

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL, VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL
DA COMUNIDADE BÊNICA DA ZONA ENTREMARES NA COSTA
NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL

BRUNO PEREIRA MASI

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2007

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL, VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL
DA COMUNIDADE BÊNICA DA ZONA ENTREMARES NA COSTA
NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL.

BRUNO PEREIRA MASI

“Dissertação apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biotecnologia da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em
Ecologia e Recursos Naturais”.

Orientadora: Profª Drª Ilana Rosental Zalmon

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2007

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL, VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL
DA COMUNIDADE BÊNICA DA ZONA ENTREMARES NA COSTA
NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL.

BRUNO PEREIRA MASI

“Dissertação apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biotecnologia da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em
Ecologia e Recursos Naturais”.

Aprovada em 14 de março de 2007

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Coutinho – IEAPM

Prof^a Dr^a Helena Passeri Lavrado - UFRJ

Prof. Dr Luis Felipe Skinner - UERJ

Prof.^a Dr.^a Ilana Rosental Zalmon (Doutora, Zoologia) - UENF
Orientadora

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2007

Dedico a todos que de alguma forma participaram comigo deste que significa mais um passo a caminho do meu maior objetivo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi possível devido à contribuição de diversas pessoas e agradecer a todas essas pessoas é mais que uma formalidade.

Primeiramente agradeço a minha família que, apesar da distância, teve uma influência muito importante em toda a minha formação educacional e profissional.

A minha orientadora Profa. Dra. Ilana Rosental Zalmon, principal responsável por mais um passo na minha vida profissional. Agradeço pela paciência, dedicação, confiança e carinho que foram de fundamental importância para esses anos de convívio e para a realização desse estudo.

Aos meus tios José Eduardo Paiva, Ingrid Beck Paiva e família, que me receberam em sua residência, onde tive todo o apoio logístico, fazendo com que fosse possível a minha permanência muito mais que agradável em Campos dos Goytacazes.

Aos amigos que fiz na UENF, principalmente Renato, Fred, Igor, Tiago e Mercadante e que apesar de não haver entre nós “conta sanguínea”, temos muita sintonia.

Aos amigos da pós-graduação Willian, André, José Mauro, Werther, Daniel e muitos outros por todos os momentos que passamos juntos.

A Ana Ferreira de Queiroz pelo carinho e companheirismo nos momentos finais do meu curso de mestrado.

Aos professores da Universidade Estadual do Norte Fluminense, particularmente a Profa. Dra. Ana Paula M. Di Benedetto que sempre acreditou no meu trabalho e aos amigos Prof. Dr. Carlos Eduardo de Rezende (Carlão) e Prof. Dr. Paulo Pedrosa pelas nossas conversas e pelos seus exemplos de competência.

A FAPERJ e ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Norte Fluminense pela concessão da bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

Fundamentação teórica	1
Referências Bibliográficas	7
Capítulo 1 - Benthic Community Zonation in a Breakwater on the North Coast of the State of Rio de Janeiro, Brazil	12
<i>Abstract</i>	12
<i>Introduction</i>	13
<i>Materials and Methods</i>	13
<i>Results</i>	15
<i>Discussion</i>	20
<i>Resumo</i>	21
<i>References</i>	22
Capítulo 2 - Variabilidade espacial na zonação de comunidade bêntica do entremarés em molhes na costa norte do Estado do Rio de Janeiro	23
<i>Abstract</i>	23
<i>Resumo</i>	24
<i>Introdução</i>	25
<i>Material e Métodos</i>	28
<i>Resultados</i>	32
<i>Discussão</i>	37
<i>Referências Bibliográficas</i>	43
<i>Legenda de Figuras</i>	49
<i>Tabelas</i>	51
<i>Figuras</i>	57
Capítulo 3 - Variação sazonal da comunidade bêntica da região entremarés em substrato rochoso no Farol de São Tomé, Rio de Janeiro, Brasil	58
<i>Abstract</i>	58
<i>Resumo</i>	59
<i>Introdução</i>	60
<i>Material e Métodos</i>	63
<i>Resultados</i>	66
<i>Discussão</i>	70

<i>Referências Bibliográficas</i>	75
<i>Tabelas e Figuras</i>	81
Considerações finais	91

Anexo I - Macedo I. M., Masi B. P., Zalmon I. R. 2006. Comparision of rocky intertidal community sampling methods at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanograph*, 54(2/3):147-154.

RESUMO

O presente estudo visa oferecer uma base de dados quali-quantitativa da zonação da comunidade bêntica da região entremarés na costa norte do Estado do Rio de Janeiro, avaliar sua variabilidade espacial entre dois molhes artificiais e as variações anuais em quatro épocas distintas do ano, de modo a oferecer uma ferramenta para o monitoramento na Bacia de Campos. Os molhes estudados apresentam orientação distinta quanto à ondulação marítima. Perfis verticais de quatro metros de largura foram amostrados digitalmente em cada sítio, cada um representando uma unidade amostral, através de quadrats de 400 cm² desde o nível 0,2 m da maré, até um ponto acima do último organismo marinho. Cada fotografia foi analisada quanto à cobertura das espécies com um grid de 100 pontos de interseção através do programa CPCe 3.4. A zona entremarés foi dividida em quatro faixas: franja do supralitoral (FS); mediolitoral superior (MS); mediolitoral inferior (MI) e franja do infralitoral (FI). A riqueza e a diversidade de espécies foram maiores no MI, reflexo do menor estresse quanto à dessecação dada à alternância das marés. Comparando-se os sítios Píer (praia Farol de São Tomé; área abrigada) e Barra (praia Barra do Furado; área exposta), foram identificadas como espécies exclusivas *Chaetomorpha* sp, *Chondracanthus teedii* e *Grateloupia* sp (Barra); e *Tetraclita stalactifera*, *Fissurella clenckii*, *Gracilaria domingensis* e *Hypnea musciformis* (Píer). Retirado. Diferenças nas associações de organismos (composição taxonômica e abundância) entre faixas equivalentes de sítios distintos ocorreram no MS, MI e FI. Apenas a FS não revelou diferença significativa entre sítios devido à presença de poucos organismos. Na Barra, a maior extensão da FS e do MS é resultado do maior grau de exposição às ondas. A variabilidade temporal foi investigada na praia do Farol de São Tomé, onde observou-se como espécies anuais: *G. domingensis* (julho/05), *Grateloupia* sp. (outubro/05), *F. clenckii* (julho/05 e outubro/05) e *Porphyra acanthophora* (outubro/05 e fevereiro/06). Riqueza e diversidade de espécies apresentaram maiores valores em maio/05 e julho/05. A variabilidade anual das associações foi evidenciada pelo posicionamento do quadrado intermediário: em maio/05 localizava-se na porção mais inferior do entremarés; em julho/05 e outubro/05 mais intermediário; e em fevereiro/06 na porção mais superior. Os maiores valores da altura e período das ondas em maio/05 proporcionaram um ambiente ameno, diminuindo o estresse pela dessecação. O valor superior da temperatura do ar, unido aos baixos valores da altura e período das ondas em

fevereiro/06, sugere maior estresse por dessecação. As diferenças observadas na zonação entre molhes, principalmente na extensão das faixas superiores, e no grau de ocupação do substrato evidenciam condições de exposição variáveis. A variabilidade temporal observada na zonação apresentou uma relação mais estreita com os parâmetros ambientais na faixa intermediária do substrato.

ABSTRACT

The purpose of this study is to offer a qualitative and quantitative database of the intertidal benthic community zonation at the north coast of Rio de Janeiro state including the spatial variability between two artificial breakwaters and the temporal variability in four different periods of the year. The breakwaters present different orientation according to wave swell. Four meters wide vertical profiles were digitally sampled in each site, each one representing a sample unit with quadrats of 400cm² from 0.2m tide level up to the upper limit of *Littorina*. Each photograph was analyzed through CPCe program for the species coverage with a grid of 100 intersection points. The intertidal zone was divided into four bands: supralittoral fringe (FS); upper midlittoral (MS); lower midlittoral (MI) and infralittoral fringe (FI). Species richness and diversity were higher at MI, which reflects a less stressing environment, due to the constant tide alternation. Comparing the stud sites Pier (Farol de São Tomé Beach; protected area) and Barra (Barra do Furado beach; exposed area), exclusive species were *Chaetomorpha* sp., *Chondracanthus teedii* and *Grateloupia* sp. (Barra); and *Tetraclita stalactifera*, *Fissurella clenchi*, *Gracilaria domingensis* and *Hypnea musciformis* (Pier). Species richness and diversity mean values were higher in Barra site. Differences in benthic assemblages (taxonomic composition and abundance) between equivalent bands of different sites occurred in the MS, MI and FI. Only the FS didn't present significant spatial differences, due to the presence of very few organisms. The greater extension of the FS and MS at Barra site results from a higher wave exposure degree. The annual variability was investigated at Farol de São Tomé Beach, and annual species were: *G. domingensis* (July 2005), *Grateloupia* sp (October 2005), *F. clenchi* (July 2005 e October 2005) and *Porphyra acanthophora* (October 2005 e February 2006). Species richness and diversity showed higher values in May 2003 and July 2005. The annual variability of the assemblages was mainly established by the positioning of the intermediate quadrat Q5: in May 2005 it was in the lower portion of the intertidal zone: in July 2005 and October 2005, it was in a more intermediary position and, in February 2006 in the upper portion. The highest values of wave height and periodicity in May 2005 provided a low limiting environment, decreasing the desiccation stress. The higher value of air temperature combined to the low values of wave height and periodicity in February 2006 suggests a higher desiccation stress. The differences observed in the benthic community zonation patterns between breakwaters, mainly in the

extension of the upper bands, and in the degree of substrate occupation show the variable wave exposure conditions. The temporal variability observed in the vertical distribution showed a closer relationship with the environmental parameters mainly on the substrate intermediary band.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em um costão rochoso podem ser encontradas diversas associações de organismos dispostas tipicamente em faixas horizontais e organizadas em um eixo vertical do substrato, sendo estas faixas visíveis em relação aos níveis da maré (Stephenson & Stephenson, 1949; Lewis, 1964). Esse padrão de distribuição dos organismos bênticos, comumente denominado zonação que é mais nítido na zona entremarés, tem sido tema de diversos estudos na área da ecologia de comunidades. A ecologia de costões rochosos se tornou um tema bastante discutido, originando uma vasta bibliografia sobre o assunto (Lewis, 1964; Boaden & Seed, 1985; Moore & Seed, 1985; Gevertz, 1995; Little & Kitching, 1996; Levinton, 2001; Nybakken, 2001; Raffaelli & Hawkins, 1996; Coutinho, 2002; Coelho *et al*, 2004).

Segundo Coutinho (1995), os principais autores responsáveis pela descrição do padrão de zonação universal ou de características gerais de zonação em costões rochosos que permitem comparações entre costões através do mundo são Stephenson & Stephenson (1949) e Lewis (1964). No esquema de zonação deste último, as zonas são definidas por tipos particulares de organismos que indicam limites biológicos e pela condição física do ambiente com relação à ação das ondas. Na prática, as definições dessas zonas distintas são extremamente úteis por oferecerem uma estrutura descritiva conveniente para a realização de observações específicas (Little & Kitching, 1996).

A zona entremarés, tipicamente de transição entre o continente e o oceano, é ocupada por diversos organismos bênticos. Esta zona pode ser dividida em três faixas principais (*sensu* Lewis): uma inferior dominada por algas (*sublittoral fringe*), uma intermediária contendo muitas espécies de macroalgas e invertebrados (*eulittoral*) e uma superior povoada por poucos organismos incluindo líquens, cianofíceas e gastrópodes da família Littorinidae (*littoral fringe*). Segundo Lewis (1964), subdivisões podem ser realizadas caso sejam reconhecidas grandes diferenças em uma mesma faixa.

Diversos estudos foram realizados na zona entremarés de costões rochosos em diversas partes do mundo: em New South Wales, Austrália (Underwood, 1981); litoral norte de São Paulo, Brasil (Oliveira & Paula, 1984); nas Bermudas, Grã-Bretanha (Thomas, 1985); na região do Cabo Frio, Brasil

(Coutinho, 2002); no estreito de Magellan, Chile (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1997); nas Bahamas (Brattstrom, 1999); no Rio de Janeiro, Brasil (Brito *et al.*, 2002); em Portugal (Boaventura *et al.*, 2002); no Caribe (Good, 2004); em Chungdori, Korea (Choi & Kim, 2004) bem como em substratos artificiais na Austrália (Chapman & Bulleri, 2003); e Itália (Bulleri & Chapman, 2004).

A zonação vertical das espécies na comunidade entremarés é resultado da fisiologia dos organismos relacionada a fatores físicos do ambiente, destacando-se a dinâmica das marés (Chapman & Underwood, 1996; Denny & Paine, 1998), ação das ondas (Lewis, 1964, Underwood, 1981; Araújo *et al.*, 2005), temperatura (Tomanek & Helmuth, 2002), salinidade (Zacharias & Roff, 2001), orientação do substrato (Chapman & Bulleri, 2003), heterogeneidade topográfica (Archambault & Bourget, 1996; Cusson & Bourget, 1997; Guichard & Bourget, 1998; Guichard *et al.*, 2001); de interações intra e interespecíficas como competição (Connell, 1961), predação e herbivoria (Apolinário *et al.*, 1999, Bulleri *et al.*, 2000) e do suprimento de larvas próximo à costa que influencia no recrutamento (Hutchinson & Williams 2001; Jenkins & Hawkins, 2003; Forde & Raimondi, 2004; Skinner & Coutinho, 2005). A importância relativa de cada fator para a estruturação da comunidade é difícil de ser avaliada devido ao número de potenciais fatores envolvidos e as interações entre os mesmos (Little & Kitching, 1996).

A oscilação da maré promove várias adaptações à perda de água por dessecação, principalmente em organismos que habitam a região superior do costão (Nybakken, 2001; Levinton, 2001; Coutinho, 2002). Variações reduzidas no nível das marés podem acarretar variações substanciais na distribuição, abundância e interações de muitos organismos sésseis quando adultos e, portanto, incapazes de ajustes (Denny & Paine, 1998).

Segundo Doty (1946), zonas caracterizadas por espécies indicadoras estão correlacionadas à mudanças na duração da exposição ao ar, reforçando o papel potencial dos fatores físicos na distribuição das mesmas. A exposição dos organismos ao ambiente aéreo durante as marés baixas os deixa sujeitos a variações de temperatura. Nesse sentido, quanto mais elevados os organismos estiverem em relação ao nível da água maior será o tempo de aquecimento e a temperatura a que estarão submetidos. Numerosos estudos têm mostrado que o limite vertical superior da distribuição de espécies no entremarés está

correlacionado com os limites de tolerância termal (revisado por Stenseng *et al.*, 2005). Contudo, as faixas podem apresentar variações locais em pequena escala denominadas manchas (Nybakken, 2001). Uma distribuição em mosaico formada por manchas é resultante de complexas interações entre distúrbios climáticos, heterogeneidade do hábitat e biota componente (Airold, 2003).

Dentre os efeitos da ação das ondas nos organismos do entremarés estão o stress mecânico, que exerce forte pressão sobre os mesmos, e a extensão dos limites da zona entremarés, onde salpicos de água salgada amenizam a aridez do substrato nos níveis superiores (Nybakken, 2001). Diferenças na comunidade bêntica em costões submetidos a diferentes condições de exposição às ondas são conhecidas desde Lewis (1964), que considerou o efeito desta ação sobre a altura e a largura das faixas horizontais dos organismos. Uma costa mais aberta está sujeita a um batimento mais forte de ondas em relação a uma área mais abrigada.

A influência das ondas na estrutura da comunidade entremarés tem sido abordada considerando mudanças na composição da comunidade (Boaventura *et al.*, 2002), na ampliação da zona entremarés (Underwood, 1981), na riqueza e diversidade de espécies (Araújo *et al.*, 2005; Underwood, 1981; Thomas, 1985; Boaventura *et al.*, 2002), na dinâmica das “manchas” de organismos (Menge *et al.*, 2005) e na influência relativa sobre a predação e competição (Good, 2004). Um importante determinante da estrutura e dinâmica de comunidades bênticas na zona entremarés de costões rochosos submetidos à ação das ondas são os distúrbios físicos causados pela ação mecânica do batimento (Helmuth & Denny, 2003).

A complexidade topográfica de um substrato é uma característica física particularmente importante na região entremarés, onde os rigores da ação mecânica das ondas e a dessecação são importantes (Jacobi & Langevin, 1996 apud Barreto 1999). A heterogeneidade do substrato pode modificar o padrão hidrodinâmico específico durante a maré alta e influenciar no sombreamento e na intensidade de vento durante a maré baixa (Guichard *et al.*, 2001). As características físicas do ambiente e, conseqüentemente, a estrutura da associação de organismos podem mudar abruptamente em pequena escala espacial em hábitat com alta complexidade (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1997).

Além do gradiente de distribuição vertical das espécies também podem ser observadas variações ao longo do eixo horizontal do costão, sendo esta variabilidade espacial um tema vastamente citado na literatura contemporânea (Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1997; Underwood & Chapman, 1998a, b; Guichard *et al.*, 2001; Araújo *et al.*, 2005). Tal variabilidade pode estar relacionada a uma escala específica de observação. Underwood & Chapman (1998a) observaram uma variabilidade espacial considerável em todas as associações de organismos examinadas em diferentes escalas (i.e. metros, dezenas de metros e quilômetros) em costões rochosos abrigados na Austrália. Araújo *et al.*, (2005) citam que na costa portuguesa a variabilidade horizontal em grande escala (quilômetros) está relacionada ao grau de exposição às ondas, enquanto que em poucos metros tal variabilidade está relacionada a heterogeneidade do hábitat (ver Benedetti-Cecchi & Cinelli, 1997). Segundo Underwood (1981), em uma escala de poucos metros a variabilidade também pode estar relacionada ao grau de exposição às ondas.

Alterações antropogênicas na costa, como a instalação de estruturas artificiais (e.x. emissários, portos, marinas, etc.), modificam a paisagem através da adição de novos hábitats, favorecendo o recrutamento e a colonização de organismos bênticos. Informações descritivas das comunidades marinhas nesses hábitats constituem uma ferramenta fundamental para a observação de mudanças espaço-temporais naturais e antrópicas (Chapman & Bulleri, 2003; Bulleri & Chapman, 2004; Bulleri, 2005).

Tais hábitats são tridimensionais e oferecem uma variedade de ambientes quanto à orientação, sombreamento e grau de exposição às ondas na região entremarés (Bulleri & Chapman, 2004). Nesses locais a variabilidade horizontal em pequena escala é ainda mais evidente face à maior heterogeneidade espacial e, conseqüente, incremento na complexidade. Contudo, a variabilidade horizontal e vertical em molhes distantes (algumas centenas de metros) pode ser incrementada se os mesmos apresentarem diferentes orientações em relação às ondulações (*wave swell*), face aos padrões de hidrodinamismo diferenciados (Bulleri & Chapman, 2004). Os autores supracitados atribuíram as diferenças entre associações de organismos em diversas superfícies com as variações na estrutura do hábitat,

excluindo o fator exposição às ondas por possuírem a mesma orientação quanto à ondulação.

Estudos sobre comunidades do entremarés em substratos rochosos na costa norte do Estado do Rio de Janeiro não foram encontrados na literatura consultada, até mesmo devido a ausência de substrato rochoso natural em grande extensão da costa desde o município de Macaé até São Francisco do Itabapoana. O objetivo principal da presente dissertação é a caracterização da comunidade bêntica da região entremarés em molhes na Praia do Farol de São Tomé e Barra do Furado, norte do Estado do Rio de Janeiro, avaliando a variabilidade espacial em média escala (*sensu* Underwood & Chapman, 1998a; 1998b) e temporal em médio prazo (*sensu* Underwood & Chapman, 2000), fornecendo assim uma base de dados consistente para futuras comparações e estudos de natureza experimental.

Em 2004, iniciou-se nos molhes da praia do Farol de São Tomé um estudo piloto objetivando avaliar diferentes métodos de estudo de organismos bênticos na região entremarés (Macedo *et al.*, 2006, Anexo I). Os resultados obtidos evidenciaram que para estudos de zonação na região, a amostragem por fotografia digital é mais eficiente, acurada e vantajosa em relação ao método em campo, desde que haja o conhecimento prévio dos organismos que compõem a comunidade local.

A presente dissertação foi dividida em três capítulos. O Capítulo 1 teve como objetivo caracterizar a zonação nos molhes da praia do Farol de São Tomé, de modo a identificar as diferentes faixas do entremarés e evidenciar os organismos componentes. A caracterização das comunidades do entremarés, incluindo dados sobre a distribuição e abundância dos organismos, é o primeiro passo para o entendimento da dinâmica bêntica e, geralmente, a principal base de dados para decisões de manejo (Sabino & Villaça, 1999).

O Capítulo 2 consistiu em um estudo sobre a variabilidade espacial da zonação da comunidade bêntica do entremarés entre um molhe na praia do Farol de São Tomé que está voltado para o continente, e em um molhe da praia da Barra do Furado, localizado perpendicularmente a linha da costa, sendo que os molhes distam dois quilômetros entre si. Segundo Bulleri & Chapman (2004), em virtude de condições adversas da ação das ondas, diferenças na distribuição vertical da comunidade do entremarés podem ser

originadas através da distinta orientação dos molhes, acarretando diferenças no padrão hidrodinâmico. A hipótese testada neste estudo foi que a extensão das faixas da zona entremarés nos dois molhes difere em função do grau de exposição às ondas.

Após a caracterização da zonation da comunidade benthica e da investigação sobre a variabilidade espacial em diferentes praias do norte Fluminense, pretendeu-se no Capítulo 3 determinar a variabilidade da distribuição vertical em diferentes períodos do ano no molhe da praia do Farol de São Tomé. A hipótese testada foi que diferenças anuais no regime de algumas variáveis ambientais (e.g. níveis de maré, temperatura do ar, altura e período das ondas) podem acarretar variações na distribuição das associações de organismos ao longo do ano.

Deste modo, o presente pretende oferecer uma base de dados consistente para o conhecimento da comunidade benthica do entremarés rochoso inexistente na área estudada. Cada capítulo encontra-se nas respectivas normas de formatação de cada periódico a ser submetido. O Capítulo 1 foi submetido em novembro de 2006, o Capítulo 2 em julho de 2007 e o capítulo 3 em abril do ano de 2007.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airoldi, L. (2003) Effects of patch shape in intertidal algal mosaics: roles of area, perimeter and distance from edge. *Mar. Biol.*, 143:639-650.
- Apolinário, M., Coutinho, R., Baeta-Neves, M. H. (1999) Periwinkle (Gastropoda: Littorinidae) habitat selection and its impact upon microalgal populations. *Brazil. J. Biol.*, 59(2): 211-218.
- Araújo R.; Bárbara I.; Sousa-Pinto I. & Quintino V. (2005) Spatial variability of intertidal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 658-670.
- Archambault, P., Bourget, E. (1996) Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 36: 111-121.
- Barreto, C. C. (1999) Heterogeneidade espacial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração, p. 121-123. *In: Silva, S.H.G. & Lavrado, H. P. (eds). Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis, vol. VII. PPGE UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.*
- Benedetti-Cecchi, L., Cinelli, F. (1997) Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of Magellan: are patterns general? *Polar Biology*, 18: 337-343.
- Boaden, P. J. S. & Seed, R. (1985) *An Introduction to Coastal Ecology*. Blackie & Son, Glasgow, pp. 218pp.
- Boaventura, D.; Ré P., Fonseca, L. C., Hawkins, S. J. (2002) Intertidal Rocky Shore Communities of the Continental Portuguese Coast: Analysis of Distribution Patterns. *Marine Ecology*, 23(1): 69-90.
- Brattström, H. (1999) Description of the littoral zonation at nine Bahamian rocky-shore localities. *Sarsia*, 84: 319-365.
- Brito L. V. R., Széchy M. T. M., Cassano, V. (2002) Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía Da Ilha Grande, RJ. *Atlântica*, Rio Grande, 24(1): 17-26.
- Bulleri, F. (2005) Experimental evaluation of early patterns of colonisation of space on rocky shores and seawalls. *Mar. Environ. Res.*, 60: 355–374.

