *Sustentabilidad de la biodiversidad*,



- un problema actual. *Bases científico-técnicas, Teorizaciones y Proyecciones.*, (569-589). Univ. de Concepción, Concepción, Chile.
- Arenas, F., Sánchez, I., Hawkins, S. J., & Jenkins, S. R. (2006). The invasibility of marine algal assemblages: role of functional diversity and identity. *Ecology*, *87*(11), 2851-2861.
- Arrontes, J. 2002. Mechanisms of range expansion in the intertidal brown alga *Fucus serratus* in northern Spain. *Marine Biology* *141*:1059–1067.
- Balata, D., Piazzini, L., & Rindi, F. (2011). Testing a new classification of morphological functional groups of marine macroalgae for the detection of responses to stress. *Marine biology*, *158*(11), 2459-2469.
- Benedetti-Cecchi, L. (2001). Variability in abundance of algae and invertebrates at different spatial scales on rocky sea shores. *Marine Ecology Progress Series*, *215*, 79-92.
- Benedetti-Cecchi, L., Bertocci, I., Vaselli, S., & Maggi, E. (2006). Temporal variance reverses the impact of high mean intensity of stress in climate change experiments. *Ecology*, *87*(10), 2489-2499.
- Benedetti-Cecchi, L., Nuti, S., & Cinelli, F. (1996). Analysis of spatial and temporal variability in interactions among algae, limpets and mussels in low-shore habitats on the west coast of Italy. *Marine Ecology Progress Series*, *144*, 87-96.
- Bezerra, F. H. R., Amaral, R. F., Lima-Filho, F. P., Ferreira Junior, A. V., Sena, E., & Diniz, R. F. (2005). Beachrock Fracturing in Brazil. *Journal of Coastal Research*, *42*, 319-332.
- Borowitzka, M. A. (1972). Intertidal algal species diversity and the effect of pollution. *Marine and Freshwater Research*, *23*(2), 73-84.
- Bustamante, R. H., Branch, G. M., & Eekhout, S. (1997). The influences of physical factors on the distribution and zonation patterns of South African rocky-shore communities. *South African Journal of Marine Science*, *18*(1), 119-136.
- Chapman, V. J., & Trevarthen, C. B. (1953). General schemes of classification in relation to marine coastal zonation. *Journal of Ecology*, *41*(1), 198-204.
- Chappuis, E., Terradas, M., Cefali, M. E., Mariani, S., & Ballesteros, E. (2014). Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *147*, 113-122.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, *199*, 1302–1310.
- Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A., & Gorostiaga, J. M. (1999). Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *Marine Pollution Bulletin*, *38*(6), 463-472.
- Eriksson, B. K., & Johansson, G. (2005). Effects of sedimentation on macroalgae: species-specific responses are related to reproductive traits. *Oecologia*, *143*(3), 438-448.
- Ferreira Junior, A. V., Araujo, T. C. M., Vieira, M. M., Neumann, V. H. & Gregorio, M. N. (2011). Petrologia dos arenitos de praia (beachrocks) na costa central de Pernambuco. *Geociências (UNESP)*, *30*, 545-559.
- Garbary, D. J., (2007). The margin of the sea: survival at the top of the tides. In: J. SECKBACH (ed.), *Algae and cyanobacteria in extreme environments*: (pp. 173-191). Berlin: Springer-Verlag.
- Garrison, T. S. (2015). *Oceanography: an invitation to marine science*. Nelson Education.
- Gómez, I., & Huovinen, P. (2011). Morpho-functional patterns and zonation of South Chilean seaweeds: the importance of photosynthetic and bio-optical traits. *Marine Ecology Progress Series*, *422*, 77-91.
- González-Megías, A., María Gómez, J. & Sánchez-Piñero, F. (2007). Diversity-habitat heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales. *Ecography*, *30*, 31–41.
- Grime, J. 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, *250*, 26–31.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C. & Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature communications*, *6*.
- Heaven, C. S., & Scrosati, R. A. (2008). Benthic community composition across gradients of intertidal elevation, wave exposure, and ice scour in Atlantic Canada. *Marine Ecology Progress Series*, *369*, 13-23.