- Bulleri, F. & Chapman, M.G. (2004) Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. *Mar. Biol.*, 145: 381-391.
- Bulleri, F., Menconi, M., Cinelli, F., Benedetti-Cecchi, L. (2000) Grazing by two species of limpets on artificial reefs in the northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 255:1-19.
- Chapman, M. G. & Bulleri, F. (2003) Intertidal seawalls: new features of landscape in intertidal environments. *Landscape and Urban Planning*, 62: 159-172.
- Chapman, M. G., Underwood, A. J. (1996) Influences of tidal conditions, temperature and desiccation on patterns of aggregation of the high- shore periwinkle, *Littorina unifasciata*, in New South Wales, Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 196: 213-237.
- Choi T. S., Kim K. Y., (2004) Spatial pattern of intertidal macroalgal assemblages associated with tidal levels. *Hydrobiologia*, 512: 49–56.
- Coelho, P. A., Tenório, D. De O., Ramosporto, M. M., Rosa, De L. S. (2004) A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. In-*Oceanografia: Um Cenário Tropical*, eds E. Eskinazi-Leça; S. Neumann-Leitão & M. F. Costa. Edições Bagaço, Recife, pp. 477-527.
- Connell, J. H. (1961) The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*, 42: 710-723.
- Coutinho, R. (1995) Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia brasiliensis*, 1: 259-271.
- Coutinho, R. (2002) Bentos de Costões Rochosos. In-*Biologia Marinha*, eds R. C. Pereira & A. Soares-Gomes. Interciência Press, Rio de Janeiro, pp.147-157.
- Cusson M. & Bourget, E. (1997) Influence of topographic heterogeneity and spatial scales on the structure of the neighbouring intertidal endobenthic macrofaunal community. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 150: 181–193.
- Denny, M. W., Paine, R. T. (1998) Celestial mechanisms, sea-level changes, and intertidal ecology. *Biol. Bull.*, 194: 108-115.

- Doty, M.S. (1946). Critical tide factors that are correlated with the vertical distribution of marine algae and other organisms along Pacific Coast. *Ecology*, 27: 315-328.
- Forde, S. & Raimondi, P.T. (2004) An experimental test of the effects of variation in recruitment intensity on Intertidal community composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 301: 1-14.
- Gevertz, R. (1995) *Em Busca do Conhecimento Ecológico: Uma Introdução a Metodologia*. Edgard Blucher, São Paulo, pp. 128.
- Good, T. P. (2004) Distribution and Abundance Patterns in Caribbean Rocky Intertidal Zones. *Bull. Mar. Sci.*, 74(2): 459-468.
- Guichard, F. & Bourget, E. (1998) Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 171: 59-70.
- Guichard, F.; Bourget, E. & Robert, J. L. (2001) Scaling the influence of topographic heterogeneity on a intertidal benthic communities: alternate trajectories mediated by hidrodinamics and shading. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 217: 27-41.
- Helmuth, B. and M.W. Denny. (2003) Predicting wave exposure in the rocky intertidal zone: do bigger waves always lead to larger forces? *Limnol. Oceanogr.*, 48: 1338-1345
- Hutchinson N. & Williams G. A. (2001). Spatio-temporal variation in recruitment on a seasonal, tropical rocky shore: the importance of local versus non-local processes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 215: 57–68.
- Jenkins SR, Hawkins S. J. (2003) Barnacle larval supply to sheltered rocky shores: a limiting factor? *Hydrobiologia*, 503: 143-151.
- Levinton, J. S. (2001) *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. 2th ed. Oxford University Press. 560p.
- Lewis, J. R. (1964) *The Ecology of Rocky Shore*. English University Press, London, pp. 300.
- Little, C., Kiching, J. A. (1996) *The Biology of Rocky Shores*. Oxford University Press, Oxford. 240p.

- Macedo I. M., Masi B. P., Zalmon I. R. (2006) Comparision of rocky intertidal community sampling methods at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brasil. *Braz. J. Oceanogr.*, 54(2/3):147-154.
- Menge B. A., Allison G. W., Blanchette C. A., Farrell T. M., Olson A. M., Turner T. A. & Tamalen P. V., (2005) Stasis or kinesis? Hidden dynamics of a rocky intertidal macrophyte mosaic reveled by a spatially explicit approach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 314: 3-39.
- Moore P. G., Seed R. (1985). *The ecology of rocky coasts*. London, Hodder and Stoughton, 467p.
- Nybakken, J. W. (2001) *Marine biology – an ecological approach*. 5th ed. San Francisco. Benjamin Cummings. 516p.
- Oliveira, E. C., Paula, E. J. (1984) Aspectos da distribuição vertical e variação sazonal de comunidades da zona das marés em costões rochosos do litoral norte de São Paulo. *Brazil. J. Biol*, 147: 44-71.
- Raffaelli D., Hawkins S. (1996) *Intertidal Ecology*. Chapman & Hall, London. 356p.
- Sabino, C. M., Villaca, R. (1999) Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. *Rev. Bras. Biol.*, 59(3): 407-419.
- Skinner, L. F., Coutinho, R. (2005) Effect of microhabitat distribution and substrate roughness on barnacle *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818) settlement. *Braz. Archives Biol. Technol.*, 48(1): 109-113.
- Stenseng, E., C. E. Braby, and G. N. Somero. (2005) Evolutionary and acclimation-induced variation in the thermal limits of heart function in congeneric marine snails (Genus *Tegula*): implications for vertical zonation. *Biol. Bul.*, 208: 138–144.
- Stephenson, T. A., Stephenson, A. (1949) The Universal feature of zonation between tide-marks on rocky coasts. *J. Ecol.*, 37: 289-305.
- Thomas, M. L. H., (1985) Littoral community and zonation on the rocky shores of Bermuda. *Bull. Mar. Sci.*, 37: 857-870.
- Tomanek, L., Helmuth, B. (2002) Physiological ecology of rocky intertidal organisms: a synergy of concepts. *Integr. Comp. Biol.*, 42: 771-775.

- Underwood, A. J. (1981), Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: Patterns of vertical distribution and seasonal changes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 51(7): 57-85.
- Underwood, A.J., M.G. Chapman (1998a) Variation in algal assemblages on wave-exposed rocky shores in New South Wales. *Mar. Freshw. Res.*, 49: 241-254.
- Underwood, A.J. & M.G. Chapman (1998b). Spatial analyses of intertidal assemblages on sheltered rocky shores. *Aust. J. Ecol.*, 23: 138-157.
- Underwood, A.J., M.G. Chapman. (2000) Variation in abundances of intertidal populations: consequences of extremities of environment. *Hydrobiologia*, 426: 25-36.
- Zacharias, M. A., Roff, J. C. (2001) Explanations of patterns of intertidal diversity at regional scales. *J. Biogeogr.*, 28: 471-483.

Benthic Community Zonation in a Breakwater on the North Coast of the State of Rio de Janeiro, Brazil

Bruno Pereira Masi¹, Isabela Maria Macedo¹ and Ilana Rosental Zalmon^{1*}

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense; Centro de Biociências e Biotecnologia; Av. Alberto Lamago, 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil; * ilana@uenf.br; bmasibio@yahoo.com.br

ABSTRACT

The present study presents the vertical zonation pattern of the intertidal benthic organisms on granitic blocks in the Farol de São Tomé beach (22°02'S, 41°03'W) on Rio de Janeiro State. Four profiles were sampled using 20 x 20 cm quadrats through a photo quadrat. Four horizontal bands were revealed: (1) Littoral Fringe characterized by empty space and Littorina; (2) Upper eulittoral mainly occupied by Chthamalus and bare rock; (3) Lower eulittoral characterized by Chthamalus, Phragmatopoma, Ulva and Centroceras; and (4) Sublittoral Fringe characterized by Ulva, Phragmatopoma and Hypnea. The high variability in the relative abundance of the dominant species among the profiles may be attributed to the high topographic irregularity, reflecting in different wave action intensity at the same height, and consequently favoring the establishment of different species. The frequent substrate alternation from granitic rock to Phragmatopoma sandy reefs might contribute to the small-scale spatial variability. The implantation of a breakwater on an area without natural rocky shores allowed the study of intertidal benthic community zonation, and provides a baseline for experimental studies.

Key words: Intertidal zonation, rocky shore, benthic community, north coast of Rio de Janeiro.

* Author for correspondence

INTRODUCTION

Intertidal rocky shores present several organisms, which are commonly distributed in specific zones or particular associations parallel to the coast, with floral and faunal variations over short horizontal distances. The vertical distribution of these bands is related mainly to a gradient of emersion/desiccation and also to others physical and biological factors, including wave exposure (Lewis, 1964, Underwood, 1981; Araújo et al., 2005), tidal dynamics (Denny and Paine, 1998), temperature (Tomanek and Helmuth, 2002), salinity (Zacharias et al., 2001), substrate orientation (Chapman and Bulleri, 2003), topography heterogeneity (Archambault and Bourget, 1996; Cusson and Bourget, 1997; Guichard and Borget, 1998; Guichard et al., 2001), predation and competition (Connell, 1961), disturbance and succession (Souza, 1979), grazing (Apolinário et al., 1999, Bulleri et al., 2000) and recruitment (Forde and Raimondi, 2004; Skinner and Coutinho, 2005). Their relative importance is hard to generalize, due to the frequently high number of potential factors involved and, mainly, due to their interactions (Little and Kitching, 1996).

Benthic community zonation patterns are well known (Stephenson and Stephenson, 1949; LEWIS, 1964); and this subject has been discussed by several authors (Underwood, 1981; Oliveira and Paula, 1984; Thomas, 1985; Coutinho, 1995, 2002; Benedetti-Cecchi and Cinelli, 1997; Brattstrom, 1999; Boaventura, 2002; Good, 2004). For marine biologists, the zones are extremely useful in a practical sense because they provide a convenient descriptive framework into which specific observations can be fitted (Little and Kitching, 1996).

On rocky shores, substrate topography may have a spatial influence on the intensity of environmental variables, which in turn, might affect the biological processes during both low and high tide periods (Guichard et al., 2001). The physical features of the environment, and consequently the structure of the local assemblage may change abruptly over a very small spatial scale in high complexity habitats (Benedetti-Cecchi and Cinelli, 1997).

Antropogenic coastal alterations (i.e. installation of structures in coastal areas) modify the landscape by adding new habitats and favoring benthic species' recruitment/colonization. Several studies on benthic organisms' distribution have been carried out in artificial environments such as seawalls and breakwaters (Chapman and Bulleri, 2003; Bulleri and Chapman, 2004; Bulleri, 2005). The latter, made of transplanted boulders are discontinuous and irregular and are characterized by a high surface complexity.

The objective of the present study was to characterize the vertical zonation of benthic organisms in the intertidal zone on a breakwater of transplanted granitic boulders 20 years after the implantation of a rocky substrate on the north coast of the State of Rio de Janeiro. The breakwater was implanted at the beginning of a fishing harbor that started in 1980 but was interrupted. Since qualitative and quantitative data about the vertical distribution of benthic organisms' patterns in this region are inexistent, this study provides an observational basis for future experimental studies.

The characterization of rocky shore communities through distribution and abundance data is the first step to understand the benthic dynamics and is usually the only framework for ecological and management decisions (Sabino and Villaça, 1999).

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was done on the Farol de São Tomé beach (22°02'S, 41°03'W), located on the Cape of São Tomé along the northern coast of the State of Rio de Janeiro (Fig. 1). The environment has a set of granitic boulders presenting a discontinuous and irregular surface forming "steps" (Fig. 1). The rocky substrate is located 10 m distant from the beach and is approximately 30 m in length. The northeast wind is predominant in the region throughout the year. The sampling program was carried out on the southern face of the Pier, where wave action is less intense.

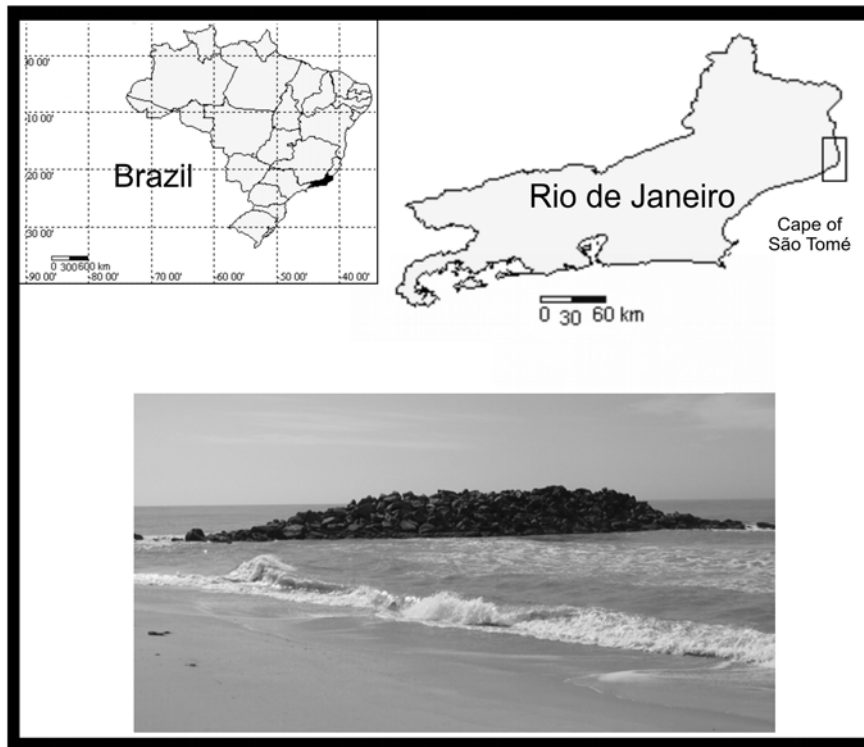


Figure 1. Localization of the study area at the northern coast of Rio de Janeiro State and the breakwater on Farol de São Tomé beach.

The sampling program was carried out in May 2005. The organisms were collected previously for identification of the community composition. The cirripeds *Chthamalus proteus* Dando & Southward, 1980 and *C. bisinuatus* Pilsbry, 1916 were characterized only at the genus level since it was impossible to distinguish them *in situ*.

Four vertical profiles, 4 meters wide, represented each one a study unit. Along each profile, 10 levels were photographed from 0.2 meters above tide level to a selected point above the marine organism on the highest portion of the rocky substrate (generally *Littorina* sp). Due to substrate discontinuity, the determination of each observation height was performed by sections using the adapted Gevertz method (1995). The random sampling surface at each section has its external faces relatively perpendicular and also facing to the sea. A digital camera Cannon PowerShot A510 3.2 Mp in a watertight compartment was attached to a 20 X 20 cm polyvinyl chloride (PVC) photoquadrat framer (Preskitt et al., 2004). Each photo was analyzed for percent cover using the CPCe V 3.1 (Coral Point Count with Excel

extensions) software program, which estimates bare space and the species percentage cover applied to a grid of 100 points in the digital photography (Kohler and Gill, 2006). The distinction between primary and secondary canopy was not considered.

The tide levels were calculated using the tides' table for the Imbetiba Marine Terminal (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>).

The benthic assemblages at the different levels were evaluated through taxonomic composition; species richness (average number); Brillouin's diversity (Zar, 1984) and species average percentage cover in each profile.

The comparative analysis of the benthic assemblages at different heights included a cluster analysis (UPGMA) and a Multi Dimensional Scaling (MDS) both with Bray-Curtis Similarity coefficient for percentage data. Cluster reliability to data was evaluated by the cophenetic coefficient.

Similarity Percentages Procedure (SIMPER) defined the percentual contribution of the most abundant species between and within groups of the cluster analysis (Clarke and Warwick, 2001).

A cut-off of cumulative dissimilarity of 80 % was applied (Boaventura et al., 2002).

Data analysis was performed with PRIMER software (Clarke and Warwick, 2001) and the cophenetic coefficient was calculated with NTSYSpc 2.1 software.

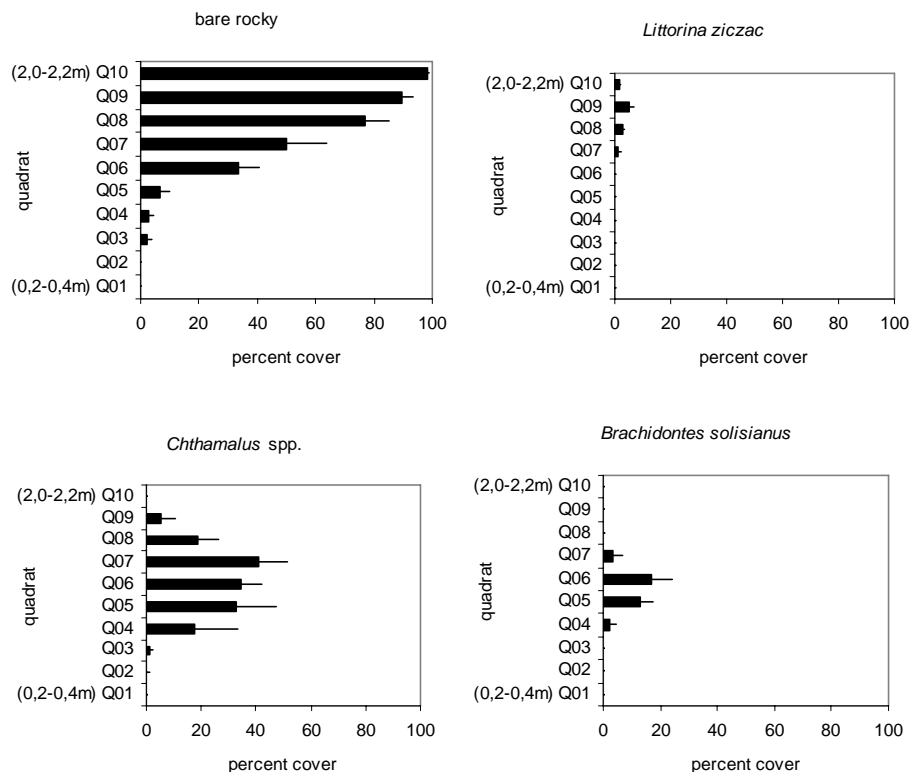
A graphical representation of the vertical distribution pattern was elaborated in a diagram where the tide levels are also indicated. The intertidal nomenclature of the different levels studied was based on Lewis' (1964) zonation scheme and terminology, calling the top zone the "littoral fringe", the middle zone the "eulittoral zone" and the bottom zone the "sub-littoral fringe".

RESULTS

A total of 13 marine invertebrates and algae *taxa* were found: the chlorophytes *Chaetomorpha* sp Kuetzing 1845 and *Ulva fasciata* Delile 1813; the rhodophytes *Centroceras clavulatum* (C.

Agardh) Montagne, *Gymnogongrus griffithsiae* (Turner) Martius and *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux; the cirripeds *Chthamalus* spp and *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818); the gastropods *Collisella subrugosa* (Orbigny, 1846), *Littorina ziczac* (Gmelin, 1791) and *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1758); the bivalves *Brachidontes solisianus* and *Perna perna* (Linnaeus, 1758) and the polychaete *Phragmatopoma lapidosa* Kinberg (1867).

The vertical distribution of the representative organisms is shown on Figure 2. The uppermost quadrats (Q10 and Q09: 2.2 to 1.8m) were characterized by bare rock and *Littorina* sp. *Chthamalus* spp and *B. solisianus* were the main species in the quadrats Q08, Q07, Q06 and Q05 (1.8 to 1.0m). The lower quadrats (Q04, Q03 and Q02: 1.0 to 0.4m) were dominated by *C. clavulatum*, *P. perna*, *P. lapidosa* and *U. fasciata*. The last species and *H. musciformis* were the most representative of the lowermost level (Q01: 0.4 to 0.2m).



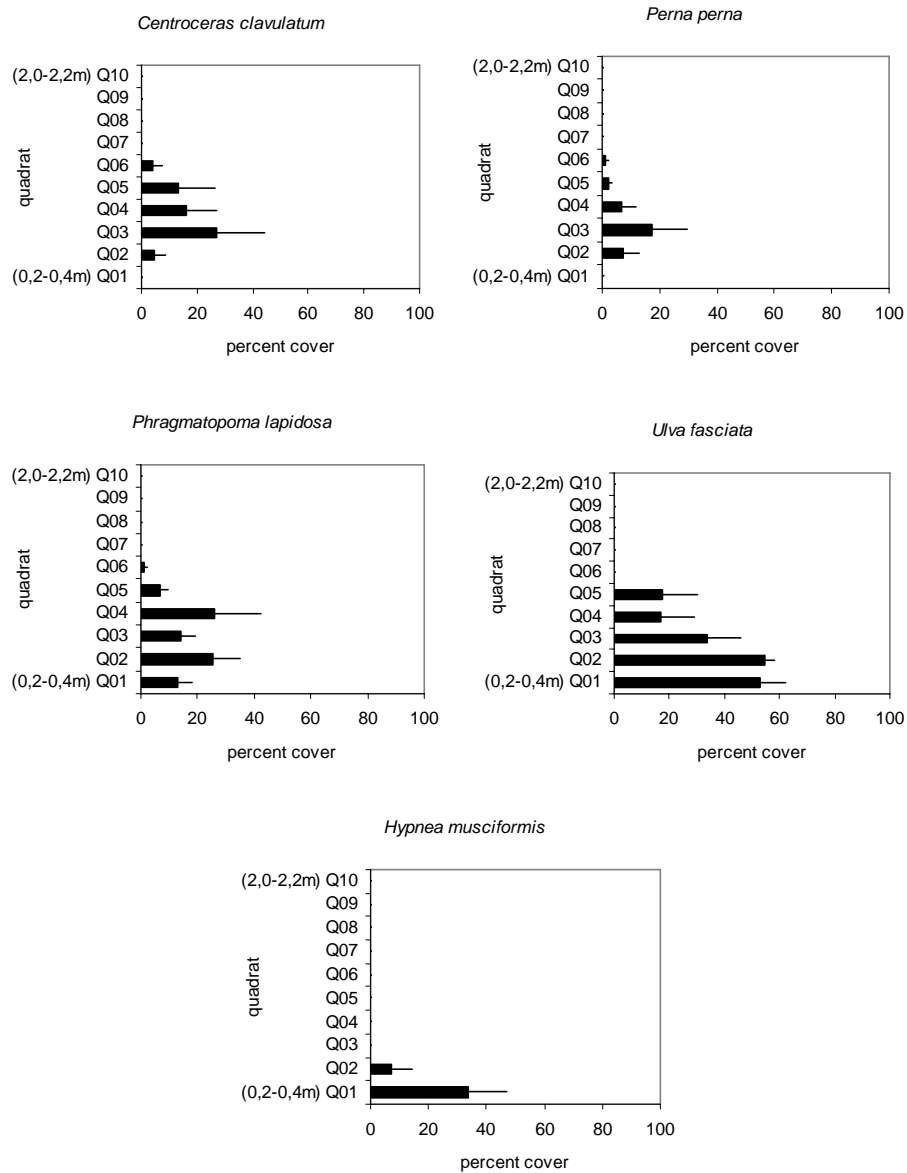


Figure 2. Percent cover average values (\pm SE; $N = 4$ sample units) of the most abundant organisms (contributing with $> 5\%$ percent cover) along the intertidal zone on the north coast of Rio de Janeiro.

The average species diversity and richness were higher in the intermediate quadrant (Q05: $H = 1.25$, $N = 7.8$). The lowest values were recorded

in the uppermost quadrant ($H = 0.07$, $N = 2$) (Fig. 3).

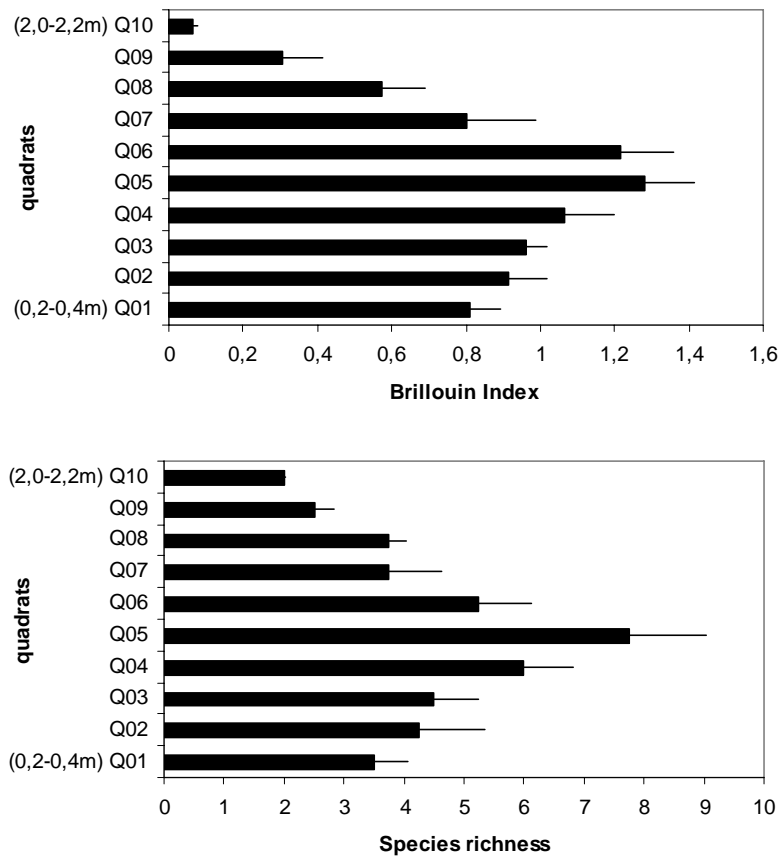


Figure 3. Brillouin's diversity and species richness average values (\pm SE; N = 4 sample units) along the intertidal zone on the north coast of Rio de Janeiro.

The cluster analysis of the sampled squares showed four main groups with 52% of similarity (Fig. 4): Group I with the upper quadrant (Q10 to Q08: 2.2 to 1.6 m), Group II with the intermediate upper quadrant (Q07 and Q06: 1.6 to 1.2 m), Group III with the intermediate lower quadrant (Q05 and Q04: 1.2 to 0.8 m) and Group IV included the inferior quadrant (Q03 to Q01: 0.8 to 0.2 m). The cophenetic coefficient

value ($r = 0.88$) was higher than the acceptable ($r = 0.80$), reflecting the cluster reliability. The resulting MDS (Fig. 4) shows a progressive ordination displaying of the benthic assemblages across the set of sampled heights, which reflect a vertical continuum. The stress value of 0.01 for the 2-dimensional MDS configuration is low, indicating an excellent graphic representation.

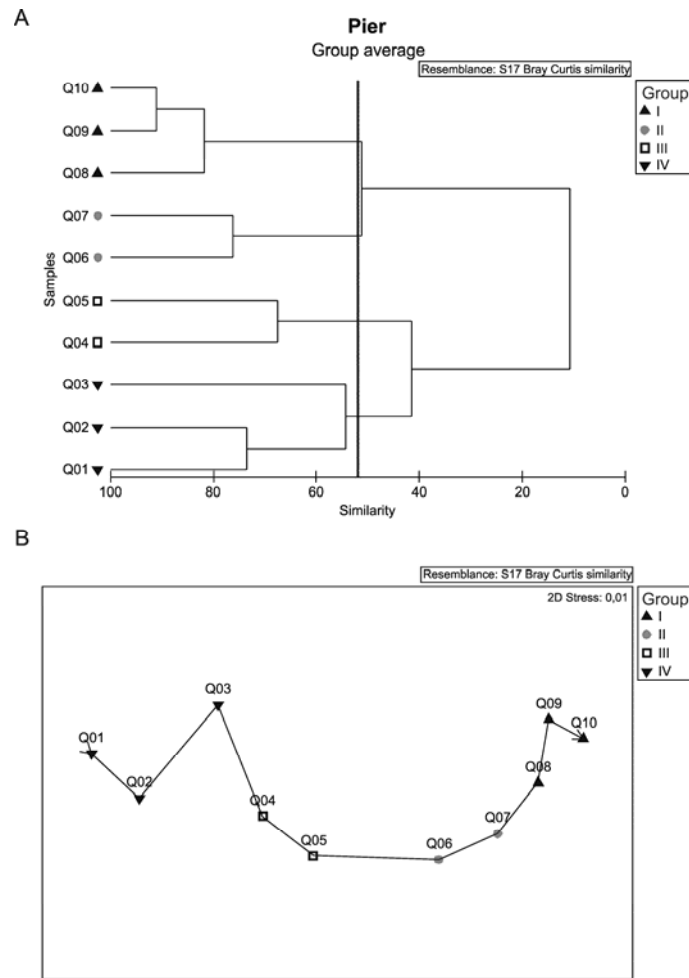


Figure 4. A. Cluster analysis (cophenetic coefficient value = 0.88) and B. MDS ordination plot (stress value = 0.01) through Bray-Curtis Similarity coefficient of species percent cover with group average linking of the benthic assemblages at different heights along the intertidal zone on the north coast of Rio de Janeiro (Q01 - lowermost quadrat: 0.2 to 0.4 m; Q10 - uppermost quadrat: 2.0 to 2.2 m).

The SIMPER analysis defined the percent contribution of the most abundant species between the groups of the cluster analysis (Tab. 1a). Bare rock was the most common feature for Group I (95.58%) and also for Group II, together with *Chthamalus* spp (89.83%). For Group III, *Chthamalus* spp., *U. fasciata*, *C. clavulatum* and *P. lapidosa* were the most common species (81.84%), while *U. fasciata* and *P. lapidosa* contributed to the highest similarity to Group IV (88.32%).

The average dissimilarities between each pairwise combination of neighbor groups

revealed by SIMPER analysis (Tab. 1b) showed that groups I and II differed in 88.26% due to bare rock, *Chthamalus* spp and *B. solisianus*. Besides bare rock, several species were responsible for the dissimilarity between groups II and III (80.63%): *Chthamalus* spp, *U. fasciata*, *P. lapidosa* and *C. clavulatum*, respectively. The analysis showed that groups III and IV differed (83.45%) mainly by the species *U. fasciata*, *Chthamalus* spp, *H. musciformis*, *C. clavulatum* and *P. lapidosa*, respectively.

Tabela I. SIMPER analysis with the contributing species to the similarity within groups (Ia) and between groups (Ib) resulted on the cluster analysis.

Ia	Similarity within groups (%)	I	II	III	IV
	Rocky bare	95.58	44.26		
	<i>Chthamalus</i> spp		45.57	25.93	
	<i>Centroceras clavulatum</i>			20.00	
	<i>Ulva fasciata</i>			25.19	66.48
	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>			10.37	21.84
	TOTAL	95.8	89.83	81.84	88.32

Ib	Dissimilarity between groups (%)	I vs II	II vs III	III vs IV
	Rocky bare	47.48	31.47	
	<i>Chthamalus</i> spp	30.49	10.63	20.98
	<i>Brachidontes solisianus</i>	10.29		6.52
	<i>Ulva fasciata</i>		14.42	25.68
	<i>Phragmatopoma lapidosa</i>		13.37	8.01
	<i>Centroceras clavulatum</i>		10.74	10.65
	<i>Hypnea musciformis</i>			11.61
	TOTAL	88.26	80.63	83.45

The graphic representation of the vertical distribution pattern of the benthic assemblages on the breakwater of the Farol de São Tomé beach is presented in Figure 5. The position of these assemblages is related to a conventional level called “chart datum” (CD) and the tide levels for the period of 30 days before the sampling date are indicated. The different zonation scheme was based on Lewis (1964) with four bands: the highest zone dominated by

small snails (*Littorina ziczac*) is called “littoral fringe” (2.2 to 1.6 m), the upper mid-shore zone characterized by invertebrates is named “upper eulittoral zone” (1.6 to 1.2 m), the lower mid-shore represented by several invertebrates and algae is called “lower eulittoral zone” (1.2 to 0.8 m) and at the bottom of the shore is an algal bed zone called “sub-littoral fringe” (0.8 to 0.2 m).

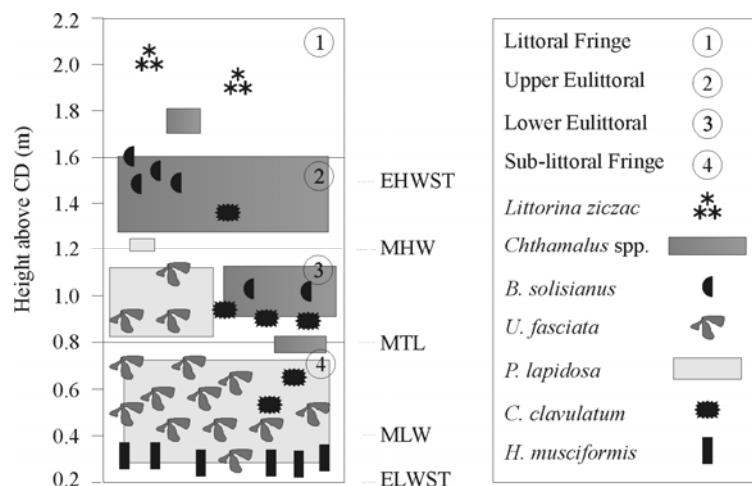


Figure 5. Schematic zonation diagram of the benthic intertidal assemblages on the studied breakwater on north coast of Rio de Janeiro and the height above “chart datum” (CD). EHWST - extreme high-water of spring tide, MHW - mean high-water, MTL - mean tide level, MLW - mean low-water, ELWST - extreme low-water of spring tide.

DISCUSSION

The quali and quantitative results suggest a banding pattern for the benthic organisms in the studied intertidal zone, with four major zones: Littoral Fringe, Upper Eulittoral Zone, Lower Eulittoral Zone and Sub-littoral Fringe.

The superior band of the substrate called Littoral Fringe (2.2-1.6m) is above the highest tide level (EHWST: extreme high water spring tide), where humidity comes from the salt water spray generated by wave action and explains the bare rock, uncovered by organisms. In general, this fringe is characterized by a few encrusting lichens, small littorinid gastropods and cyanobacteria, which might be considered as a worldwide feature of the upper zone in intertidal rocky shores (Little and Kitching, 1996; Boaden and Seed, 1985). In our study, this band was characterized by a higher coverage of grazing gastropods, *Littorina* spp, which are also found over a large extension in the Western Atlantic (Coelho et al., 2004). The ecological importance of these grazers is related to the control of the abundance of microalgal populations (Apolinário et al., 1999). Aggregation, selection of habitat, decreasing shell pigmentation and increased/decreased shell ornamentation are some adaptations of *Littorina* to survive in this harsh environment where the desiccation stress is the highest (Chapman and Underwood, 1996). According to the scheme proposed by Lewis (1964), the upper limit of the genus *Littorina* characterizes the boundary between the Supralittoral and the Littoral fringe. The species *L. ziczac* and *L. flava* were both recorded in the littoral fringe, although the latter occurs mainly in shaded places such as cracks and rocky fissures (personal observation).

Increasing environmental stress has historically been related to lower diversity, richness and higher species dominance (Clarke and Warrick, 2001). The sharp reduction of the above numerical descriptors on the uppermost height of the studied breakwater indicates a highly stressed environment, where the physical factors such as heat and desiccation are more severe due to the longer exposure time. However, tide oscillations at the intermediate levels of the substrate turn the environment into a less stressful one and allow several organisms to inhabit this zone.

The Upper and Lower Eulittoral zone (1.6-0.8 m) presents a variety of algae and invertebrate species. This zone extends from the extreme high water spring tide (EHWST) to the mean tide level (MTL). The extension of this zone is marked mainly by *Chthamalus* spp. Others organisms such as mussels, polychaetes and algae are present in patches, which form a mosaic pattern mainly in lower level of this zone.

The high variability in the relative abundance of the dominant species among the profiles in the Eulittoral zone should be emphasized. The horizontal variability in the benthic organisms' distribution might be attributed to the high topographic irregularity of the rocky substrate, which reflects in different wave action intensity at the same height, favoring the establishment of different species. On the rocky shores of Cabo Frio (southeastern of the state of Rio de Janeiro), there is a considerable heterogeneity in the canopy structure, resulting on distinct patches of organisms (Yoneshingue, 1985 apud Machado et al., 1992).

The division of the eulittoral zone is commonly observed (Gevertz, 1995; Coutinho, 2002). In the present study, it was divided into two sub zones: Upper eulittoral zone (1.6-1.2m) and lower eulittoral zone (1.2-0.8m).

The Upper Eulittoral zone was mainly characterized by the cirripeds *Chthamalus bisinuatus* and *C. proteus*, which are commonly found on Brazilian rocky shores. According to Coelho et al. (2004) the distribution of these species on Brazil is from Rio Grande do Norte to Santa Catarina. In this sub zone, aridity caused by exposure to air is still intense, but a reduction of the empty space in the area was verified. The grazer *L. ziczac* appears amongst the cirripedes but not as abundant as on the littoral fringe, which is usually called "Littorinid zone". However, Apolinário et al. (1999) have observed that littorinids are much more abundant in the middle-intertidal zone aggregating amongst cirripedes. The grazing limpet *Collisella subrugosa* commonly found in this zone is also mentioned as an abundant archiogastropod in the Brazilian coast, occurring from the tropical northeast up to the subtropical southeast coast (Rios, 1995 apud Tanaka, 2001). Another mollusc *Brachidontes solisianus* though present along the eulittoral zone showed a higher relative abundance on the upper sub zone.

The Lower Eulittoral zone extends from mean high water (MHW) to mean tide level (MTL). It reveals the highest species diversity and richness, showing an even distribution. Bare rock decrease to <10% is evident. Three distinct patches forming a mosaic pattern could be observed in this sub zone: the first one with *Chthamalus* spp, *C. subrugosa* and *B. solisianus*; the second one formed by tufts of rhodophytes including *C. clavulatum* and *G. griffithsiae* and the third one with *P. lapidosa* and *U. fasciata*.

The Sub-Littoral Fringe (0.8 to 0.2 m) ranges from the mean tide level (MTW) to the extreme low water spring (ELWS), which corresponds to the lowest tide level. It represents a transition band to the Sublittoral zone, where the emersion time is the lowest of the intertidal region. Irregular patches of the mussel *Perna perna* occupy this zone, and its existence is more related to wave exposure areas (personal observation). The sandy reefs of the polychaete *Phragmatopoma lapidosa* are the local substrate for several species in this area. In southeastern Brazil this species builds extensive sandy reefs through a set of compacted individual tubes, where the organisms settle themselves (Amaral, 1987 apud Micheletti-Flores, 1999). It was common to observe a changing color from green or red, due to the dominance of the chlorophyte *U. fasciata* or the rhodophyte *C. clavulatum* to brownish, due to the sandy reefs of *P. lapidosa*. In the lowest level of the sub-littoral fringe, the rhodophyte *Hypnea musciformis* is the characteristic species. This macroalgae is also abundant in the inferior part of the intertidal zone of Rio de Janeiro coast at Cabo Frio (Coutinho, 2002), Búzios (Machado et al., 1992) and Ilha Grande Bay (Brito et al., 2002), and in the extreme north (Oliveira et al., 1984) and south (Gevertz, 1995) of the State of São Paulo. The distribution patterns of organisms on an intertidal breakwater on north coast of the State of Rio de Janeiro presented characteristics of other Brazilian natural rocky shores. Horizontal changes of species distributions over very small spatial scales of the shore formed a mosaic of organisms mainly in the middle shore, due to the substrate irregularity and discontinuity. The information obtained in the present study after the implantation of a breakwater on an area without natural rocky shores fills in a gap referring to the benthic community and its

vertical distribution on intertidal rocky substrate on the north coast of Rio de Janeiro, and additionally provides an observation basis for current and future experimental work.

ACKNOWLEDGEMENT

We thanks CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processes N° 301345/2004-0; N° 301345/2004-0) and FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Process N° E26/170.260/2005) for grants and scholarship.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo apresentar um esquema de zonização vertical de organismos bênticos da região entremarés em blocos graníticos na praia do Farol de São Tomé (22°02'S, 41°03'W) na costa norte do estado do Rio de Janeiro. Quadrados de 20 x 20 cm foram sobrepostos em quatro perfis e utilizado o método por foto quadrat com 100 pontos de interseção. A análise de agrupamento e a porcentagem de cobertura de organismos bênticos indicadores sugeriram um padrão na distribuição vertical da região entremarés com quatro faixas: Franja do Supralittoral caracterizado por espaço vazio e *Littorina ziczac*; Médiolitoral Superior ocupado por *Chthamalus* spp e espaço vazio; médiolitoral inferior caracterizado por *Chthamalus* spp, *Phragmatopoma lapidosa*, *Ulva fasciata* e *Centroceras clavulatum*; e Franja do Infralitoral caracterizado por *U. fasciata*, *P. lapidosa* e *Hypnea musciformis*. A alta variabilidade na abundância relativa das espécies dominantes entre os perfis na zona Médiolitoral é atribuída a alta irregularidade topográfica do substrato, refletindo em diferentes intensidades de exposição às ondas em uma mesma altura, favorecendo o estabelecimento de diferentes espécies. A alternância freqüente do tipo de substrato de rocha granítica para recifes arenosos de *P. lapidosa* pode ter contribuído para a variabilidade espacial em pequena escala. Este estudo preenche uma lacuna referente à comunidade bêntica e sua distribuição vertical no norte do estado do Rio de Janeiro. A adição do molhe em uma área caracterizada pela

ausência de substrato consolidado natural possibilitou o estudo da zonação da comunidade bêntica entremarés, oferecendo uma base de dados para futuros trabalhos experimentais.

REFERENCES

- Apolinário, M.; Coutinho, R. and Baeta-Neves, M. H. (1999), Periwinkle (Gastropoda: Littorinidae) habitat selection and its impact upon microalgal populations. *Brazil. J. Biol.*, 59(2), 211-218.
- Araújo R.; Bárbara I.; Sousa-Pinto I. and Quintino V. (2005), Spatial variability of intertidal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal. *Estuar. Coast.Shelf Sci.*, 64, 658-670.
- Archambault, P. and Bourget, E. (1996), Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 36,111-121.
- Benedetti-Cecchi, L. and Cinelli, F. (1997), Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of Magellan: are patterns general? *Polar Biol.*, 18, 337-343.
- Boaden, P. J. S. and Seed, R. (1985), *An Introduction to Coastal Ecology*. Blackie & Son, Glasgow.
- Boaventura, D.; Ré P., Fonseca, L. C. and Hawkins, S. J. (2002), intertidal rocky shore communities of the continental portuguese coast: analysis of distribution patterns. *Mar. Ecol.*, 23(1), 69-90.
- Brattström, H. (1999), Description of the littoral zonation at nine Bahamian rocky-shore localities. *Sarsia*, 84, 319-365.
- Brito L. V. R.; Széchy M. .T. M. and Cassano, V. (2002), Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ. *Atlântica*, Rio Grande, 24(1), 17-26.
- Bulleri, F. and Chapman, M.G. (2004), Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. *Mar. Biol.*, 145, 381-391.
- Bulleri, F. (2005), Experimental evaluation of early patterns of colonisation of space on rocky shores and seawalls. *Mar. Environ. Res.*, 60, 355-374.
- Bulleri, F.; Menconi, M.; Cinelli, F. and Benedetti-Cecchi, L. (2000), Grazing by two species of limpets on artificial reefs in the northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 255, 1-19.
- Chapman, M. G. and Bulleri, F. (2003), Intertidal seawalls: new features of landscape in intertidal environments. *Landsc. Urban Plan.*, 62, 159-172.
- Chapman, M. G., and Underwood, A. J. (1996), Influences of tidal conditions, temperature and desiccation on patterns of aggregation of the high-shore periwinkle, *Littorina unifasciata*, in New South Wales, Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 196, 213-237.
- Coelho, P. A.; Tenório, D. De O.; Ramosporto, M. M. and Rosa, De L. S. (2004), A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. In-*Oceanografia: Um Cenário Tropical*, eds E. Eskinazi-Leça; S. Neumann-Leitão & M. F. Costa. Edições Bagaço, Recife, pp. 477-527.
- Connel, J. H. (1961), The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*, 42, 710-723.
- Coutinho, R. (1995), Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecol. Brasil.*, 1, 259-271.
- Coutinho, R. (2002), Bentos de Costões Rochosos. In-*Biologia Marinha*, eds R. C. Pereira & A. Soares-Gomes. Interciência Press, Rio de Janeiro, pp.147-157.
- Cusson M. and Bourget, E. (1997), Influence of topographic heterogeneity and spatial scales on the structure of the neighbouring intertidal endobenthic macrofaunal community. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 150, 181-193.
- Denny, M. W. and Paine, R. T. (1998), Celestial mechanisms, sea-level changes, and intertidal ecology. *Biol. Bull.*, 194, 108-115.
- Forde, S. and Raimondi, P.T. (2004), An experimental test of the effects of variation in recruitment intensity on Intertidal community composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 301, 1-14.
- Gevertz, R. (1995), *Em Busca do Conhecimento Ecológico: Uma Introdução a Metodologia*. Edgard Blucher, São Paulo.
- Good, T. P. (2004), Distribution and abundance patterns in caribbean rocky intertidal zones. *Bull. Mar. Sci.*, 74(2), 459-468.
- Guichard, F.; Bourget, E. and Robert, J. L. (2001), Scaling the influence of topographic heterogeneity on a intertidal benthic communities: alternate trajectories mediated by hidrodinamics and shading. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 217, 27-41.
- Guichard, F. and Bourget, E. (1998), Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale-dependent cascade. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 171, 59-70.
- Kohler, K. E. and Gill, S. M. (2006), Coral point count with excel extensions (CPCe): a visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Comput. Geosci.*, 32(9), 1259-1269.
- Lewis, J. R. (1964), *The Ecology of Rocky Shore*. English University Press, London.
- Little, C. and Kiching, J. A. (1996), *The Biology of Rocky Shores*. Oxford University Press, Oxford.

- Machado, K. S. S.; Chapman, A. R. O. and Coutinho, R. (1992), Patch structure in a tropical rocky shore community in Brazil: a mosaic of successional states? *Ophelia*, 35(3), 187-195.
- Micheletti-Flores, C. V. and Negreiros-Fransozo, M. L. (1999), Porcellanid crabs (Crustacea, Decapoda) inhabiting sand reefs built by *Phragmatopoma lapidosa* (Polychaeta Sabellariidae) at Paranapuã beach, São Vicente, SP, Brazil. *Brazil. J. Biol.*, 59(1), 63-73.
- Oliveira, E. C. and Paula, E. J. (1984), Aspectos da distribuição vertical e variação sazonal de comunidades da zona das marés em costões rochosos do litoral norte de São Paulo. *Brazil. J. Biol.*, 147, 44-71.
- Preskitt, L. B. (2004), A rapid ecological assessment (REA) quantitative survey method for benthic Algae using photoquadrats with scuba. *Pacific Sci.*, 58(2), 201-209.
- Sabino, C. M. and Villaça, R. (1999), Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. *Brazil. J. Biol.*, 59:407-419.
- Skinner, L. F. and Coutinho, R. (2005), Effect of microhabitat distribution and substrate roughness on barnacle *Tetaraclita stalactifera* (Lamarck, 1818) settlement. *Braz. Archives Biol. Technol.*, 48(1), 109-113.
- Souza W. P. (1979), Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecol. Monogr.*, 49, 227-254.
- Stephenson, T. A. and Stephenson, A. (1949), The Universal feature of zonation between tide-marks on rocky coasts. *J. Ecol.*, 37, 289-305.
- Tanaka, M. O.; Duque-Estrada, T. E. M. and Magalhães, C. A. (2001), Dynamics of the Acmaeid limpet *Collisella subrugosa* and vertical distribution of size and abundance along a wave exposure gradient. *J. Molluscan Stud.*, 68, 55-64.
- Thomas, M. L. H., (1985), Littoral community and zonation on the rocky shores of Bermuda. *Bull. Mar. Sci.*, 37, 857-870.
- Tomanek, L. and Helmuth, B. (2002), Physiological ecology of rocky intertidal organisms: a synergy of concepts. *Integr. Compar. Biol.* 42, 771-775.
- Underwood, A. J. (1981), Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: Patterns of vertical distribution and seasonal changes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 51(7), 57-85.
- Zacharias, M. A. & Roff, J. C. (2001), Explanations of patterns of intertidal diversity at regional scales. *J. Biogeogr.*, 28, 471-483.
- Zar, J. H. (1984), *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

VARIABILIDADE ESPACIAL NA ZONAÇÃO DE COMUNIDADE BÊNICA DO ENTREMARÉS EM MOLHES NA COSTA NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Bruno P. Masi¹ & Ilana R. Zalmon¹

¹Laboratório de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense. Av. Alberto Lamego 2000, 28013-602, Campos, RJ, Brasil (bmasibio@yahoo.com.br, ilana@uenf.br).

ABSTRACT

Spatial Variability of the Intertidal Benthic Community Zonation on Breakwaters, North Coast of Rio de Janeiro State. The present study aims to compare the vertical distribution of the intertidal benthic community in two sites composed by granitic boulders with distinct hydrodynamics, due to different wave swell at Farol de São Tomé (Pier) and Barra do Furado beaches (Barra), northern Rio de Janeiro State. Quadrats of 400cm² were superposed along three vertical profiles on each site and were sampled by photoquadrat method from 0.2 m tide level to the upper limit of genus *Littorina*. The upper limit of the marine organisms was higher at Barra site (intertidal zone with 3.8 m) than at Pier site (intertidal zone with 2.2 m). Nine species were common to both sites. *Chaetomorpha* sp, *Chondracanthus teedii* e *Grateloupia* sp were exclusive to Barra while *Tetraclita stalactifera*, *Fissurella clenckii*, *Gracilaria domingensis* and *Hypnea musciformis* occurred only at Pier boulders. On both sites species richness and diversity were superior in the intermediated quadrats of the intertidal zone. The highest values were registered at Barra. The assemblage greatest differences between equivalent areas of the two sites occurred on the upper eulittoral band followed by lower eulittoral and sub-littoral fringe,

respectively. The littoral fringe assemblage was the only one that did not show significant differences among the studied sites, but a larger range of this fringe and the upper eulittoral band at Barra was quite evident. This site was mostly characterized by species of more exposed areas as *Chaetomorpha* sp and *Perna perna* on upper and lower eulittoral bands, and by *C. teedii* and *Ulva fasciata* on sub-littoral fringe. At Píer site, the intertidal zone showed an equitable distribution, reflecting a less stressful environment. The differences on vertical distribution of the local benthic organisms related to a higher upper band extension highlight a distinct wave exposure condition.

Keywords: benthic assemblage, boulders, spatial variability, vertical distribution, wave exposure degree.