- Hewitt, J. E., Thrush, S. F., Legendre, P., Cummings, V. J., & Norkko, A. (2002). Integrating heterogeneity across spatial scales: interactions between *Atrina zelandica* and benthic macrofauna. *Marine Ecology Progress Series*, 239, 115-128.
- Hurd, C. L., Harrison, P. J., Bischof, K., & Lobban, C. S. (2014). Physico-Chemical factors as environmental stressors in seaweed biology. In: *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press. 294-348
- IBGE – Institute of Geography and Statistics. (2010). *Censo demográfico de 2010*. Rio de Janeiro
- Johst, K., & Huth, A. (2005). Testing the intermediate disturbance hypothesis: when will there be two peaks of diversity? *Diversity and Distributions*, 11(1), 111-120.
- Kempf, M. (1969). A plataforma continental de Pernambuco (Brasil): nota preliminar sobre a natureza do fundo. *Trabalhos Oceanográficos*, 9, 125-148.
- Lakkis, S., & Novel-Lakkis, V. (2007). Diversity and distribution of macrophytes along the coast of Lebanon (Levantine Basin, Eastern Mediterranean). *Rapport Commission Internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Mediterranee*, 38.
- Lotze, H. K., Schramm, W., Schories, D., & Worm, B. (1999). Control of macroalgal blooms at early developmental stages: *Pilayella littoralis* versus *Enteromorpha* spp. *Oecologia*, 119(1), 46-54.
- Lubchenco, J. (1980). Algal zonation in the New England rocky intertidal community: an experimental analysis. *Ecology*, 61(2), 333-344.
- Lubchenco, J., & Menge, B. A. (1978). Community development and persistence in a low rocky intertidal zone. *Ecological Monographs*, 48(1), 67-94.
- Machado, R. C. A., Gusmão, L. C., Vila-Nova, D. A., Leal, A. F., Oliveira, A. C. A., & Soares, C. L. R. (2009). Percepção sócio-ambiental dos turistas e trabalhadores da praia de Porto de Galinhas (Pernambuco-Brasil) acerca do ecossistema recifal. *RGCI-Revista de Gestão Costeira Integrada*, 9(3) 71–78.
- Manso, V. A. V., Coutinho, P. N., Guerra, N.C., & Soares, C. F. A. (2006). Pernambuco. In: D. Muehe (Ed), *Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro* (pp.179-196), Brasília, Brasil, Ministério do Meio Ambiente.
- Marchese, C. (2015). Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. *Global Ecology and Conservation*, 3, 297-309.
- Martins, C. D., Arantes, N., Faveri, C., Batista, M. B., Oliveira, E. C., Pagliosa, P. R., & Horta, P. A. (2012). The impact of coastal urbanization on the structure of phytobenthic communities in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64(4), 772-778.
- Menge, B. A., Allison, G. W., Blanchette, C. A., Farrell, T. M., Olson, A. M., Turner, T. A., & van Tamelen, P. (2005). Stasis or kinesis? Hidden dynamics of a rocky intertidal macrophyte mosaic revealed by a spatially explicit approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 314(1), 3-39.
- Miller, A. W., & Ambrose, R. F. (2000). Sampling patchy distributions: comparison of sampling designs in rocky intertidal habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 196, 1-14.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P., & Stamatis, N. (2003). An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological indicators*, 3(1), 27-33.
- Paine, R. T. (1980). Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49(3), 667-685.
- Pereira, S. M. B.; Oliveira-Carvalho, M. F.; Angeiras, J. A. P; Bandeira-Pedrosa, M. E.; Oliveira, N. M. B.; Torres, J, Gestinari, L. M. S.; Cocentino, A. L. M., Santos, M. D, Nascimento, P. R. F. & Cavalcanti D. R. (2002). Algas marinhas bentônicas do Estado de Pernambuco. In: M. Tabarelli & J. M. C. Silva (Ed.). *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco* (pp. 97–124). Recife: Editora Massangana.
- Portugal, A. B., Carvalho, F. L., de Macedo Carneiro, P. B., Rossi, S., & de Oliveira Soares, M. (2016). Increased anthropogenic pressure decreases species richness in tropical intertidal reefs. *Marine Environmental Research*, 120, 44-54.
- Quinn GP, Keough MJ (2002) *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, Cambridge.



- Rabelo, E. F., Soares, M. D. O., Bezerra, L. E. A., & Matthews-Cascon, H. (2015). Distribution pattern of zoanthids (Cnidaria: Zoantharia) on a tropical reef. *Marine Biology Research*, 11(6), 584-592.
- Raffaelli, D. & Hawkins. S. (1996). *Intertidal Ecology*. Chapman & Hall, London.
- Rodil, I. F., Lastra, M., & Sánchez-Mata, A. G. (2006). Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1), 267-279.
- Scherer, M., Costa, M. F., Boski, T., Azeiteiro, U., & Dias, J. A. (2014). Integrated coastal management in Latin America: the ever new world. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 14, 663-668.
- Scherner, F., Horta, P.A., de Oliveira, E.C., Simonassi, J.C., Hall-Spencer, J.M., Chow, F., Nunes, J.M.C. & Pereira, S.M.B., 2013. Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 76, 106e115.
- Selig, E. R., Turner, W. R., Troëng, S., Wallace, B. P., Halpern, B. S., Kaschner, K., & Mittermeier, R. A. (2014). Global priorities for marine biodiversity conservation. *PLoS One*, 9(1), e82898.
- SNIS. (2011). SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2011*. (pp. 432). Brasília BR, Ministério das cidades.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X. & Martin, K. D. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.
- Stachowicz, J. J., Fried, H., Osman, R. W., & Whitlatch, R. B. (2002). Biodiversity, invasion resistance, and marine ecosystem function: reconciling pattern and process. *Ecology*, 83(9), 2575-2590.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com
- Steneck, R. S., & Dethier, M. N. (1994). A functional group approach to the structure of algal dominated communities. *Oikos*, 476-498.
- Underwood, A. J., & Chapman, M. G. (1996). Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia*, 107(2), 212-224.
- Unep. (2011). Annual Report 2010: A Year in Review. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P., & Scanlan, C. (2007). The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1), 151-161.
- Wootton, J. T. (1995). Effects of birds on sea urchins and algae: a lower-intertidal trophic cascade. *Ecoscience*, 2(4), 321-328.