RESUMO

O presente estudo pretende comparar a distribuição vertical da comunidade bêntica na zona entremarés em dois sítios compostos por matacões graníticos caracterizados por hidrodinâmica distinta, reflexo da diferença na orientação dos molhes nas praias do Farol de São Tomé (Píer) e na Barra do Furado (Barra), norte do Estado do Rio de Janeiro. Quadrados de 400 cm² foram sobrepostos ao longo de três perfis verticais de ambos os sítios e amostrados através do método de fotoquadrats, desde o nível 0,2 m da maré até o limite superior de *Littorina*. O limite superior dos organismos marinhos foi ampliado na Barra (3,8 m) em relação ao Píer (2,2 m). Quanto à composição taxonômica, nove espécies foram comuns. *Chaetomorpha* sp, *Chondracanthus teedii* e *Grateloupia* sp foram exclusivas na Barra, enquanto *Tetraclita stalactifera*, *Fissurella clench*, *Gracilaria domingensis* e *Hypnea musciformis* ocorreram somente no Píer. Em ambos os sítios, a riqueza e a diversidade de espécies

foram superiores nos quadrados intermediários. Os maiores valores foram registrados na Barra. As maiores diferenças nos agrupamentos entre faixas equivalentes de sítios distintos ocorreram na faixa eulitorânea superior, seguida pela faixa eulitorânea inferior e franja sublitorânea. Apenas a orla litorânea não revelou diferença significativa entre os sítios, mas uma maior extensão desta franja e da faixa eulitorânea superior era bastante evidente. As demais faixas na Barra do Furado foram caracterizadas em grande parte por espécies típicas de ambientes mais expostos como *Chaetomorpha* sp na faixa eulitorânea superior e *Perna perna* na eulitorânea inferior, além de *C. teedii* e *Ulva fasciata* na franja sublitorânea. No Píer, as diferentes faixas apresentavam distribuição eqüitativa, refletindo um ambiente menos estressante. As diferenças observadas na distribuição vertical dos organismos bênticos, principalmente na extensão das faixas superiores, evidenciam condições de exposição a ondas variáveis.

Palavras-chave: agrupamentos bênticos, distribuição vertical, grau de exposição às ondas, matacões, variabilidade espacial.

INTRODUÇÃO

A distribuição vertical da comunidade bêntica de costões rochosos na região entremarés é caracterizada pela distribuição de organismos ou associações de organismos em zonas dispostas horizontalmente (STEPHENSON & STEPHENSON, 1949; LEWIS, 1964). A variabilidade no eixo vertical do costão geralmente ocorre em uma escala de centímetros ou poucos metros. Diversos fatores abióticos (e.g. variação do nível de maré, grau de exposição às ondas, inclinação do substrato, dessecação e degelo) e bióticos (e.g. predação, herbivoria, competição) são conhecidos por afetar a distribuição vertical dos

organismos na zona entremarés (revisado POR BOADEN & SEED, 1985; MOORE & SEED, 1985; LITTLE & KITCHING, 1996; BENEDETTI-CECCHI, 2000).

Ao longo do eixo horizontal do costão, a variabilidade espacial tem sido um tema vastamente citado na literatura (UNDERWOOD, 1981; UNDERWOOD & CHAPMAN, 1998AB; BENEDETTI-CECCHI & CINELLI, 1997; GUICHARD *et al.*, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2005), estando relacionada a uma escala específica de observação. UNDERWOOD & CHAPMAN (1998a, b) observaram uma variabilidade espacial considerável em todas as associações de organismos examinadas em diferentes escalas (i.e. metros, dezenas de metros e quilômetros) em costões rochosos abrigados na Austrália. ARAÚJO *et al.* (2005) citam que na costa portuguesa a variabilidade horizontal em grande escala (quilômetros) está relacionada ao grau de exposição às ondas, enquanto que em escala de poucos metros tal variabilidade está relacionada à heterogeneidade do habitat (veja também BENEDETTI-CECCHI & CINELLI, 1997). Segundo UNDERWOOD (1981), em uma escala de poucos metros a variabilidade também pode estar relacionada ao grau de exposição às ondas.

Diferenças na comunidade bêntica em costões submetidos a diferentes condições de exposição às ondas são conhecidas desde LEWIS (1964), que considerou o efeito desta ação na altura e largura das faixas horizontais dos organismos. Uma costa mais aberta está sujeita a um batimento mais forte de ondas em relação a uma área mais abrigada. A influência das ondas na estrutura da comunidade entremarés tem sido abordada considerando mudanças na composição da comunidade (LEWIS, 1964), ampliação da zona entremarés (LEWIS, 1964; UNDERWOOD, 1981), riqueza e diversidade de espécies (UNDERWOOD, 1981; THOMAS, 1985; BOAVENTURA *et al.*, 2002; ARAÚJO

et al., 2005), dinâmica das “manchas” de organismos (MENGE *et al.*, 2005) e na influência relativa sobre a predação e competição (GOOD, 2004).

A complexidade topográfica de um substrato é uma característica física particularmente importante na região entremarés onde os rigores da ação mecânica das ondas e a dessecação são importantes (JACOBI & LANGEVIN, 1996 *apud* BARRETO 1999). A heterogeneidade do substrato pode modificar o padrão hidrodinâmico específico durante a maré alta e influenciar no sombreamento e na intensidade de vento durante a maré baixa (GUICHARD *et al.*, 2001).

A adição de estruturas artificiais na costa tem ocorrido devido ao desenvolvimento costeiro no mundo. Molhes ou quebra-mares (*breakwaters*) têm sido utilizados na construção de marinas e portos e na proteção de praias arenosas contra a erosão. Tais habitats são tridimensionais, oferecendo uma variedade de ambientes diferentes quanto à orientação, sombreamento e grau de exposição às ondas na região entremarés (BULLERI & CHAPMAN, 2004). A variabilidade horizontal em pequena escala nestes locais é ainda mais evidente face à maior heterogeneidade espacial e conseqüente incremento na complexidade.

A variabilidade horizontal e vertical em molhes distantes em algumas centenas de metros pode ser incrementada se os mesmos apresentarem diferentes orientações em relação às ondulações (*wave swell*), o que acarreta padrões de hidrodinamismo diferenciados (BULLERI & CHAPMAN, 2004). Os autores supracitados atribuíram as diferenças entre associações de organismos em diversas superfícies às variações na estrutura do habitat, excluindo o fator exposição às ondas por possuírem a mesma orientação quanto à ondulação.

O presente estudo pretende caracterizar comparativamente a comunidade bêntica do entremarés ao longo do gradiente vertical em dois molhes na costa norte do Estado do Rio de Janeiro, com diferentes intensidades de exposição às ondas, reflexo da diferença na orientação dos molhes, o que causa alteração no padrão hidrodinâmico. Dessa forma, a hipótese testada foi: faixas verticais caracterizadas por associações particulares de organismos bênticos da zona entremarés diferem entre sítios em função do grau de exposição às ondas, variável quanto à orientação dos molhes de cada local.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na costa norte do Estado do Rio de Janeiro, em dois molhes localizados nas praias da Barra do Furado e do Farol de São Tomé (22°02'S, 41°03'W), distantes entre si cerca de dois quilômetros, aqui referidos como sítios Barra e Píer, respectivamente. Estes são constituídos por matacões graníticos transplantados, apresentando uma superfície irregular e descontínua formando “degraus” (Figuras 1A e 1B). Ambos os molhes apresentam uma inclinação total de 50°, mas não apresentam a mesma orientação quanto à ondulação (*wave swell*) (Figura 1C). As principais conseqüências são as diferenças no grau de exposição e alterações no padrão hidrodinâmico. O vento nordeste é predominante na região durante o ano.

No sítio Barra, os matacões ocorrem a partir da praia e possuem uma área total aproximada de 80 m de comprimento. A amostragem foi realizada na superfície rochosa sudoeste, perpendicular à linha da costa (Figura 1A).

No sítio Píer, os matacões distam 10 m da praia e possuem uma área total aproximada de 30 m de comprimento. O programa de amostragem foi

realizado na superfície rochosa oeste, onde a ação das ondas é menos intensa devido à proteção da superfície rochosa em relação à ondulação (Figura 1B).

Figura 1.

Para mensurar e expressar o grau de exposição às ondas na superfície rochosa de cada molhe foi avaliado o tamanho das ondas com uma régua de 2,0 m (escala 0,5 m), distante 50 m do observador, e o período das ondas que corresponde ao intervalo de tempo em segundos decorrido entre a passagem sucessiva de duas cristas por um ponto fixo. Os resultados dos parâmetros investigados foram comparados à tabela proposta por SCHOCH & DETHIER (1997), obtendo-se uma classificação (muito protegido, protegido, semi-protegido, semi-exposto e exposto) e uma escala de 1 a 10, respectivamente de muito protegido à exposto.

O programa de amostragem foi realizado em ambos os sítios em julho de 2005, na parte da manhã em baixamar. Os organismos foram previamente coletados para a identificação taxonômica da comunidade. Os cirrípedes *Chthamalus proteus* Dando & Southward, 1980 e *C. bisinuatus* Pilsbry, 1916 foram caracterizados ao nível de gênero devido à impossibilidade de distingui-los.

Três perfis verticais de 4 m de largura, distantes cerca de 6 metros, foram amostrados em cada sítio, cada um representando uma unidade amostral. Uma câmera digital Cannon PowerShot A510 4.1 Mp em compartimento estanque foi utilizada fixada a uma estrutura de PVC com 20 X 20 cm de lado para a metodologia de fotoquadrat (PRESKITT *et al.*, 2004). MACEDO *et al.* (2006) compararam a metodologia convencional em campo e por fotoquadrat neste mesmo local e verificaram que para estudos de zonação

bêntica a amostragem por fotografia digital é bastante eficiente, acurada e vantajosa em relação ao método de amostragem *in situ*. Em cada perfil, os quadrats foram fotografados desde o nível 0,2 m da maré, até um ponto selecionado acima do último organismo marinho na porção superior do substrato rochoso (geralmente *Littorina* spp). No sítio Barra foi necessário um maior número de quadrados para amostragem da zona entremarés (n = 18 quadrados na Barra e n = 10 quadrados no Píer), face à sua maior extensão.

As amostragens foram realizadas em superfícies relativamente perpendiculares e voltadas para o mar. Cada fotografia foi analisada através do software CPCe V3.4 (Coral Point Count with Excel extensions), a partir de um *grid* com 100 pontos de interseção (KOHLENER & GILL, 2006). A distinção entre a cobertura do estrato primário e secundário não foi considerada. Devido à descontinuidade do substrato, a determinação de cada altura foi executada por seções, utilizando-se o método de GEVERTZ (1995).

Os níveis de maré foram obtidos através da tábua de marés para o Terminal Marítimo de Imbetiba, disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm>.

Os agrupamentos bênticos nas diferentes alturas foram estimados através da composição taxonômica, riqueza de espécies (número total e médio), diversidade de Brillouin (ZAR, 1984) e porcentagem de cobertura média nos três perfis em cada sítio estudado.

A análise comparativa dos dois sítios estudados em relação às associações de organismos bênticos nas diferentes alturas incluiu análise de agrupamento e o método de ordenamento MDS, utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis com os dados de porcentagem de cobertura média das espécies. A confiabilidade do dendrograma foi avaliada pelo coeficiente de

correlação cofenético, que segundo VALENTIN (2000) é aceitável acima do valor 0,8. A adequação da configuração das amostras no ordenamento MDS foi obtida através do valor de estresse, que abaixo de 0,05 proporciona uma excelente representação espacial sem probabilidade de má interpretação (CLARKE & WARWICK, 2001).

O teste de permutação ANOSIM (*one way*) foi empregado a fim de avaliar a significância das diferenças entre os grupos pré-definidos a partir da análise de agrupamento representadas no método de ordenamento MDS. As matrizes de similaridade incluíram a porcentagem de cobertura dos organismos presentes em cada sítio. As três unidades amostrais de mesma altura e sítio foram tratadas como réplicas para aumentar a possibilidade de permutações e, conseqüentemente, o poder do teste (CLARKE & WARWICK, 2001). O teste ANOSIM produz uma estatística R que varia em uma amplitude de -1 a $+1$. Valores R iguais a $+1$ são obtidos apenas quando todas as réplicas dentro dos grupos são mais similares entre si do que qualquer réplica de grupos diferentes.

O procedimento de porcentagem de similaridades (SIMPER) definiu o percentual de contribuição das espécies dentro e entre os grupos evidenciados pela análise de agrupamento e representadas no método de ordenação MDS (CLARKE & WARWICK, 2001). Uma contribuição cumulativa de 80% foi aplicada como em BOAVENTURA *et al.* (2002).

A análise de dados foi realizada com o programa PRIMER 6 (CLARKE & WARWICK, 2001) e o coeficiente cofenético calculado como software NSTSYS pc 2.1. Representações gráficas do padrão de distribuição vertical das principais espécies na região entremarés nos molhes estudados de ambos os

sítios são indicadas em diagramas com os níveis de marés e utilizando-se a terminologia de LEWIS (1964) adaptado por PAULA (1987 *apud* COUTINHO, 2002).

RESULTADOS

O grau de exposição às ondas nas superfícies dos molhes estudados foi diferenciado. O critério período médio das ondas na Barra ($5,8 \pm 1,6$) classificou o sítio como semi-exposto (escala 8) enquanto que o sítio Píer ($1,0 \pm 0,6$) foi classificado como muito protegido (escala 1). O critério altura das ondas classificou o sítio Barra ($2,0 \pm 1,2$) como semi-exposto (escala 8), enquanto que o sítio Píer ($1,0 \pm 0,6$) foi classificado como semi-protegido (escala 6). Considerando os parâmetros das ondas mensurados, o sítio Barra apresentou uma maior grau de exposição às ondas quando comparado com ao sítio Píer.

A riqueza total foi semelhante em ambos os molhes, com 12 espécies registradas no sítio Píer e 13 no sítio Barra (Tabela I). A presença ou ausência de espécies particulares mostra a afinidade de cada qual a um grau diferenciado de ação das ondas. Como espécies exclusivas destacaram-se *Chaetomorpha* sp, *Chondracanthus teedii* e *Grateloupia* sp (Barra) e *Tetraclita stalactifera*, *Fissurella clenck*, *Gracilaria domingensis* e *Hypnea musciformis* (Píer).

Tabela I.

A representação gráfica da distribuição vertical das espécies mais representativas revela diferenças na sua amplitude vertical e abundância relativa em ambos os sítios estudados (Figuras 2 e 3). Ao longo do eixo vertical dos molhes, as espécies colonizam níveis mais elevados do substrato no sítio Barra em relação ao Píer.

A mesma tendência de declínio unidirecional de espaço vazio para a porção inferior da zona entremarés foi registrada no Píer e na Barra (Figura 2a). O gastrópode *Littorina ziczac*, apesar do baixo valor médio de cobertura (Barra: 3,0%; Píer: 5,7%), caracterizou o limite superior da zona entremarés (Figura 2b). O cirrípede do gênero *Chthamalus* apresentou os maiores valores médios de cobertura na porção superior da zona entremarés (Barra: 21,3%; Píer: 63,7%) (Figura 2c). O gastrópode herbívoro *Collisella subrugosa* apresentou uma ampla faixa de distribuição vertical na Barra, estendendo-se da porção superior a média da zona entremarés, bastante similar em extensão a clorófita *Chaetomorpha* sp, ausente no Píer (Figuras 2d, 2e). O bivalve *Perna perna* apresentou uma distribuição vertical descontínua no Píer, restringindo-se à porção inferior, enquanto na Barra foi mais abundante, ocupando inclusive a porção média da zona entremarés (Figura 2f). A rodófito *Centroceras clavatum* ocupou, como os demais organismos, uma posição superior na Barra, com cobertura média inferior em relação ao Píer (Barra: 5%; Píer: 23,3%) (Figura 2g). Dentre as espécies mais representativas da porção inferior da zona entremarés de ambos os sítios, a clorófita *Ulva fasciata* apresentou uma faixa de distribuição mais ampla, atingindo a porção superior dos molhes na Barra (Figura 2h). Já a poliqueta *Phragmatopoma lapidosa*, representada pelos “recifes de areia” que constrói, foi mais abundante no extremo inferior da zona entremarés na Barra (58,7%), enquanto no Píer os valores médios de cobertura apresentaram-se mais homogêneos em toda a faixa inferior, em torno de 45% (Figura 2i).

Figura 2.

Em ambos os sítios, o número de espécies foi superior nos quadrados intermediários (Barra: B8 à B12 = 1,6 a 2,6 m; Píer: P5 e P6 = 1,0 a 1,4 m), com 5 a 7 espécies em média e, inferior nos quadrados extremos (Figura 3). Nestes, o sítio Barra apresentou uma variação mais ampla no número total de espécies (1 a 7), enquanto no sítio Píer a variação foi de 2 a 4 espécies.

Figura 3.

A diversidade apresentou uma tendência similar ao número de espécies, com valores médios superiores nos quadrados intermediários em ambos os locais de estudo (Barra: B7 à B12 = 1,4 a 2,6 m; Píer: P5 e P6 = 1,0 a 1,4 m). Comparando-se os diferentes sítios, na Barra foram registrados os maiores valores médios de diversidade (Barra: $H = 1,3$ em B9; Píer: $H = 1,1$ em P5) e diversidade máxima (Barra: 1,7 em B10; Píer: 1,4 em P5). Vale ressaltar as expressivas variações de riqueza e diversidade no sítio Barra em uma mesma altura (Figura 4).

Figura 4.

A análise de agrupamento das associações bênticas nas diferentes alturas revelou no sítio Barra a formação de quatro grupos principais com 50% de similaridade, que corresponderam a quatro faixas da zona entremarés (Figura 5): IB, superior, caracterizado por espaço vazio, *Chthamalus* spp e *L. ziczac*; IIB, intermediário superior, predominado por *C. subrugosa* e *Chaetomorpha* sp; IIIB, intermediário inferior, representado por *U. fasciata*, *Grateloupia* sp e *G. griffithisae*; IVB, inferior, com maior abundância de *P. lapidosa* e *P. perna*. O valor do coeficiente cofenético ($r = 0,94$) foi maior do que o aceitável ($r = 0,80$), refletindo a confiabilidade do dendrograma.

No sítio Píer também se verificou a formação de quatro grupos principais com 50% de similaridade (Figura 5): IP, faixa superior predominada por espaço vazio e *L. ziczac*; IIP, faixa intermediária superior, caracterizada por *Chthamalus* spp e *C. subrugosa*; IIIP, faixa intermediária inferior, representada por *G. griffithisae*, *P. perna* e *F. clenchi*; e IVP, inferior com maior abundância de *H. musciformis*, *C. clavulatum*, *U. fasciata* e *P. lapidosa*. O valor do coeficiente cofenético ($r = 0,82$) também foi maior do que o aceitável ($r = 0,80$).

Figura 5.

A reunião dos quadrados (alturas) na análise de ordenação MDS correspondeu ao padrão gerado pela análise de agrupamento para ambos os sítios (Figura 6). A representação gráfica do método evidencia uma seqüência ordenada das alturas formando um continuum ao longo de ambos os substratos investigados. Os valores do estresse para a configuração bidimensional do MDS de 0,03 para o sítio Barra e de 0,01 para o sítio Píer foi baixo, indicando que as similaridades estão adequadamente representadas pelas distâncias no plano, denotando uma representação gráfica adequada.

Figura 6.

A variabilidade espacial vertical em pequena escala (0,2 a 3 metros) das associações de organismos entre as diferentes alturas (quadrados) em cada praia, avaliada através da análise de similaridade (ANOSIM), revelou diferenças significativas ao longo do eixo vertical dos molhes na Barra ($R = 0,57$, $P: 0,1\%$) e no Píer ($R = 0,66$, $P: 0,1\%$). O teste de permutação ANOSIM também revelou diferença significativa entre os grupos (faixas da zona

entremarés) formados a partir da análise de agrupamento tanto na Barra (R = 0,75; P: 0,1%) como no Píer (R = 0,87; P: 0,1%).

Ao examinar a hipótese de diferenças significativas entre faixas eqüivalentes de sítios distintos, a análise de similaridade ANOSIM evidenciou as maiores diferenças entre as faixas II, III e IV, respectivamente (Tabela II). Apenas a comparação do grupo I da Barra com o grupo I do Píer (faixa mais superior) não apresentou valor significativo (R = -0,135; P: 87,2%).

Tabela II.

A análise SIMPER definiu as espécies que mais contribuíram para a similaridade dentro e entre os grupos formados na análise de agrupamento para os dois sítios estudados (Tabelas III e IV). Em ambos, “espaço vazio” foi o principal contribuidor no Grupo I (quadrados superiores) e no Grupo II (quadrados intermediários superiores), juntamente com *Chaetomorpha* na Barra e *Chthamalus* no Píer. No Grupo III (quadrados intermediários inferiores), *U. fasciata* e *P. perna* foram as espécies mais comuns na Barra, enquanto *Chthamalus* spp, *P. lapidosa* e *C. clavulatum* foram no Píer. No Grupo IV (quadrados inferiores), *P. lapidosa* contribuiu com a maior similaridade em ambos os locais junto com *P. perna* na Barra e *U. fasciata* no Píer.

As dissimilaridades médias entre pares de grupos vizinhos (Tabelas III e IV) revelam que os grupos I e II diferiram devido ao “espaço vazio” e *Chaetomorpha* sp na Barra e “espaço vazio” e *Chthamalus* spp no Píer. Além destes componentes, *U. fasciata* e *P. perna* na Barra e *C. clavulatum*, *P. perna* e *P. lapidosa* no Píer foram responsáveis pela dissimilaridade entre os grupos II e III. Os grupos III e IV diferiram principalmente por *P. lapidosa*, *U. fasciata* e *P. perna* na Barra e no Píer, juntamente com *Chthamalus* spp e *C. clavulatum*.

Vale ressaltar o menor número de espécies que contribuíram para a similaridade entre e dentro os grupos no sítio Barra.

Tabelas III e IV.

A análise SIMPER revelou ainda as espécies que mais contribuíram para a distinção entre faixas equivalentes de sítios distintos (Tabela V): espaço vazio (40,54%), *Chthamalus* spp (35,14%) e *L. ziczac* (10,53%) na faixa superior; *Chthamalus* spp (36,69%), *Chaetomorpha* sp (20,32%, espécie exclusiva na Barra), espaço vazio (17,04%) e *P. perna* (8,34%) na faixa intermediária superior; *U. fasciata* (24,88%), *Chthamalus* spp (18,56%), *P. perna* (16,76%), *C. clavulatum* (12,10%) e *P. lapidosa* (9,24%) na faixa intermediária inferior; *P. perna* (31,56%), *U. fasciata* (31,31%) e *P. lapidosa* (23,63%) na faixa inferior da zona entremarés.

Tabela V.

DISCUSSÃO

A variabilidade espacial em diversas escalas tem sido abordada em muitos estudos promovendo o melhor entendimento da estrutura de comunidades em substratos rochosos no entremarés (UNDERWOOD, 1981; BENEDETTI-CECCHI & CINELLI, 1997; UNDERWOOD & CHAPMAN, 1998AB; GUICHARD *et al.*, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2005).

No presente estudo foram registradas diferenças com relação à composição de espécies entre os sítios Barra, mais exposto, e Píer, mais protegido. A clorófita *Chaetomorpha* sp, exclusiva na Barra, é comumente citada na literatura como restrita a locais expostos às ondas (revisado por OLIVEIRA & PAULA, 1984; TANAKA *et al.*, 2001; COUTINHO, 2002). Recifes de areia

formados por *P. lapidosa* ocorrem principalmente ao longo da costa tropical nas Américas (FANTA, 1968 *apud* MICHELETTI-FLORES & NEGREIROS-FRANSOZO, 1999). Embora tenham sido registrados em ambos os sítios de estudo atuando como substrato na porção inferior da zona entremarés, estes ocuparam uma faixa bem mais extensa no Píer. O maior grau de exposição no sítio Barra provavelmente dificulta a expansão dos agregados de arenito que compõe os tubos de *P. lapidosa*, contudo não exclui a presença da espécie neste ambiente mais batido pelas ondas. Segundo ARAÚJO *et al.* (2005), a história de colonização do substrato, a heterogeneidade do ambiente, as interações biológicas e a própria fisiologia dos organismos contribuem conjuntamente para a variabilidade na estrutura da associação encontrada nas diferentes regiões.

Estudos de associações de organismos na zona entremarés focam primariamente na abundância e na distribuição de espécies comuns ou dominantes o que, segundo DAVIDSON *et al.* (2004), pode afetar comparações na diversidade. Neste estudo, espécies pouco abundantes como *L. ziczac* e *C. clavulatum* contribuíram para as principais diferenças entre os sítios. Independente do esquema de zonação adotado é importante que não seja baseado apenas nas espécies dominantes, mas sim no maior número de espécies possível (COUTINHO, 1995).

A cobertura de espécies é um bom índice de sua importância (THOMAS, 1985) e a representação dessa abundância em diagramas, incluindo o nível da maré, auxilia na interpretação do padrão de zonação (CHOI & KIM, 2004). A abundância relativa das espécies variou entre os níveis da zona entremarés, considerando os sítios de estudo. Na Barra, todas as espécies ocuparam níveis mais elevados em relação ao Píer, fato explicado pelo batimento mais intenso

no primeiro local. Esse efeito, denominado *uplift*, indica maior grau de exposição às ondas, fazendo com que o borrifio (*spray*) mantenha a superfície rochosa permanentemente úmida, acima do nível normalmente alcançado pela maré (revisado por BOADEN & SEED, 1985; LITTLE & KITCHING, 1996).

Assim como a abundância, o número de espécies também variou em relação ao nível da maré e altura do substrato. Diversos autores registraram maior riqueza em níveis inferiores da zona entremarés (THOMAS 1985; BOAVENTURA *et al.*, 2002; GOOD, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2005). Em ambos os sítios em estudo, foram verificadas uma maior riqueza e diversidade de espécies em níveis intermediários, confirmando a Hipótese do Distúrbio Intermediário (CONNELL, 1978), a qual prevê que a diversidade é maximizada em comunidades sob níveis intermediários de perturbação.

A oscilação periódica da maré favorece a coexistência de organismos em níveis próximos ao intermediário, atingindo o máximo de diversidade. Na porção inferior da zona entremarés, os reduzidos valores de diversidade podem ser atribuídos à elevada turbidez local, dada à proximidade da desembocadura do Rio Paraíba do Sul (63,4 Km). Dentre as espécies mais representativas da franja sublitorânea de ambos os sítios, destacaram-se as rodófitas. A intensidade luminosa é um fator limitante para a maioria das espécies de macroalgas. Evidências de relações diretas positivas e/ou negativas entre pigmentação, “performance” e distribuição vertical algal são relatadas por KIRK (1994). BOAVENTURA *et al.* (2002) argumentam claramente que níveis superiores da costa exibem menor diversidade, provavelmente face às condições estressantes nesta altura, o que acarreta em um número bastante reduzido de espécies. Assim como observado por UNDERWOOD (1981) em New

South Wales na Austrália, verificou-se uma tendência para o acréscimo da diversidade com o decréscimo da exposição às ondas ao longo da costa, com valores médios superiores no sítio mais protegido.

Vale ressaltar as expressivas variações de riqueza e diversidade no sítio Barra entre as unidades amostrais (perfis) de uma mesma faixa de altura. Estas variações podem ter ocorrido em função da irregularidade topográfica dos molhes, proporcionando condições ambientais distintas em pequena escala, o que favorece a formação de manchas com diferentes associações de espécies em um mesmo nível. Manchas formando um padrão de distribuição em mosaico também são comumente observadas em Cabo Frio, sudeste do Rio de Janeiro, ocorrendo em escalas que variam desde centímetros a metros (YONESHIGUE, 1985 *apud* MACHADO *et al.*, 1992).

A oscilação da maré e o grau exposição às ondas basicamente definem a estrutura da comunidade na zona entremarés (STEPHENSON & STEPHENSON, 1949; LEWIS, 1964; UNDERWOOD, 1981). A maré proporciona períodos alternados de imersão/emersão, enquanto que o grau de exposição às ondas pode variar de acordo com a altura e o período das ondas tornando a duração e a frequência de exposição fatores muito importantes. Em locais protegidos, a dependência dos salpicos de água salgada (*spray*) é um fator relevante para a sobrevivência dos organismos e conseqüentemente para a formação das diferentes faixas. No sítio Píer, ambiente menos exposto, as faixas da zona entremarés mostraram-se mais evidentes do que no sítio Barra, proporcionadas basicamente pela variação da maré.

O padrão de distribuição vertical observado nos dois sítios indicou a presença de quatro faixas de organismos na zona entremarés dos respectivos

molhes. A orla litorânea foi à única faixa que não mostrou diferenças entre os sítios estudados. GOOD (2004) no Caribe, ao comparar essa faixa superior entre sítios expostos e protegidos também não registrou diferenças nas associações de organismos, observando que o estresse acentuado se relacionava à exposição extrema ao ar. Na Barra, a orla litorânea mostrou-se três vezes mais ampla (2,6-3,8 m) do que no Píer (1,8-2,2 m). A distribuição dos organismos estava 0,8 m acima do ponto de início no sítio exposto em relação ao protegido.

Na faixa eulitorânea superior, os organismos precisam suportar grandes períodos de emersão e, portanto, o espaço vazio ainda é muito representativo. No sítio exposto, a amplitude da faixa (1,8-2,6 m) mostrou-se um pouco maior que no sítio protegido (1,2-2,0 m). Na Barra, o bivalve *P. perna* e a clorófito *Chaetomorpha* sp apresentaram importante papel na definição dessa zona, reforçando a importância de estudar o maior número de espécies, inclusive aquelas exclusivas como a referida macroalga. Como mencionado, *Chaetomorpha* é comumente citada como restrita a locais expostos às ondas (revisado por OLIVEIRA & PAULA, 1984; COUTINHO, 2002; TANAKA *et al.*, 2001); ressalta-se que sua morfologia filamentosa proporciona uma menor superfície de contato. A maior abundância relativa do bivalve filtrador *P. perna* no sítio exposto pode ser resultado de menor predação por *Stramonita haemastoma*, gastrópode carnívoro bastante comum em fendas no sítio protegido (observação pessoal). Segundo GOOD (2004), o acréscimo da ação das ondas torna a predação progressivamente menos importante que os fatores físicos na organização da comunidade na zona entremarés. O cirrípede *Chthamalus* spp, comumente encontrado nessa faixa em regiões tropicais e subtropicais em todo

o mundo (COELHO *et al.*, 2004), foi o organismo mais importante nesta altura da zona entremarés no Píer.

Na faixa eulitorânea inferior, faixa em que o estresse por dessecação é menos intenso em relação às demais faixas, as associações de organismos foram caracterizadas por espécies comuns aos dois sítios, porém com abundância relativa diferenciada. Na Barra, esta faixa ocupou uma grande amplitude da zona entremarés (0,4-1,8 m), enquanto que no Píer apresentou-se como uma área de transição com apenas 20 cm de amplitude (1,0-1,2 m). Comparando-se os dois sítios, diversas espécies foram responsáveis pela diferença dessa faixa como *Chthamalus* spp, *C. clavulatum* e *P. lapidosa* (Píer) e *P. perna* e *U. fasciata* (Barra).

Na franja sublitorânea o período de imersão é mais prolongado e geralmente esta faixa é ocupada em sua maior parte por macroalgas (*sensu* LEWIS, 1964). As macroalgas foram mais abundantes no sítio protegido, enquanto no exposto os molhes apresentavam-se recobertos pelos recifes arenosos de *P. lapidosa*. MACHADO *et al.* (1992) citam esta espécie de poliqueta em costão rochoso moderadamente protegido em Búzios, sudeste do Rio de Janeiro.

Nesta faixa também se observou diferença entre os sítios com relação à abundância de *P. perna*, predominante no sítio de maior batimento, e *U. fasciata* e *H. musciformis*, predominantemente no sítio protegido. Ao longo da costa portuguesa, os mexilhões também ocorrem na porção inferior do médiolitoral (= região eulitorânea) de costões mais expostos (BOAVENTURA *et al.*, 2002).

As diferenças encontradas nos padrões de zonação na zona entremarés nas superfícies dos molhes estudados são atribuídas principalmente a diferença no grau de exposição às ondas em que estão submetidos, como a altura diferenciada ocupada pelas espécies representativas bem como a extensão de suas respectivas faixas. O efeito *uplift* relacionado à ampliação da zona entre marés foi identificado no sítio mais exposto, em que a orla litorânea apresentou-se três vezes mais extensa. As associações de espécies nas demais faixas apresentaram-se diferenciadas tanto na composição de espécies como em suas respectivas abundância relativas. O presente estudo complementa a base de dados sobre a comunidade bêntica da zona entremarés em substratos consolidados na costa norte do estado do Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Dr Renato Crespo Pereira (Depto Biologia Marinha – UFF) e Dr Ronaldo Novelli (Lab. de Ciências Ambientais – UENF) pela identificação das algas e moluscos, respectivamente. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro/FAPERJ pelo auxílio à pesquisa (Proc. N° E-26-171.313/04).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo R.; I. Bárbara; I. Sousa-Pinto & V. Quintino. 2005. Spatial variability of intertidal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal.

Estuarine, Coastal and Shelf Science, Amsterdam, 64: 658-670.

Barreto, C.C. 1999. Heterogeneidade espacial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração, p. 121-123. In:

S.H.G. Silva & H.P. Lavrado (Eds). Ecologia dos Ambientes Costeiros do

Estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, VII+304p.

Benedetti-Cecchi, L. & F. Cinelli. 1997. Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of Magellan: are patterns general? *Polar Biology*, Berlin, 18: 337-343.

Benedetti-Cecchi, L. 2000. Predicting direct and indirect effects during succession in a midlittoral rocky shore assemblage. *Ecology Monograph*, Kansas, 70: 45-72.

Boaden, P.J.S. & R. Seed 1985. *An Introduction to Coastal Ecology*. Blackie & Son, Glasgow, 218p.

Boaventura, D.; P. Ré; L.C. Fonseca & S.J. Hawkins. 2002. Intertidal Rocky Shore Communities of the Continental Portuguese Coast: Analysis of Distribution Patterns. *Marine Ecology*, Naples, 23 (1): 69-90.

Bulleri, F. & M.G. Chapman. 2004. Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. *Marine Biology*, Berlin, 145: 381-391.

Choi T.S. & K.Y. Kim. 2004. Spatial pattern of intertidal macroalgal assemblages associated with tidal levels. *Hydrobiologia*, Bruxelles, 512: 49–56.

Clarke K.R. & R.M. Warwick. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd edition: PRIMER-E, Plymouth, UK, 172p.

Coelho, P.A.; D. de O. Tenório; M.M. Ramosporto & L.S. Rosa. 2004. A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. p. 477-527. In: *Oceanografia: Um Cenário*

Tropical. (Ed.) E. Eskinazi-Leça; S. Neumann-Leitão & M. F. Costa. Edições Bagaço, Recife, 761p.

Connel J.H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*, Washington, 199: 1302-1310.

Coutinho, R. 1995. Avaliação crítica das causas da zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos. *Oecologia brasiliensis*, Rio de Janeiro, 1: 259-271.

Coutinho, R. 2002. Bentos de Costões Rochosos, p.147-157. In: R.C. Pereira & A. Soares-Gomes (Ed.) *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro, Interciência Press, 382p.

Davidson I.C.; A.C. Crook & D.K.A. Barnes 2004. Quantifying Spatial Patterns of Intertidal Biodiversity: Is Movement Important? *Marine Ecology*, Napoles, 25 (1): 15-34.

Gevertz, R. 1995. *Em Busca do Conhecimento Ecológico: Uma Introdução a Metodologia*. São Paulo, Edgard Blucher. 128p.

Good, T.P. 2004. Distribution and Abundance Patterns in Caribbean Rocky Intertidal Zones. *Bulletin of Marine Science*, Miami, 74 (2): 459-468.

Guichard, F.; E. Bourget & J.L. Robert. 2001. Scaling the influence of topographic heterogeneity on a intertidal benthic communities: alternate trajectories mediated by hydrodynamics and shading. *Marine Ecology Progress Series*, Napoles, 217: 27-41.

Kirk, J.T.O. 1994. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 509p.

- Kohler, K.E. & S.M. Gill. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, Filadelfia, 32 (9): 1259-1269.
- Lewis, J.R. 1964. *The ecology of rocky shore*. London, English University Press, 300p.
- Little, C. & J.A. Kiching. 1996. *The Biology of Rocky Shores*. Oxford, Oxford University Press, 240p.
- Macedo I.M.; B.P. Masi & I.R. Zalmon 2006. Comparison of rocky intertidal community sampling methods at the northern coast of Rio de Janeiro state, Brasil. *Brazilian Journal of Oceanograph*, São Paulo, 54 (2/3): 147-154.
- Menge B.A.; G.W. Allison; C.A. Blanchette; T.M. Farrell; A.M. Olson; T.A. Turner & P. V. Tamalen. 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*, Oxford, 314: 3-39.
- Micheletti-Flores, C.V. & Negreiros-Fransozo, M.L. 1999. Porcellanid crabs (Crustacea, Decapoda) inhabiting sand reefs built by *Phragmatopoma lapidosa* (Polychaeta Sabellariidae) at Paranapuã beach, São Vicente, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 59 (1): 63-73.
- Moore P.G. & Seed R. 1985. *The ecology of rocky coasts*. London, Hodder and Stoughton, 467p.
- Oliveira, E.C. & E.J. Paula. 1984. Aspectos da distribuição vertical e variação sazonal de comunidades da zona das marés em costões rochosos do litoral norte de São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 147: 44-71.

Preskitt, L.B.; P.S. Vroom & C.M. Smith. 2004. A Rapid Ecological Assessment (REA) Quantitative Survey Method for Benthic Algae Using Photoquadrats with Scuba. *Pacific Science*, Hawaii, 58 (2): 201-209.

Sauer-Machado, K.R.S.; A.R.O. Chapman & R. Coutinho. 1992. Patch structure in a tropical rocky shore community in Brazil: A mosaic of successional states? *Ophelia*, Helsingør, 35 (3): 187-195.

Stephenson, T.A. & A. Stephenson. 1949. The Universal feature of zonation between tide-marks on rocky coasts. *Journal of Ecology*, Edinburgh, 37: 289-305.

Tanaka, M.O.; Duque-Estrada, T.E.M. & Magalhães C.A. 2001. Dynamics of the Acmaeid limpet *Collisella Subrugosa* and vertical distribution of size and abundance along a wave exposure gradient. *Journal of Molluscan Studies*, Oxford, 68: 55-64.

Thomas, M.L.H. 1985. Littoral community and zonation on the rocky shores of Bermuda. *Bulletin of Marine Science*, cidade, 37: 857-870.

Underwood, A.J. 1981 Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: Patterns of vertical distribution and seasonal changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Oxford, 51 (7): 57-85.

Underwood, A.J. & M.G. Chapman. 1998a. Variation in algal assemblages on wave-exposed rocky shores in New South Wales. *Marine & Freshwater Research*, Collingwood, 49: 241-254.

Underwood, A.J. & M.G. Chapman. 1998b. Spatial analyses of intertidal assemblages on sheltered rocky shores. *Austral Ecology*, Sydney, 23: 138-157.

Valentin, J.L. 2000. Ecologia Numérica - uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro, Ed. Interciência. 117p.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. New Jersey, Prentice Hall, 718p.

Legenda de Figuras:

Figura 1. Localização dos sítios de estudo na costa norte do Estado do Rio de Janeiro: (A) Barra do Furado (Barra), (B) Farol de São Tomé (Pier), (C)

Esquema representando a orientação dos molhes Pier e Barra em relação à costa, refletindo em diferentes condições de exposição às ondas visto à direção predominante da ondulação.

Figura 2. Distribuição vertical das espécies mais representativas nos sítios Barra (coluna da esquerda) e Pier (coluna da direita), costa norte do Estado do Rio de Janeiro.

Figura 3. Distribuição vertical dos principais organismos dos molhes Barra (exposto) e Pier (protegido) incluindo os níveis de maré calculados para o período de 30 dias antes da amostragem.

Figura 4. Riqueza e diversidade de espécies na região entremarés nos dois sítios estudados (B1 e P1: quadrado inferior nos sítios Barra e Pier = 0,2 a 0,4m; P10: quadrado superior no Pier = 2,0 a 2,2m; B18: quadrado superior na Barra: 3,6 a 3,8m). Valores médios de três perfis.

Figura 5. Análise de agrupamento representativo da comunidade bêntica em diferentes alturas (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis - UPGMA) em ambos os sítios estudados (B1 e P1: quadrado inferior nos sítios Barra e Pier = 0,2 a 0,4 m; P10: quadrado superior no Pier = 2,0 a 2,2 m; B18: quadrado superior na Barra: 3,6 a 3,8 m).

Figura 6. Ordenação MDS da comunidade bêntica em diferentes alturas (coeficiente de similaridade de Bray-Curtis) em ambos os sítios estudados. Faixas formadas a partir da análise de agrupamento a um nível de similaridade de 50% (B1 e P1: quadrado inferior nos sítios Barra e Píer = 0,2 a 0,4 m; P10: quadrado superior no Píer = 2,0 a 2,2 m; B18: quadrado superior na Barra: 3,6 a 3,8 m).

Tabela I. Lista de espécies identificadas na região entremarés nos sítios Barra e Píer, costa norte do Estado do Rio de Janeiro.

Espécies	Barra	Píer
<i>Chthamalus</i> spp Ranzani, 1817	+	+
<i>Tetraclita stalactifera</i> (Lamarck, 1818)	0	+
<i>Collisella subrugosa</i> (Orbigny, 1846)	+	+
<i>Fissurella clenchi</i> (Farfante, 1943)	0	+
<i>Littorina ziczac</i> (Gmelin, 1791)	+	+
<i>Phragmatopoma lapidosa</i> Kinberg (1867)	+	+
<i>Brachidontes solisianus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
<i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
<i>Chaetomorpha</i> sp Kutzing 1845	+	0
<i>Ulva fasciata</i> Delile 1813	+	+
<i>Centroceras clavulatum</i> (Agardh) Montagne	+	+
<i>Chondracanthus teedii</i> (Mertens ex Roth) Fredericq	+	0
<i>Gracilaria domingensis</i> (Kützing) Sonder ex Dickie	0	+
<i>Grateloupia</i> sp Agardh, 1822	+	0
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i> (Turner) Martius	+	+
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen in Jacqu.) Lamouroux	0	+
Total	12	13

+ Presença, – Ausência

Tabela II. ANOSIM. Resultados do teste pareado entre grupos equivalentes para os sítios Barra e Píer.

Grupos	Estatística R	P (%)
IB vs IP	- 0,135	87,2 ns
IIB vs IIP	0,747	0,1 *
IIIB vs IIIP	0,676	0,7 *
IVB vs IVP	0,503	0,4 *

* significativo (P < 5%), ns = não significativo

Tabela III. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a similaridade dentro dos grupos e para a dissimilaridade entre os grupos resultantes da análise de agrupamento no sítio Barra.

Similaridade dentro dos grupos (%)	IB	IIB	IIIB	IVB
Vazio	93,09	39,12		
<i>Chaetomorpha</i>		32,57		
<i>Perna perna</i>		9,54	36,84	32,61
<i>Ulva fasciata</i>			56,90	
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>				65,76
TOTAL	93,09	81,23	93,75	98,37
Dissimilaridade entre os grupos (%)	IB vs IIB	IIB vs IIIB	IIIB vs IVB	
Vazio	41,82	22,33		
<i>Chaetomorpha</i>	23,19	17,82		
<i>Perna perna</i>	9,84	16,99	20,37	
<i>Ulva fasciata</i>	9,05	23,15	29,92	
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>			37,20	
TOTAL	83,90	80,29	87,48	

Tabela IV. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a similaridade dentro dos grupos e para a dissimilaridade entre os grupos resultantes da análise de agrupamento no sítio Píer.

Similaridade dentro dos grupos (%)	IP	IIP	IIIP	IVP
Vazio	92,16	27,72		
<i>Chthamalus</i> spp		64,67	30,43	
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>			23,91	50,84
<i>Centroceras clavulatum</i>			21,74	
<i>Colisella subrugosa</i>			10,87	
<i>Ulva fasciata</i>				43,76
TOTAL	92,16	92,39	86,96	94,60
Dissimilaridade entre os grupos (%)	IP vs IIP	IIP vs IIIP	IIIP vs IVP	
Vazio	46,73	18,45		
<i>Chthamalus</i> spp.	39,17	30,24	19,07	
<i>Centroceras clavulatum</i>		15,01	12,56	
<i>Perna perna</i>		12,07	10,73	
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>		10,59	18,23	
<i>Ulva fasciata</i>			23,29	
TOTAL	85,90	86,36	83,88	

Tabela V. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a dissimilaridade entre os grupos (faixas) equivalentes dos sítios Barra (B) e Píer (P), obtidos a partir da análise de agrupamento.

Dissimilaridade entre os grupos (%)	IB vs IP	IIB vs IIP	IIIB vs IIIP	IVB vs IVP
<i>Vazio</i>	40,54	17,04		
<i>Chthamalus spp</i>	35,14	36,69	18,56	
<i>Littorina ziczac</i>	10,53			
<i>Chaetomorpha sp</i>		20,32		
<i>Perna perna</i>		8,34	16,76	31,56
<i>Ulva fasciata</i>			24,88	31,31
<i>Centroceras clavulatum</i>			12,10	
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>			9,24	23,63
TOTAL	86,21	82,40	81,54	86,50

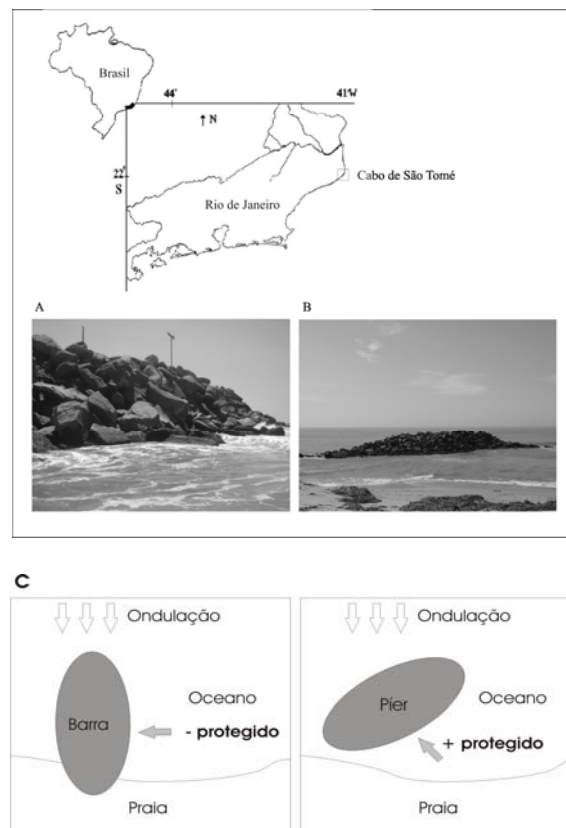


Figura 1.

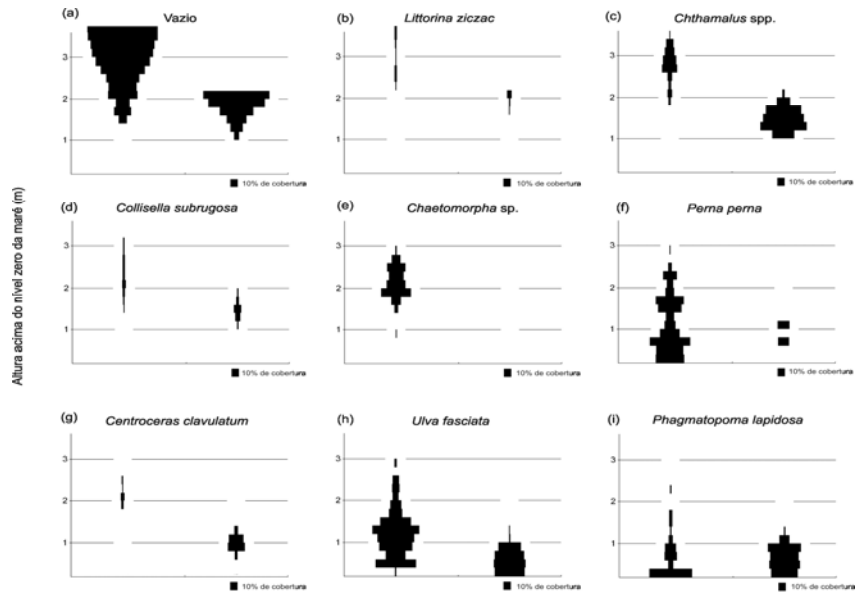


Figura 2.

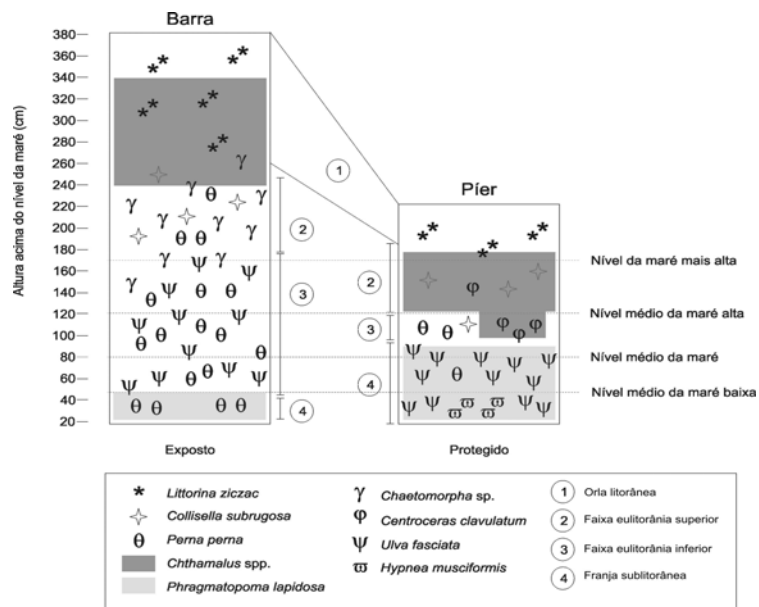


Figura 3.

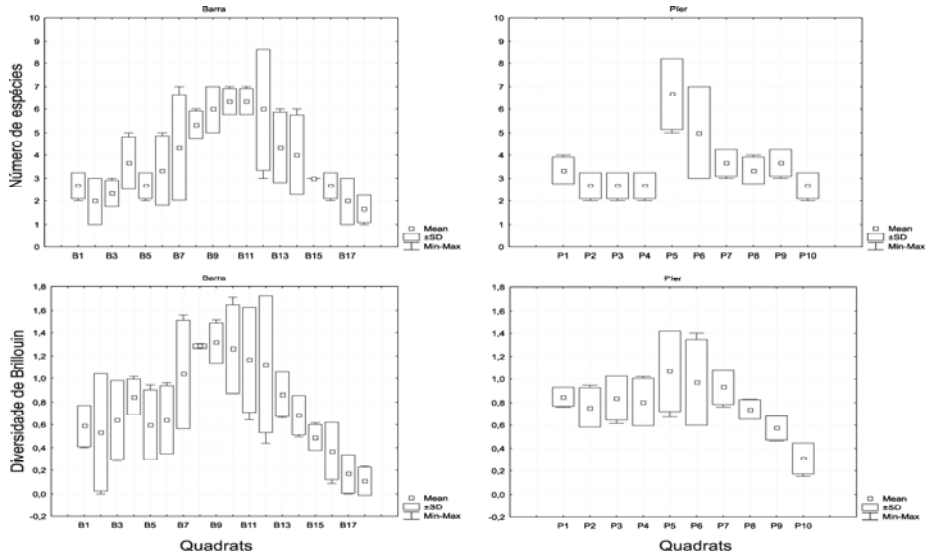


Figura 4.

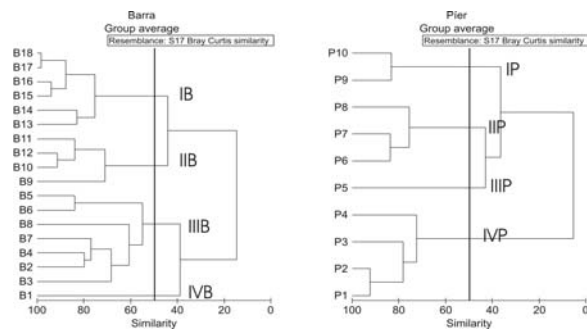


Figura 5.

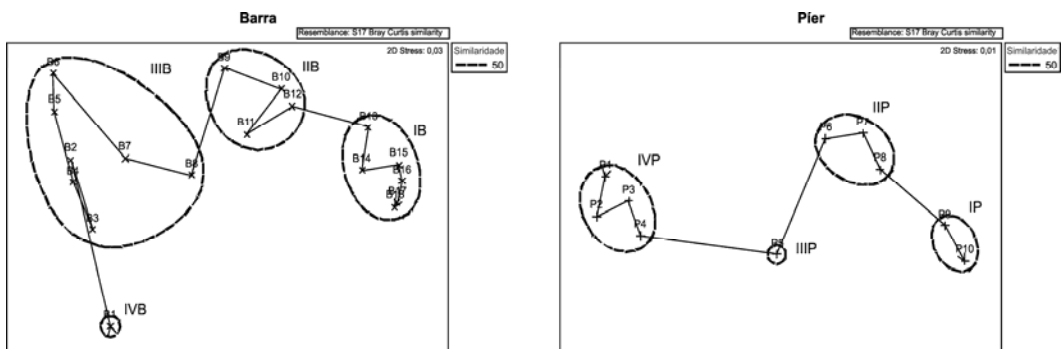


Figura 6.

**VARIAÇÃO ANUAL DA COMUNIDADE BÊNICA DA REGIÃO
ENTREMARÉS EM SUBSTRATO ROCHOSO NO FAROL DE SÃO TOMÉ,
RIO DE JANEIRO, BRASIL.**

Bruno Pereira Masi & Zalmon, I. R.

Universidade Estadual do Norte Fluminense. Lab. Ciências Ambientais, Av. Alberto
Lamego 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

bmasibio@yahoo.com.br, ilana@uenf.br

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate vertical distribution differences of intertidal benthic organisms in different periods of the year, relating them to environmental parameters (tide, air temperature, height and periodicity of the waves) in a breakwater located on the Farol de São Tomé beach northern Rio de Janeiro State. Quadrats of 400cm² were superposed along four vertical profiles and sampled by a photoquadrat method from 0.2m-tide level up to the upper limit of *Littorina*. A seasonal difference was identified in the emersion time, with more air exposure in October 2005 and February 2006. The air temperature and the height and periodicity of waves differed significantly among the four studied periods. The typical seasonal species were *Fissurella clenchi* (July 2005 and October 2005), *Gigartina domingensis* (July 2005), *Grateloupia* sp (October 2005) and *Porphyra acanthophora* (October 2005 and February 2006). The species richness and diversity were higher in the intermediary quadrats in all the studied periods. The intetidal benthic assemblage occupies a narrow and intermediate band, changing its spatial location according to the season of the year: in May 2005 it was closer to the lower zone, in July and October 2005 it occupies an intermediate position, and in February 2006, it was nearest to the upper quadrats. The

hypothesis of annual variation in the benthic community zonation according to the seasonal variability of tides, air temperatures and waves height and periodicity is accepted to the intermediate band of the intertidal zone, due to the taxonomic differences and the abundance of dominant species in the four studied seasons.

Keywords: intertidal, seasonality, zonation, vertical distribution, rocky substrate.

RESUMO

O presente estudo objetivou verificar diferenças na distribuição vertical dos organismos bênticos do entremarés em diferentes períodos do ano relacionando-os parâmetros ambientais maré, temperatura do ar, altura e período das ondas em um molhe implantado na praia do Farol de São Tomé, norte do Estado do Rio de Janeiro. Quadrados de 400 cm² foram sobrepostos ao longo de quatro perfis verticais e amostrados através do método de fotoquadrats, desde o nível 0,2 m da maré até o limite superior de *Littorina*. Com relação à maré, foi identificada uma diferença no tempo de emersão, com maior exposição ao ar em outubro/05 e fevereiro/06. A temperatura do ar, altura e o período das ondas diferiram significativamente entre os quatro períodos estudados. Como espécies tipicamente sazonais destacam-se *Fissurella clenchi* (jul/05 e out/05), *Gigartina domingensis* (jul/05), *Grateloupia sp* (out/05) e *Porphyra acanthophora* (out/05 e fev/06). A riqueza e a diversidade de espécies foram superiores nos quadrados intermediários em todos os períodos estudados. Com relação às associações bênticas, verifica-se uma faixa de transição intermediária e estreita que varia no espaço de acordo com a época do ano: em maio/05 aproxima-se mais da zona inferior; em julho/05 e outubro/05 ocupa uma posição mais intermediária e em fevereiro/06 localiza-se bem próximo dos quadrados superiores. A hipótese testada de

variação anual na zonação da comunidade bêntica em função da variabilidade sazonal das marés, temperatura do ar e altura e período de ondas foi aceita para a faixa intermediária na zona entremarés, face às diferenças na composição taxonômica e na cobertura dos organismos dominantes nos quatro períodos investigados.

Palavras-chave: entremarés, sazonalidade, zonação, distribuição vertical, substrato rochoso.

INTRODUÇÃO

A distribuição e a abundância das espécies variam em diversas escalas de tempo, desde anos a décadas, mesmo na ausência de distúrbios maiores (e.g. tempestades) (MURRAY *ET AL.*, 2002). Ecossistemas costeiros estão sujeitos a grande variabilidade ambiental e, em geral, os ciclos de vida dos organismos marinhos mostram, principalmente em regiões temperadas, padrões sazonais no crescimento, reprodução e abundância (COMA *ET AL.*, 2000). Nas regiões tropicais e subtropicais, a literatura ressalta a influência do comportamento sazonal das marés na fenologia, biomassa, porcentagem de cobertura, morte ou migração vertical dos organismos que vivem na região entremarés (revisado por OLIVEIRA & PAULA, 1984).

Segundo UNDERWOOD & CHAPMAN (2000), a variabilidade temporal na abundância dos organismos em médio prazo (anual) é, em geral, menor em níveis mais altos no costão rochoso. Em níveis inferiores, com condições ambientais menos severas, o número de organismos é variável em função do período do ano devido a flutuações nos processos de recrutamento, predação e/ou competição, que são freqüentemente imprevisíveis; Em níveis superiores, a temperatura do ar e a disponibilidade de alimento, identificados como fatores ambientais cruciais, dependem da subida da maré,

afetando a dinâmica de invertebrados marinhos filtradores (COMA *ET AL.*, 2000; MARCHINKO & PALMER, 2003).

Em costões rochosos, tipos particulares de organismos ou associações se apresentam dispostos em faixas horizontais organizadas em um eixo perpendicular à superfície do mar, onde cada organismo ou associação se estabelece em condições que lhes são mais favoráveis à sobrevivência. No entremarés, os modelos de zonação geralmente consideram três zonas principais em relação ao grau de imersão/dessecação (revisado por BOAVENTURA *ET AL.*, 2002; ARAÚJO *ET AL.*, 2005), que podem ser subdivididas quando ocorrem grandes diferenças em uma mesma faixa (LEWIS, 1964).

CONNELL (1961) caracterizou o limite superior da maior parte dos organismos provavelmente determinada por fatores físicos (aquecimento e dessecação) enquanto evidências revelavam que o limite inferior de distribuição era determinado principalmente por fatores biológicos. Contudo, diversos fatores físicos como oscilação das marés, ação das ondas, temperatura, e fatores biológicos como predação, herbivoria e competição também influenciam na distribuição vertical dos organismos na zona entremarés e, conseqüentemente, no seu padrão de distribuição vertical (revisado por LITTLE & KITCHING, 1996; RAFFAELLI & HAWKINS, 1996). A oscilação da maré promove várias adaptações à perda de água por dessecação, principalmente em organismos que habitam a região superior do costão (COUTINHO, 2002). Diferenças sazonais nas marés derivam do movimento de translação associado ao sistema Sol-Terra, registrando-se o equinócio (21 de setembro e 21 de março) quando ocorrem as maiores marés de sizígia, e o solstício (21 de junho e 21 de dezembro) quando ocorrem as menores marés (LITTLE & KITCHING, 1996). Qualquer mudança no nível das marés influencia substancialmente a distribuição, abundância e interações de muitos organismos sésseis adultos, incapazes de ajustes (DENNY & PAINE, 1998). Segundo

DOTY (1946), zonas caracterizadas por espécies indicadoras estão correlacionadas a mudanças na duração da exposição ao ar, reforçando o potencial papel limitante dos fatores físicos na distribuição dos organismos.

A exposição dos organismos ao ambiente aéreo durante as marés baixas os deixa sujeitos a variações de temperatura. Nesse sentido, quanto mais alto o organismo estiver em relação ao nível da água maior será o tempo de aquecimento e maior a temperatura a que o organismo será submetido. Numerosos estudos têm mostrado que o limite vertical superior da distribuição de espécies está correlacionado com os limites de tolerância termal (revisado por STENSENG *ET AL.*, 2005).

Um importante determinante da estrutura e dinâmica de comunidades bênticas na zona entremarés de costões rochosos submetidos à ação das ondas são os distúrbios físicos causados pela ação mecânica do batimento (HELMUTH & DENNY, 2003). Um dos efeitos do batimento de ondas relaciona-se à ampliação da zona entremarés, onde o salpico de água permite aos organismos estender espacial e temporalmente sua faixa de ocupação (BOADEN & SEED, 1985).

Em face de diversas intervenções antropogênicas na costa e contínua modificação da paisagem (CHAPMAN & BULLERI, 2003; BULLERI & CHAPMAN, 2004), a descrição do padrão de distribuição das comunidades bênticas e sua variabilidade em função do tempo permanece um tema importante em ecologia de comunidades (UNDERWOOD, 1981; OLIVEIRA & PAULA, 1984; GUIMARÃES & COUTINHO, 1996; APOLINÁRIO *ET AL.*, 1999; COMA *ET AL.*, 2000; FARIÑA & CASTILLA, 2001; TANAKA *ET AL.*, 2001; BRITO *ET AL.*, 2002; CHAPMAN, 2002; SKINNER & COUTINHO, 2005; PORRI *ET AL.*, 2006)

O objetivo principal do presente estudo é determinar o padrão de distribuição vertical dos organismos bênticos em diferentes períodos do ano em um molhe

implantado na Praia do Farol de São Tomé, norte do Estado do Rio de Janeiro. A hipótese testada é que a variação anual no padrão de distribuição vertical da comunidade bêntica da zona entremarés na região está relacionada á variabilidade sazonal das marés, da temperatura do ar e da altura e período de ondas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um aglomerado de rochas graníticas provenientes de um molhe construído por volta do ano de 1980 na praia do Farol de São Tomé (22°04'S, 41°07'W), na costa norte do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo na costa norte do Estado do Rio de Janeiro e o molhe amostrado na praia do Farol de São Tomé.

As amostragens foram realizadas em 09 de maio/2005, 22 de julho/2005, 03 de outubro/2005 e 14 de fevereiro/2006, e serão referidas como tempos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Quatro perfis verticais de 4 metros de largura, cada qual constituído por 10 quadrados contínuos de 20 X 20 cm foram amostrados a partir do nível 0,2 m da maré até o limite superior de *Littorina ziczac*. Devido à irregularidade topográfica do molhe, as amostragens em cada altura do substrato foram realizadas por seções através do método de GEVERTZ (1995) onde é utilizado fio de prumo e nível de bolha para a transferência dos quadrados dentro do perfil. Os perfis eram fixos a cada amostragem no tempo. Cada quadrado considerando cada altura de cada um dos perfis verticais foi padronizado como uma unidade amostral. A amostragem se restringiu a superfícies lisas, perpendiculares e voltadas para o mar.

A amostragem visual foi realizada através de foto-quadrat (MURRAY *ET AL.*, 2002; PRESKITT *ET AL.*, 2004) com uma câmera fotográfica Cannon A410 de 3.2 mega

pixels e uma estrutura de suporte para câmera acoplada a um quadrat. Através do software CPCe V 3.1, as fotos foram manipuladas para estimar a porcentagem de cobertura dos organismos através do método de pontos de interseção, com 100 pontos em grade (KOHLER & GILL, 2006). Tal método de amostragem foi testado previamente apresentando inúmeras vantagens em relação ao método de amostragem tradicional *in situ* (MACEDO ET AL., 2006)

As diferenças nas associações de organismos nos quatro tempos estudados foram avaliadas comparativamente através dos parâmetros níveis da maré, temperatura do ar e período e altura das ondas.

A maré na área de estudo é semidiurna. A tábua de marés utilizada refere-se ao Terminal Marítimo de Imbetiba em Macaé, fornecido pela Marinha do Brasil (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>). A influência da maré foi avaliada através do extremo de preamar, nível médio de maré e nível da baixamar e do índice de emersão total (segundo GEVERTZ, 1995), o qual relaciona a quantidade de marés que ultrapassa a respectiva média com a quantidade total de marés. Para o estudo das marés foram utilizados os dados referentes aos níveis de maré de 30 dias anteriores a cada amostragem. Acredita-se que esse período reflete as condições a que os organismos foram submetidos.

Os parâmetros ambientais temperatura do ar, altura e período de ondas, que corresponde ao intervalo de tempo em segundos decorrido entre a passagem sucessiva de duas cristas por um ponto fixo, foram fornecidos pela Marinha do Brasil a partir da estação meteorológica do Farol de São Tomé. Utilizou-se a média de duas observações diárias (9:00 e 15:00 h) de cada parâmetro, considerando-se os 30 dias anteriores a cada amostragem biológica. A significância das variações dos parâmetros ambientais nos quatro tempos investigados foi testada através de Análise de Variância (ANOVA,

$p < 0,05$) seguida pelo teste de comparação múltipla Tukey Honest Significant Difference (HSD) ($p < 0,05$).

As associações bênticas nas diferentes alturas foram estimadas através da composição taxonômica, riqueza de espécies, diversidade de Brillouin (ZAR, 1984) e porcentagem de cobertura dos organismos.

A análise comparativa das associações de organismos bênticos nas diferentes alturas, considerando-se os quatro tempos estudados, incluiu o método de ordenamento MDS, utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis com os dados de porcentagem de cobertura média das espécies. A adequação da configuração das amostras no ordenamento MDS foi obtida através do valor de estresse, que abaixo de 0,05 proporciona uma excelente representação espacial (CLARKE & WARWICK, 2001).

A Análise de Similaridade unifatorial (ANOSIM) foi empregada a fim de avaliar a significância das diferenças entre os grupos definidos pelo método de ordenamento MDS. As matrizes de similaridade incluíram a porcentagem de cobertura dos organismos presentes em cada tempo. As quatro unidades amostrais de mesma altura e tempo foram tratadas como réplicas para aumentar a possibilidade de permutações e, conseqüentemente, o poder do teste (CLARKE & WARWICK, 2001). O teste ANOSIM produz uma estatística R que varia em uma amplitude de -1 a $+1$. Valores R iguais a $+1$ são obtidos apenas quando todas as réplicas dentro dos grupos são mais similares entre si do que qualquer réplica de grupos diferentes.

O procedimento de porcentagem de similaridades (SIMPER) definiu o percentual de contribuição das espécies dentro e entre os grupos evidenciados pelo método de ordenação MDS (CLARKE & WARWICK, 2001). Uma contribuição cumulativa de 80% foi aplicada como em BOAVENTURA *ET AL.*, (2002).

As análises foram feitas com os softwares PRIMER 6 (Plymouth Routines in Multi Ecological Research) e R 2.2.1.

RESULTADOS

1. Dados ambientais

O nível médio das marés, que é a média das marés para o período de 30 dias anterior à data da amostragem, foi 0,81 m em maio/05; 0,83 m em julho/05; 0,58 m em outubro/05 e 0,70 m em fevereiro/06. A extrema baixa-mar e a extrema preamar foram 0,2 e 1,5 m em maio/05, 0,1 e 1,5 m em julho/05, -0,3 e 1,3 m em outubro/05 e -0,2 e 1,3 m em fevereiro/06, respectivamente.

Na Figura 2 é indicada a freqüência das marés em cada período de estudo, onde se pode observar que acima de 1,4-1,6 m (equivalente a Q07) o substrato está 100% emerso em todos os períodos, e que a partir de 0,2-0,4 m (Q01) os organismos se encontram 8% do tempo emersos em julho/05 e 28% em outubro/05. Ressalta-se a 1,0-1,2 m (Q05) uma diferença de cerca de 20% do tempo de emersão entre os meses de maio/05-julho/05 para outubro/05-fevereiro/06, com maior exposição ao ar nestes últimos.

Figura 2. Nível de maré e tempo de emersão nos 30 dias anteriores aos quatro períodos de estudo no Farol de São Tomé, costa norte do estado do Rio de Janeiro. Dados obtidos na Tábua de Marés do Terminal Marítimo de Imbetiba em Macaé fornecido pela Marinha do Brasil (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>).

Os parâmetros temperatura do ar e altura e período das ondas diferiram significativamente entre os quatro tempos investigados (Figura 3). A temperatura do ar apresentou os maiores valores e a menor variação em fevereiro/06 (4°C), enquanto os

menores valores e a maior variação ocorreram em julho/05 (9°C). O teste *a posteriori* de Tukey (HSD) indicou que apenas junho/05 e outubro/05 não diferiram significativamente ($p > 0,05$). A periodicidade das ondas foi similar em maio/05, julho/05 e outubro/06 (média de 5 a 6 segundos), enquanto em fevereiro/06 foram registrados os valores inferiores (média de 3,2 segundos) e as maiores variações (9 segundos). O teste Tukey indicou que somente o mês de fevereiro/06 diferiu significativamente dos demais ($p < 0,01$). A altura das ondas apresentou os maiores valores (3,75 m) e variações (3,25 m) em maio/05, com diferenças significativas entre todos os meses ($p < 0,01$).

Figura 3. Valores médios (\pm DP) da temperatura do ar (A), altura das ondas (B) e período das ondas (C) no Farol de São Tomé, costa norte do estado do Rio de Janeiro (N = 30). Resultados dos testes ANOVA são apresentados dentro do respectivo gráfico.

2. Dados bióticos

A composição taxonômica no molhe estudado foi bastante similar nos quatro tempos investigados, com um total de 13, 14, 16 e 12 espécies em maio/05, julho/05, outubro/05 e fevereiro/06, respectivamente (Tabela I). Como espécies exclusivas, destacaram-se *Gracilaria domingensis* (julho/05), *Grateloupia* sp (outubro/05), *Fissurella clenchi* (julho/05 e outubro/05) e *Porphyra acanthophora* (outubro/05 e fevereiro/06). As espécies mais abundantes (*Centroceras clavulatum*, *Chthamalus* spp, *Phragmatopoma lapidosa* e *Ulva fasciata*) ocorreram com mais de 50% de cobertura em todos os tempos estudados.

Tabela I. Lista de espécies e porcentagem de cobertura média (\pm desvio padrão) nos quatro períodos estudados ao longo da zona entremarés no Farol de São Tomé, costa norte do estado do Rio de Janeiro.

Em todos os tempos de estudo, o número médio de espécies foi superior nos quadrados intermediários, correspondendo em maio/05 ao quadrado Q05 ($N = 8$ spp), em julho/05 ao Q05 ($N = 7$ spp), em outubro/05 ao Q06 ($N = 6,5$ spp) e em fevereiro/06 a Q04 e Q05 ($N = 5$ spp) (Figura 4). A diminuição desses valores foi identificada tanto para a zona inferior quanto para a superior do entremarés, porém com um maior decréscimo na porção superior. Menores diferenças entre as unidades amostrais ocorreram nos quadrados superiores em todos os tempos, refletindo uma menor variabilidade amostral nas maiores alturas devido ao menor número de espécies.

Figura 4. Variação do número de espécies nos quatro tempos de estudo ao longo da zona entremarés do Farol de São Tomé, costa norte do Estado do Rio de Janeiro (Q01: 0.2 to 0.4 m; Q10: 2.0 to 2.2 m). Valores referentes à media e ao desvio padrão de quatro unidades amostrais.

A diversidade de espécies também foi superior nos quadrados intermediários em todos os tempos estudados, correspondendo em maio/05 ao quadrado Q05 ($H = 1,33$), em julho/05 ao Q05 ($H = 1,27$), em outubro/05 ao Q06 ($H = 1,22$) e em fevereiro/06 ao Q04 ($H = 1,26$) (Figuras 5). A diminuição desses valores foi identificada em maior proporção para a parte superior da zona entremarés.

Figura 5. Diversidade de Brillouin ao longo da zona entremarés no Farol de São Tomé costa norte do Estado do Rio de Janeiro (Q01: 0.2 to 0.4 m; Q10: 2.0 to 2.2 m). Valores referentes à média e ao desvio padrão de quatro unidades amostrais.

Os diagramas resultantes do método de ordenação MDS dos agrupamentos de organismos sésseis em cada altura (quadrado) e período estudado evidenciam a variação sazonal da comunidade bêntica na região entremarés (Figura 6). Os quadrados foram configurados na plotagem bidimensional com estresse baixo, variando de zero (julho/2005) a 0,01 (maio/2005, outubro/2005 e fevereiro/2005), o que indica uma excelente representação gráfica das similaridades entre alturas. Em todos os tempos, os quadrados superiores (Q6 a Q10) e inferiores (Q1 a Q4) formam dois grupos estáveis, sendo o primeiro localizado sempre à direita do diagrama e o segundo a esquerda. O quadrado intermediário Q5 varia no espaço de acordo com a época do ano: em maio/05 aproxima-se mais da zona inferior; em julho/05 e outubro/05 ocupa uma posição mais intermediária e em fevereiro/06 localiza-se bem próximo dos quadrados superiores. Em síntese, verifica-se uma faixa intermediária isolada em julho/05 e outubro/05, refletindo uma faixa de transição estreita entre os quadrados superiores e inferiores.

Figura 6. Diagramas resultantes do método de ordenação MDS através do coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, evidenciando as 10 alturas amostradas (Q1: 0.2 a 0.4 m; Q10: 2.0 a 2.2 m) da zona entremarés nos quatro tempos de estudo na praia do Farol de São Tomé, costa norte do Estado do Rio de Janeiro.

Os grupos superior, intermediário e inferior pré-definidos na análise MDS não diferiram significativamente entre os períodos estudados (Tabela II). O grupo intermediário onde está inserido exclusivamente o quadrado Q5 apresentou uma baixa

possibilidade de permutações ($N = 35$), o que pode diminuir o poder do teste segundo CLARKE & WARWICK (2001).

Tabela II. Teste ANOSIM dos grupos de associações de organismos entre os períodos estudados ($p < 0,05$ não significativo).

A análise SIMPER definiu o percentual de contribuição das espécies para a formação dos quadrados superiores, intermediários e inferiores em cada tempo investigado definidos *a priori* no MDS (Tabelas III, IV e V). As principais características dos quadrados superiores foram espaço vazio, além de *Chthamalus* spp em julho/05 e outubro/2005 (Tabela III). No quadrado intermediário (Tabela 4), *Chthamalus* spp destacou-se em todos os períodos e diferentes espécies apresentaram uma contribuição superior a 10% (maio/05: *B. solisianus* e *P. lapidosa*; julho/05: *P. perna*, *P. lapidosa*, *C. clavulatum*; outubro/05: *U. fasciata* e *P. perna*; fevereiro/06: *C. subrugosa*). O grupo inferior (Q1 a Q4) apresentou como principais espécies *U. fasciata* e *P. lapidosa*, além de *P. perna* em fevereiro/06 (Tabela V).

Em relação ao grupo superior, os principais contribuidores para as maiores diferenças entre os períodos estudados foram “espaço vazio” e *Chthamalus* spp (cerca de 80%) e *C. subrugosa* (Tabela III). O grupo intermediário diferiu entre os períodos em cerca de 70%, principalmente devido a *Chthamalus* spp, *U. fasciata*, *P. perna* e *C. clavulatum* (Tabela IV). No grupo inferior, as espécies que mais contribuíram para as diferenças entre os períodos estudados foram respectivamente em ordem de importância *U. fasciata*, *P. lapidosa*, *Hypnea musciformis*, *C. clavulatum* e *P. perna* (Tabela V).

Tabela III. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a similaridade dos quadrados superiores em cada período estudado e a dissimilaridade entre os períodos (T1 = maio/2005, T2 = julho/2005, T3 = outubro/2005, T4 = fevereiro/2006)

Tabela IV. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a similaridade nos quadrados intermediários em cada período estudado e a dissimilaridade entre os períodos (T1 = maio/2005, T2 = julho/2005, T3 = outubro/2005, T4 = fevereiro/2006).

Tabela V. Análise SIMPER com a contribuição das espécies para a similaridade nos quadrados inferiores em cada período e a dissimilaridade entre os períodos (T1 = maio/2005, T2 = julho/2005, T3 = outubro/2005, T4 = fevereiro/2006).

DISCUSSÃO

Como a superfície dos molhes oferece um substrato irregular e descontínuo, podem ser identificadas variações na associação de organismos em uma determinada altura, dificultando a imagem real da associação típica para aquela faixa do substrato. A observação de tal variabilidade natural pode ser verificada em diversas escalas, o que provavelmente resulta em padrões particulares de variações no espaço e no tempo (revisado por *BENEDETTI-CECCHI ET AL.*, 2003) e, portanto, correlações de dados ambientais e bióticos em ambientes heterogêneos devem ser observadas com cautela.

Flutuações anuais nas condições ambientais (e.g. temperatura, luminosidade e grau de exposição às ondas) podem ocasionar diferenças nas associações de organismos

em substratos rochosos na zona entremarés ao longo do tempo, de meses a décadas (UNDERWOOD, 1981; OLIVEIRA & PAULA, 1984; GUIMARÃES & COUTINHO, 1996; DYE, 1998; APOLINÁRIO, 1999; COMA *ET AL.*, 2000; FARIÑA & CASTILLA, 2001; TANAKA *ET AL.*, 2001; BRITO *ET AL.*, 2002; SKINNER & COUTINHO, 2002; CHAPMAN, 2002; PORRI *ET AL.*, 2006).

Na área estudada entre as espécies exclusivas em determinado período de estudo destacaram-se o gastrópode *F. clenchi* em julho/05 e outubro/05 e três macroalgas (*G. domingensis* em julho/05, *Grateloupia* sp em outubro/05 e *P. acanthophora*, outubro/05 e fevereiro/06). Destas, apenas a rodófito *P. acanthophora* é citada na literatura como sazonal, ocorrendo em meses de inverno no litoral norte do Estado de São Paulo (Oliveira & Paula, 1984) e na primavera no sul do Estado do Rio de Janeiro (Brito *et al.*, 2002). Levando-se em conta os parâmetros ambientais monitorados, não há evidências de sua relação com a presença/ausência de *P. acanthophora* nos quatro períodos. Contudo, vale ressaltar que o suprimento de propágulos de algas pode ser um dos fatores limitantes para o seu desenvolvimento (Huthinson & Williams, 2001).

O tempo de emersão pode estabelecer limites superiores de distribuição de invertebrados através de interações complexas com temperatura e dessecação, além de influenciar a distribuição via tempo de alimentação restrito.

Nos quatro períodos, a tendência para valores mais elevados em níveis intermediários do substrato foi observada para a riqueza e diversidade de espécies. Aumento do estresse ambiental tem historicamente sido relacionado à baixa diversidade, riqueza e maior dominância de espécies (CLARKE & WARRICK, 2001). Em níveis intermediários da zona entremarés, nota-se uma oscilação de marés que promove períodos alternados de emersão/imersão, diminuindo o estresse do aquecimento e, conseqüentemente, possibilitando a permanência de diversos tipos de organismos nessa

faixa. CONNELL (1978) através da Hipótese do Distúrbio Intermediário demonstra que a diversidade pode ser maximizada através de distúrbios com frequência e intensidade intermediárias.

Nos quatro períodos, a principal característica nos quadrados superiores foi a porcentagem extremamente elevada de espaço vazio, comumente observado em estudos de zonation no entremarés independente da localidade (regiões temperadas - THOMAS, 1985; BENEDETTI-CECCHI & CINELLI, 1997; BOAVENTURA *ET AL.*, 2002; REGIÕES TROPICAIS - UNDERWOOD, 1981; GOOD, 2004).

Na costa brasileira, a porção mais intermediária da zona entremarés dos costões rochosos é, em geral, ocupada pelo cirrípede *Chthamalus* spp (GEVERTZ, 1995; COUTINHO, 2002; COELHO *ET AL.*, 2004, SKINNER & COUTINHO, 2005), principal componente para a definição dessa faixa nos quatro períodos do presente estudo. No entanto, aliado ao cirrípede, diferentes componentes contribuíram para a formação de tal faixa intermediária, de acordo com o período: *Brachidontes solisianus* em maio/05, *Perna perna* em julho/05, espaço vazio em outubro/05 e *C. subrugosa* em fevereiro/06, o que reforça a variabilidade temporal na ocorrência e abundância das espécies ao longo do ano. Já na faixa inferior, *U. fasciata* seguida de *P. lapidosa* foram os principais componentes para a sua formação, independente do período estudado.

A principal diferença identificada em relação às associações de organismos entre os períodos investigados ocorreu na faixa intermediária do substrato em decorrência do incremento/redução de determinadas espécies. Em maio/05, a associação de organismos assemelhava-se mais a da faixa inferior, com cobertura dominante de algas, e em fevereiro/06 com a faixa superior, predominada pela macrofauna. Tal aumento ou diminuição na cobertura dos organismos pode ser reflexo das condições ambientais (ex. ondas, marés) e/ou de processos biológicos (e.g. comportamento, predação), incluindo a

disponibilidade larvar ou de propágulos, que varia no tempo e no espaço e interfere no processo de recrutamento e colonização das espécies bênticas (revisado por DYE, 1998; PINEDA *ET AL.*, 2002; JENKINS & HAWKINS, 2003; FORDE & RAIMONDI, 2004).

Um objetivo central na determinação das conseqüências das mudanças climáticas globais é prever acuradamente a alteração do estresse termal nos organismos e o subsequente impacto do estresse nos padrões de distribuição das espécies (HELMUTH *ET AL.*, 2002)

O menor tempo de emersão no quadrado Q5 (maio/05) e os maiores valores da altura e período das ondas podem ter proporcionado um ambiente menos limitante, reduzindo o estresse causado pelo maior aquecimento e dessecação. Vale ressaltar que neste período a associação de espécies presente no quadrado intermediário Q5 (1,0 a 1,2 m) apresentou-se similar aos quadrados inferiores. Já em fevereiro/06, os maiores tempos de emersão aliado aos valores superiores da temperatura do ar e aos baixos valores de altura e período das ondas sugerem um maior estresse por dessecação, explicando a similaridade da associação de espécies em Q5 com os quadrados superiores.

A quantificação das forças hidrodinâmicas que atuam nos organismos, e como elas variam no tempo e no espaço é fundamental para o entendimento da dinâmica de ecossistemas do entremarés (HELMUTH & DENNY, 2003). As flutuações anuais no nível das marés e, adicionalmente, as interações dos parâmetros ambientais temperatura do ar e altura e período das ondas revelaram uma relação direta com as variações anuais na associação de organismos bênticos no molhe do Farol de São Tomé. Muitos desses organismos são incapazes de se ajustar a novas situações ambientais que influenciam diretamente na sua tolerância a níveis específicos do substrato. A hipótese de variação temporal no padrão de distribuição vertical da comunidade bêntica da zona entremarés

em função da variabilidade sazonal das marés, temperatura do ar e altura e período de ondas foi aceita para a faixa intermediária, face às diferenças na composição taxonômica e na cobertura dos organismos nos quatro tempos investigados.

A composição específica de comunidades marinhas e suas abundâncias relativas, especialmente na zona entremarés sofrem variações diversas influenciadas por condições ambientais naturais típicas do ambiente e por fatores antropogênicos (revisado por BRITO *ET AL.*, 2002). A avaliação quantitativa de tais variações é fundamental para interpretar o papel potencial do stress fisiológico no estabelecimento dos limites de distribuição dos organismos do entremarés e particularmente importante se desejamos prever os efeitos das mudanças climáticas nas comunidades da região entremarés.

AGRADECIMENTOS

Faperj e aos identificadores (Dr. Ronaldo Novelli - UENF: Mollusca: Dr Renato Crespo Pereira - UFF: Algae), Helena Passeri Lavrado (Biologia Marinha – UFRJ), Dr Ricardo Coutinho (IEAPM) e Dr Luis Felipe Skinner (Depto – UERJ) pelas sugestões e revisão crítica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOLINÁRIO, M.; COUTINHO, R. & BAETA-NEVES, M. H. 1999. Periwinkle (Gastropoda: Littorinidae) habitat selection and its impact upon microalgal populations. **Revista Brasileira de Biologia** 59(2):211-218.

ARAÚJO R.; BÁRBARA I.; SOUSA-PINTO I. & QUINTINO V. 2005. Spatial variability of intertidal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** **64**:658-670.

BENEDETTI-CECCHI, L. & CINELLI, F. 1997. Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of Magellan: are patterns general? **Polar Biology** **18**:337-343.

BENEDETTI-CECCHI, L.; MAGGI, E.; BERTOCCI, I.; VASELLI, E.; MICHELI, F.; OSIO, G. C. & CINELLI, F. 2003. Variation in rocky shore assemblages in the north-western Mediterranean: contrasts between islands and the mainland. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **293**:93-215.

BOADEN, P. J. S. & SEED, R. 1985. **An Introduction to Coastal Ecology**. Glasgow, Blackie & Son. 218p.

BOAVENTURA, D.; RÉ P., FONSECA, L. C. & HAWKINS, S. J. 2002. Intertidal Rocky Shore Communities of the Continental Portuguese Coast: Analysis of Distribution Patterns. **Marine Ecology** **23**(1):69-90.

BRITO L. V. R.; SZÉCHY M. T. M. & CASSANO, V. 2002. Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía Da Ilha Grande, RJ. **Atlântica**, **24**(1):17-26.

BULLERI, F. & CHAPMAN, M.G. 2004. Intertidal assemblages on artificial and natural habitats in marinas on the north-west coast of Italy. **Marine Biology** **145**:381-391.

CHAPMAN, M. G. & BULLERI, F. 2003. Intertidal seawalls: new features of landscape in intertidal environments. **Landscape and Urban Planning** **62**:159-172.

CHAPMAN, M.G. 2002. Patterns of spatial and temporal variation of macrofauna under boulders in a sheltered boulder field. **Austral Ecology** **27**:211-228.

- CLARKE K. R. & WARWICK, R. M. 2001. **Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. 2nd edition, Plymouth, UK, PRIMER-E. 172p.
- COELHO, P. A.; TENÓRIO, D. DE O.; RAMOSPORTO, M. M. & ROSA, DE L. S. 2004. A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. *In*: E. Eskinazi-Leça, S. Neumann-Leitão & M. F. Costa eds. **Oceanografia: Um Cenário Tropical**. Edições Bagaço, Recife. p.477-527.
- COMA, R.; RIBES, M.; GILI, J.-M. & ZABALA, M., 2000. Seasonality in coastal benthic ecosystems. **Trends in Ecology and Evolution** **15**:448-453.
- CONNEL, J. H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. **Ecology** **42**:710-723.
- CONNELL, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. **Science** **199**:1302-10.
- COUTINHO, R. 2002. Bentos de Costões Rochosos. *In*: Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A.eds. **Biologia Marinha**, Rio de Janeiro, Interciência Press. p.147-157.
- DENNY, M. W. & PAINE, R. T. 1998. Celestial mechanisms, sea-level changes, and intertidal ecology. **Biological Bulletin** **194**:108-115.
- DOTY, M.S. 1946. Critical tide factors that are correlated with the vertical distribution of marine algae and other organisms along Pacific Coast. **Ecology**, **27**:315-328.
- DYE, A. H. 1998. Dynamics of rocky intertidal communities: analyses of long time series from South African shores. **Estuarine and Coastal Shelf Science** **46** 287–305.
- FARIÑA, J. M. & CASTILLA, J. C. 2001. Temporal variation in the diversity and cover of sessile species in rocky intertidal communities affected by copper mine tailings in northern Chile. **Marine Pollution Bulletin** **42**:554-568

FORDE, S. & RAIMONDI, P.T. 2004. An experimental test of the effects of variation in recruitment intensity on Intertidal community composition. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **301**:1-14.

GEVERTZ, R. 1995. **Em Busca do Conhecimento Ecológico: Uma Introdução a Metodologia**. São Paulo, Edgard Blucher. 128p.

GOOD, T. P. 2004. Distribution and Abundance Patterns in Caribbean Rocky Intertidal Zones. **Bulletin of Marine Science** **74**(2):459-468.

GUIMARÃENS, M. A. DE & COUTINHO R. 1996. Spatial and temporal variation of benthic marine algae at the Cabo Frio upwelling region, Rio de Janeiro, Brazil. **Aquatic Botanic** **52**:283-299.

HELMUTH, B. & M. W. DENNY 2003. Predicting wave exposure in the rocky intertidal zone: do bigger waves always lead to larger forces? **Limnology and Oceanography** **48**:1338-1345

HUTCHINSON, N. & WILLIAMS, G. A. 2001. Spatio-temporal variation in recruitment on a seasonal, tropical rocky shore: the importance of local versus non-local processes. **Marine Ecology Progress Series** **215**:57-68.

JENKINS S.R. & HAWKINS S. J. 2003. Barnacle larval supply to sheltered rocky shores: a limiting factor? **Hydrobiologia** **503**:143-151.

KOHLER, K. E. & GILL, S. M. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. **Computers and Geosciences** **32**(9):1259-1269.

LEWIS, J. R. 1964. **The ecology of rocky shore**. London, English University Press. 300p.

- LITTLE, C. & KICHING, J. A. 1996. **The Biology of Rocky Shores**. Oxford, Oxford University Press. 240p.
- MARCHINKO K. B. & PALMER A. R. 2003. Feeding in flow extremes: Dependence of cirrus form on wave-exposure in four barnacle species. **Zoology** **106**:127-141.
- MURRAY, S. N.; AMBROSE, R. F. & DETHIER, M. N. 2002. **Methods for Performing Monitoring, Impact, and Ecological Studies on Rocky Shores**. U. S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Camarillo, CA. 210 p.
- OLIVEIRA, E. C. & PAULA, E. J. 1984. Aspectos da distribuição vertical e variação sazonal de comunidades da zona das marés em costões rochosos do litoral norte de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** **147**:44-71.
- PINEDA J.; RIEBENSAHM D. & MEDEIROS-BERGEN D. 2002. *Semibalanus balanoides* in winter and spring: larval concentration, settlement, and substrate occupancy. **Marine Biology** **140**:789–800.
- PORRI F.; MCQUAID C. D. & RADLOFF S. 2006. Temporal scales of variation in settlement and recruitment of the mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **332**:178-187.
- PRESKITT, L. B., VROOM, P.S., SMITH, C.M. 2004. A Rapid Ecological Assessment (REA) Quantitative Survey Method for Benthic Algae Using Photoquadrats with Scuba. **Pacific Science** **58**(2):201-209.
- RAFFAELLI D. & HAWKINS S. 1996. **Intertidal Ecology**. London, Chapman & Hall. 356p.
- SKINNER, L. F. & COUTINHO, R. 2005. Effect of microhabitat distribution and substrate roughness on barnacle *Tetaraclita stalactifera* (Lamarck, 1818) settlement. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **48**(1):109-113.

STENSENG, E.; BRABY, C. E. & SOMERO, G. N. 2005. Evolutionary and acclimation-induced variation in the thermal limits of heart function in congeneric marine snails (Genus *Tegula*): implications for vertical zonation. **Biological Bulletin** **208**:138–144.

TANAKA, M. O.; DUQUE-ESTRADA, T. E. M. & MAGALHÃES C. A. 2001. Dynamics of the Acmaeid limpet *Collisella Subrugosa* and vertical distribution of size and abundance along a wave exposure gradient. **Journal of Molluscan Studies** **68**:55-64.

THOMAS, M. L. H. 1985. Littoral community and zonation on the rocky shores of Bermuda. **Bulletin of Marine Science** **37**:857-870.

UNDERWOOD, A. J. 1981. Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: Patterns of vertical distribution and seasonal changes. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **51**(7):57-85.

UNDERWOOD, A. J. 1997. **Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

UNDERWOOD, A.J. & CHAPMAN, M.G. 2000. Variation in abundances of intertidal populations: consequences of extremities of environment. **Hydrobiologia** **426**:25-36.

ZAR, J. H. 1984. **Biostatistical analysis**. New Jersey, Prentice Hall. 718p.

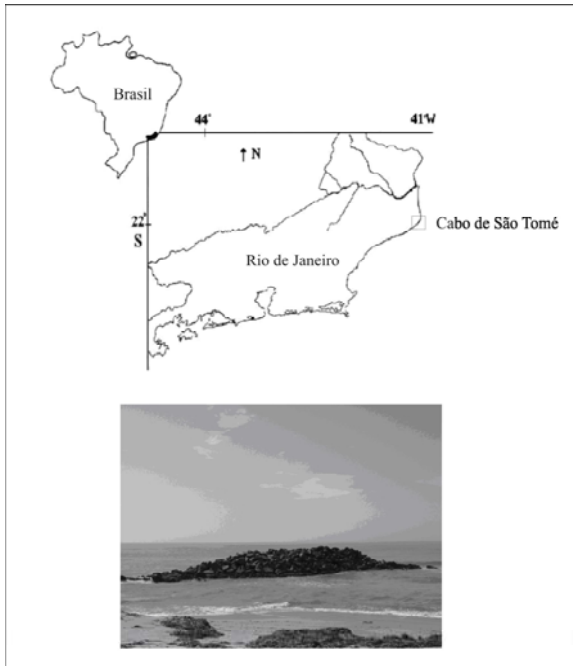


Figura 1.

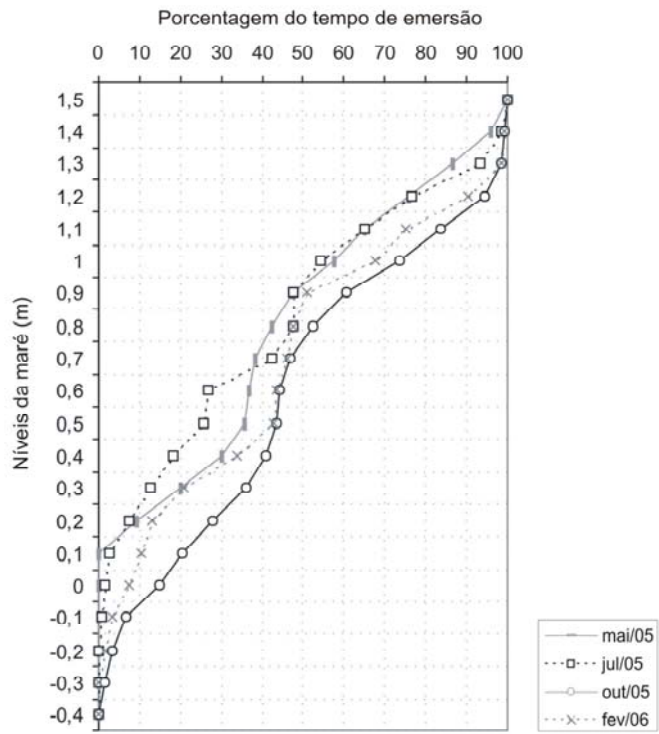


Figura 2.

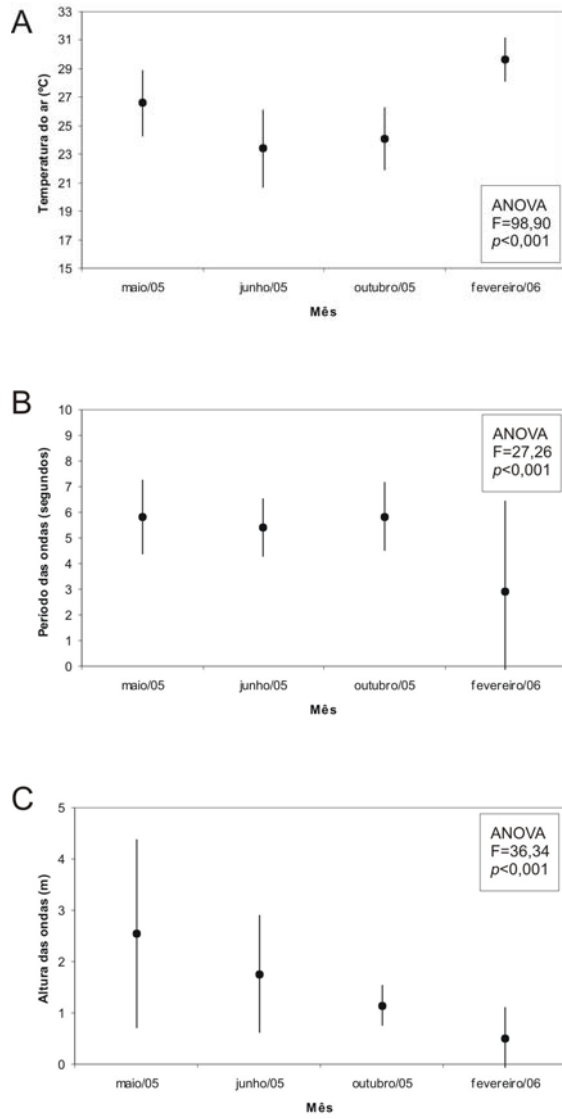


Figura 3.

Espécies	Mai/05	Julho/05	Outubro/05	Fevereiro/06
<i>Littorina ziczac</i>	1,1 ($\pm 2,1$)	0,7 ($\pm 1,9$)	1,4 ($\pm 2,6$)	1,2 ($\pm 2,8$)
<i>Chthamalus spp</i>	15,2 ($\pm 21,4$)	21,5 ($\pm 26,8$)	17,9 ($\pm 21,0$)	20,7 ($\pm 25,4$)
<i>Collisella subrugosa</i>	1,8 ($\pm 3,2$)	2,7 (3,8)	2,7 ($\pm 4,7$)	4,0 ($\pm 5,8$)
<i>Fissurella clenchi</i>	0	0,1 (0,5)	0 ($\pm 0,2$)	0
<i>Brachidontes solisianus</i>	3,6 ($\pm 8,0$)	0,7 (3,0)	0,9 ($\pm 2,3$)	2,1 ($\pm 4,6$)
<i>Perna perna</i>	3,5 ($\pm 9,7$)	4,2 (11,8)	3,2 ($\pm 8,5$)	5,5 ($\pm 12,1$)
<i>Tetraclita stalactifera</i>	0,1 ($\pm 0,5$)	0,1 (0,2)	0,1 ($\pm 0,3$)	0
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	8,6 ($\pm 15,3$)	16 (22,9)	8,6 ($\pm 15,5$)	4,9 ($\pm 11,5$)
<i>Stramonita haemastoma</i>	0,1 ($\pm 0,3$)	0,1 (0,3)	0,5 ($\pm 1,6$)	0,02 ($\pm 0,2$)
<i>Chaetomorpha sp</i>	0,2 ($\pm 0,7$)	0	0,02 ($\pm 0,2$)	0,1 ($\pm 0,8$)
<i>Porphyra acanthophora</i>	0	0	1,0 ($\pm 4,0$)	1,4 ($\pm 3,7$)
<i>Centroceras clavulatum</i>	6,6 ($\pm 16,3$)	4,1 (10,6)	3,4 ($\pm 11,0$)	5,2 ($\pm 15,5$)
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i>	1,7 ($\pm 4,8$)	0,4 (2,4)	2,1 ($\pm 5,2$)	1,2 ($\pm 4,6$)
<i>Ulva fasciata</i>	17,6 ($\pm 25,0$)	16,7 (24,1)	20,2 ($\pm 29,2$)	18,4 ($\pm 29,4$)
<i>Gracilaria domingensis</i>	0	0,1 (0,5)	0	0
<i>Grateloupia sp</i>	0	0	0,3 ($\pm 0,9$)	0
<i>Hypnea musciformis</i>	4,1 ($\pm 13,1$)	4,9 (15,1)	7,1 ($\pm 21,4$)	0
Nº total de espécies	13	14	16	12

Tabela I.

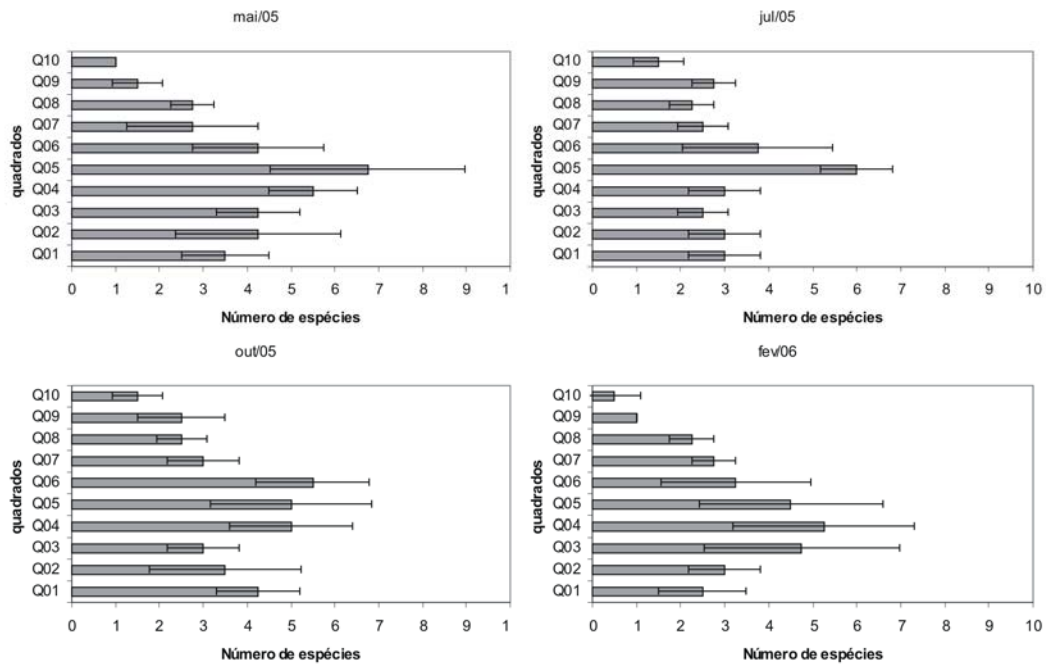


Figura 4.

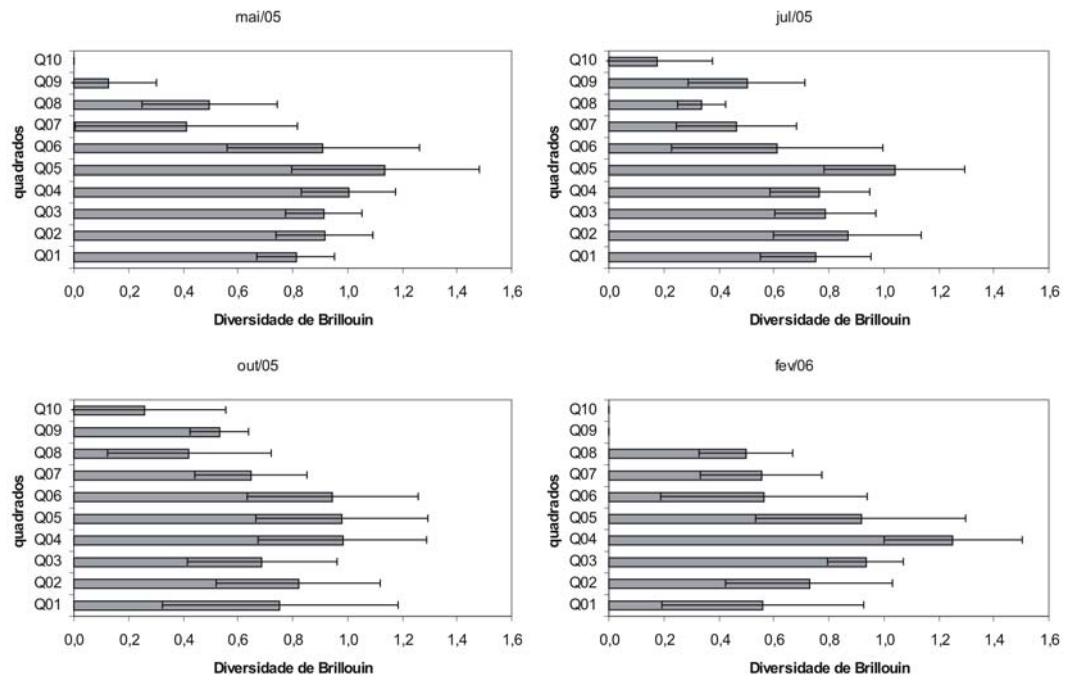


Figura 5.

Grupo	R Global	<i>p</i>
Superior	0,014	0,225
Intermediário	0,057	0,272
Inferior	0,028	0,094

Tabela II.

Espécies	Similaridade dentro de cada período (%)				Dissimilaridade entre os períodos (%)		
	T1	T2	T3	T4	T1 x T2	T2 x T3	T3 x T4
Vazio	84	60	69	81	44	42	45
<i>Chthamalus spp</i>	-	35	27	-	37	36	34
<i>Collisela subrugosa</i>	-	-	-	-	-	7	8
TOTAL	84	95	96	81	81	85	87

Tabela III.

Espécies	Similaridade dentro de cada período (%)				Dissimilaridade entre os períodos (%)		
	T1	T2	T3	T4	T1 x T2	T2 x T3	T3 x T4
Vazio	8	7	15	-	-	-	8
<i>Chthamalus spp</i>	43	42	30	73	25	26	31
<i>Collisella subrugosa</i>	-	-	-	12	-	-	5
<i>Brachidontes solisianus</i>	21	-	-	-	10	-	-
<i>Perna perna</i>	-	15	12	-	13	15	13
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	11	11	-	-	8	8	-
<i>Centroceras clavulatum</i>	-	11	-	-	16	12	-
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i>	-	-	8	-	-	-	6
<i>Ulva fasciata</i>	-	-	22	-	15	19	20
TOTAL	83	86	87	85	87	80	83

Tabela IV.

Espécies	Similaridade dentro de cada período (%)				Dissimilaridade entre os períodos (%)		
	T1	T2	T3	T4	T1 x T2	T2 x T3	T3 x T4
<i>Perna perna</i>	-	-	-	10	11	-	11
<i>Phragmatopoma lapidosa</i>	22	44	25	11	26	25	16
<i>Centroceras clavulatum</i>	-	-	-	-	13	10	14
<i>Ulva fasciata</i>	63	48	63	68	24	29	28
<i>Hypnea musciformis</i>	-	-	-	-	16	22	14
TOTAL	85	92	88	89	90	86	83

Tabela V.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A zonação dos organismos bênticos no entremarés do molhe da praia do Farol de São Tomé na costa norte do Estado do Rio de Janeiro apresentou características peculiares de costões rochosos, onde cada organismo ou associação de organismos ocupa um nível particular do substrato rochoso. Semelhanças foram encontradas quando comparada com outras áreas de costões rochosos da região sudeste do Brasil. Contudo, mudanças horizontais na distribuição das espécies em pequena escala espacial (poucos metros) formam no local um mosaico de organismos, principalmente na faixa intermediária da zona entremarés, devido à descontinuidade e irregularidade do substrato na região.

A zonação no entremarés variou espacialmente entre os molhes estudados, que distam dois quilômetros entre si: um na praia do Farol de São Tomé (Pier) e outro na praia da Barra do Furado (Barra). O efeito *uplift* (ampliação da zona entremarés) foi identificado no sítio mais exposto à ação das ondas (Barra), onde a franja do supralittoral apresentou-se três vezes mais extensa em relação à mesma faixa no sítio protegido (Pier). As associações de espécies nas demais faixas (eulitoral superior, eulitoral inferior e franja do infralitoral) apresentaram-se diferenciadas na composição taxonômica e em suas abundâncias relativas. A hipótese testada de que a zonação dos organismos bênticos do entremarés difere entre sítios em função do grau de exposição às ondas, que por sua vez é variável quanto à orientação dos molhes de cada local, foi aceita face às diferenciações observadas na composição e na distribuição das associações de organismos nos diferentes molhes investigados.

Na praia do Farol de São Tomé, a zonação no entremarés variou temporalmente durante o período de um ano. A variação no nível das marés e, adicionalmente, a interação dos parâmetros ambientais temperatura do ar, altura e período das ondas foram os principais fatores responsáveis por variações sazonais na associação de organismos bentônicos, muitos dos quais são incapazes de se ajustar à novas situações ambientais que influenciam diretamente na sua tolerância em permanecer em níveis específicos do substrato. A hipótese inicialmente estabelecida de que a variação temporal no padrão de distribuição vertical da comunidade bêntica da zona entremarés na

região ocorre em função da variabilidade sazonal das marés, da temperatura do ar e da altura e período de ondas foi aceita em face das modificações observadas na composição taxonômica e na cobertura dos organismos nos diferentes períodos do ano investigados.

O presente estudo fornece uma base de dados sobre a comunidade bêntica da zona entremarés em molhes da costa norte do Estado do Rio de Janeiro, incluindo informações sobre zonação e variabilidade temporal na praia do Farol de São Tomé e a variabilidade espacial entre molhes da praia do Farol de São Tomé e Barra do Furado. Pretendeu-se, assim, preencher uma lacuna de conhecimentos na região, fornecendo dados consistentes para futuras comparações e para estudos de natureza experimental e monitoramento local.

ANEXO I

Macedo I. M., Masi B. P., Zalmon I. R. 2006. Comparision of rocky intertidal community sampling methods at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanograph*, 54(2/3):147-154.

COMPARISON OF ROCKY INTERTIDAL COMMUNITY SAMPLING METHODS AT THE NORTHERN COAST OF RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL*

Isabela Maria Macedo; Bruno Pereira Masi & Ilana Rosental Zalmon¹

Universidade Estadual do Norte Fluminense
(Av. Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Campos, RJ, Brasil)
¹E-mail: ilana@uenf.br

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare different rocky intertidal sampling methods at the northern coast of the Rio de Janeiro State. Quadrats with 50 and 100 intersection points were sampled in field and in computer using digital photos. A similarity over 90% was obtained between both methods for the intertidal zone. Cluster analysis showed that the lower sample size overestimated some indicator organisms. The zonation pattern through photo sampling was different from that in field especially in Supralittoral Fringe due to the color similarity of *Chthamalus* sp with bare substrate. The main advantages of the digital method are the fast abundance estimation, the possibility of comparison among researchers and the permanent community record. However, there is a potential for species misidentification with similar color morphotypes. In zonation intertidal studies, digital photograph sampling method is suggested since it is rather efficient, accurate and advantageous in relation to the field method. Such a choice might be made after the previous knowledge of local organisms and should be adequate to the final objectives.

RESUMO

A proposta do presente estudo é comparar diferentes métodos de amostragem da comunidade bêntica no entremarés em substrato rochoso na costa norte do Estado do Rio de Janeiro. Quadrados com 50 e 100 pontos de interseção foram amostrados no local e em computador por fotografia digital. Uma similaridade superior a 90% foi obtida entre ambos os métodos em cada altura do substrato. A análise de agrupamento evidenciou que o menor tamanho amostral superestimou alguns organismos indicadores. O padrão de zonação através da amostragem por foto foi diferente daquele no campo principalmente na Franja do Supralittoral face à similaridade de coloração de *Chthamalus* sp com o substrato vazio. O método por foto tem como principais vantagens a rápida estimativa de abundância, a possibilidade de comparação entre observadores e o registro permanente da comunidade. Contudo, há a possibilidade de má identificação de morfotipos de cores semelhantes e não permite a amostragem de vários estratos. Para estudos de zonação a amostragem por fotografia digital é bastante eficiente, acurada e vantajosa em relação ao método em campo. Mas, tal opção procede após o conhecimento prévio dos organismos e deve ser adequada aos objetivos finais.

Key words: Rocky intertidal, Sampling techniques, Digital photography, Field method.

Palavras chave: Costão rochoso, Região entremarés, Técnicas de amostragem, Fotografia digital, Método em campo.

INTRODUCTION

Until recently, few comparisons of methodological patterns have been made to critically evaluate their relative efficiency under real field conditions. Those reviews are valuable for researchers because they are related to the most appropriate method (e.g. accurate, precise or efficient) under a series of environmental circumstances (Southwood, 1978; Krebs, 1989).

Experimental approaches to understand the rocky shores dynamics include studies on disturbance, succession, competition, herbivory, predation and recruitment variation (Connell, 1961; Paine, 1966, 1974; Dayton, 1971; Branch, 1976; Menge, 1991; Benedet-Cecchi & Cinelli, 1993; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1996; Jenkins *et al.*, 1999a, 1999b). Little & Kitching (1996), Raffaele & Hawkins (1996) and Coutinho (2002) summarized an extensive literature. Questions regarding the experimental design and scientific rigor have become areas of great interest to ecologists and led to debates in a variety of philosophical and methodological levels (Diamond, 1986; Loehle, 1987; McIntosh, 1987; Peters, 1988;

(*) Paper presented at the 2nd Brazilian Oceanography Congress in Vitória (ES) – Brazil, October 09th – 12th.

Underwood, 1990). In order to understand the species distribution and abundance patterns, it is supposed that the applied methods give accurate estimates of the number of organisms. The precise patterns description is then essential to understand the ecological processes (Andrew & Mapstone, 1987; Sabino & Villaça, 1999).

Sampling comparative studies in rocky shores are scarce. Foster *et al.* (1991), Meese & Tomich (1992) and Dethier *et al.* (1993) examined different sampling methods of benthic organisms (e.g. visual; photography; intersection regular points, random and stratified distribution; field and computer sampling).

In Brazil, many studies on rocky shore communities in the intertidal zone have been carried out mainly on vertical distribution patterns of the organisms and their causes, which were initially associated to physical factors such as tide levels, wave exposure and salinity (Vermeij & Porter, 1971; Sauer Machado *et al.*, 1996; Guimaraens & Coutinho, 2000). Little attention has been given to methodological problems involving such community (Villaça, 1991; Sabino & Villaça, 1999).

There is no natural consolidating substrate, except for scarce granitic blocks and ferruginous rocks in the northern coast of Rio de Janeiro. At the same time, we observe the absence of qualitative and quantitative studies of the benthic fauna and flora in this region. The objective of this study is to compare and evaluate different sampling methods of alga and sessile invertebrates on a rocky shore in the northern coast of the Rio de Janeiro State, due to the importance of finding a sampling method which is good enough to present a relation of time and data acquisition of the studied community.

MATERIAL AND METHODS

This study took place on the Farol de São Tomé beach (22°02'S, 41°03'W), in the northern coast of the Rio de Janeiro State (Fig. 1). The environment is an anthropogenic rocky substrate; a set of granitic boulders presenting a discontinued and irregular surface. It was carried out in the southern face, where wave action is less intense.

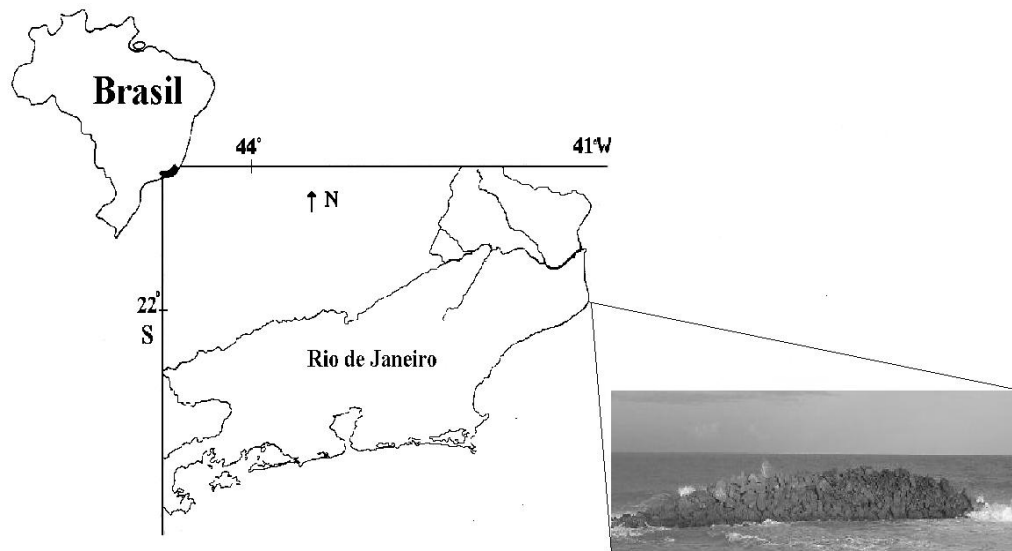


Fig. 1. Localization of the study area at the northern coast of Rio de Janeiro state on the Farol de São Tomé beach.

The studied site was sampled in April/2005. The chosen sampling blocks have their external faces relatively perpendicular to the sea. Four equally distant profiles (6 m), each representing a study unit, were sampled from the low tide limit (zero mark) to the

upper limit of *Littorina* (Supralitoral Fringe *sensu* Paula, 1987). Quadrats of 20 x 20 cm with 50 and 100 points were continuously superposed in each profile points (Brum & Absalão, 1990; Gevertz, 1995).

The relative dominance was estimated by the percentage of organisms' coverage. For the qualitative and quantitative sampling a non-destructive method of intersection points was used (Sutherland, 1974; Thomas, 1985; Boaventura *et al.*, 2002; Good, 2004) and the sessile and sedentary organisms found under each point were recorded.

The compared sampling methods were: 1) quadrats with 100 points sampled in field (100 field); 2) quadrats with 50 points sampled in field (50 field); 3) digital photographs of quadrats with 100 points sampled in computer (100 photo); 4) digital photographs with 50 points sampled in computer (50 photo).

In methods 3 and 4 a digital camera Cannon, model A510 - 3.2 Mega pixels with automatic focus was used. The software CPCe (Coral Point Count with Excel extensions) version 3.1 offers a tool to determine the percentage of organisms' coverage using the pictures of the quadrats. It generates a number of points to be determined randomly or in grids and the organisms settled under those points are identified by codes.

The organisms sampled by the different sampling methods were evaluated through taxonomic composition, relative abundance, species richness and Brillouin's diversity (Zar, 1984).

In order to determine the similarity rate among the sampling methods, the Renkonen's similarity percentage coefficient was calculated in a paired form (Krebs, 1989).

The comparative analysis of the species vertical distribution by the different sampling methods included a cluster analysis (UPGMA) with Morisita modified similarity coefficient for percentage data. Cluster reliability to data was evaluated by the cophenetic coefficient. According to Valentin (2000), a cophenetic value above 0.8 is acceptable.

A one-way analysis of variance (with $\alpha = 0.05$) was performed for repeated measures, to evaluate the significance of the differences among the sampling methods, since the same quadrat was sampled through the different methods. The variances homogeneity was tested and the percentage coverage data was transformed to $\arcsin\sqrt{x\%}$.

The average time spent on the different methods was recorded to evaluate the data obtained from each one and the sampling time.

RESULTS

The comparative analysis among the methods was based on species richness, cover percentage of the main species and diversity index results.

The species number at different tidal heights was similar in all sampling methods, with higher values for the intermediate zone quadrats, corresponding from 0.8 to 1.0 m heights, and lower in the extremes, mainly in the uppermost quadrats (Fig. 2A). No significant differences were recorded among the sampling methods ($p = 0.105$).

The diversity index varied statistically ($p = 0.077$) when comparing the quadrats 100 field with 50 and 100 photos ($q = 3.960$ and 3.996 , respectively). The first one showed generally higher diversity values (Fig. 2B).

The benthic community' similarity among the study methods was higher than 70% in all heights of the rocky substrate (Table 1). Values under 80% occurred in the comparisons between field and photo, regardless the number of sampled points, 50 or 100. Such fact occurred mostly in quadrat 08 (1.4 to 1.6m), in which the dominant species *Chthamalus* sp blended with the grey empty substrate by photo sampling, and in quadrat 01 (0 to 0.2m), where the macroalgae *Ulva fasciata* was constantly dislocated by waves and replaced in photo sampling by the polychaete *Phragmatopoma lapidosa*, an abundant species in the inferior layer.

The cluster analysis of the organisms' vertical distribution on the rocky shore reflected the similarity among the sampling methods resulting into five bands (*sensu* Stephenson & Stephenson, 1949; Lewis, 1964) of 60% level of similarity (Figs 3A, 3B, 3C, 3D): Supralittoral Fringe characterized by empty space and *Littorina* sp; Upper Midlittoral represented by *Chthamalus* sp and empty space; medium Midlittoral with the predominance of *Chthamalus* sp, *Centroceras clavulatum*, *Phragmatopoma lapidosa* and *Ulva fasciata*; lower Midlittoral characterized by *Ulva fasciata*, *Perna perna* and *Phragmatopoma lapidosa*, and Infralittoral Fringe represented by *Hypnea musciformis*, *Ulva fasciata* and *Phragmatopoma lapidosa*.

The cophenetic coefficient values were: $r = 0.82$ (100 field), 0.84 (50 field), 0.89 (100 photo) and 0.90 (50 photo), all of them were higher than the acceptable cophenetic coefficient.

The revealed zonation pattern was different among methods mainly in Supralittoral Fringe (Fig. 3C and 3D). The first one included quadrat 08 in this zone, because of the color similarity of *Chthamalus* sp with empty substrate, which characterized quadrats 09 and 10. Moreover, the 50 photo method overestimated the bivalve *Perna perna* coverage, shortening the medium Midlittoral area (Q05) and enlarging the lower area (Q03 and Q04).

The analysis of variance of the benthic community sampled by the different methods did not identify any significant differences in all study heights of the rocky shore ($p > 0.05$).

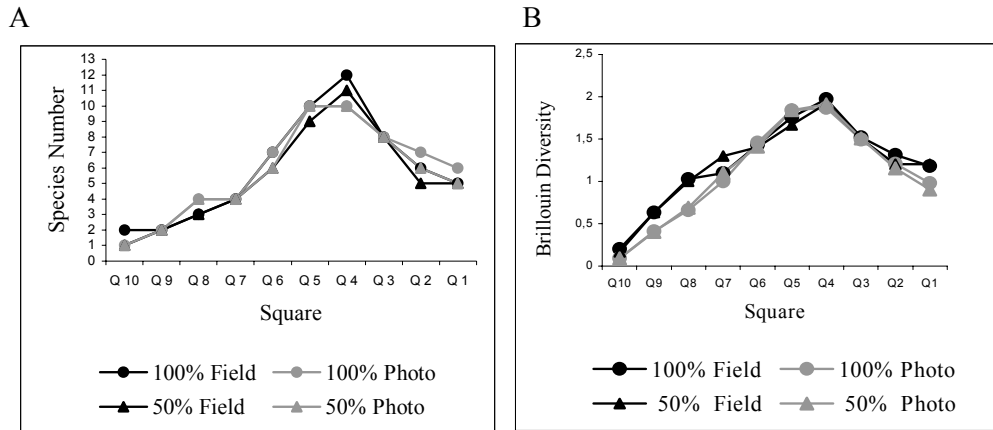


Fig. 2. Mean species number (A) and Brillouin's diversity index (B) by the different sampling methods on studied rocky shore (Q1: lowermost quadrat, Q10: uppermost quadrat), N = 4.

Table 1. Renkonen's similarity coefficient of benthic community among the sampling methods at different heights of the rocky substrate (Q01: 0 to 0.2 meters).

	Q10	Q09	Q08	Q07	Q06	Q05	Q04	Q03	Q02	Q01
100 points field										
x	98%	89%	73%	81%	83%	91%	93%	95%	93%	80%
100 points photo										
x	99%	99%	97%	99%	98%	93%	94%	94%	92%	92%
50 points field										
x	98%	89%	70%	80%	83%	86%	85%	90%	92%	79%
100 points photo										
x	100%	99%	98%	97%	97%	94%	90%	92%	95%	94%
50 points photo										

The comparative analysis of the sampling time showed that the 100 photo method took longer followed by the 50 photo, the 100 field and the 50 field, respectively (Table 2). The digital photograph hastens the field time, as sequential photos were taken with a less than 1-minute interval among them. The field time using the photo method for a whole profile (10 quadrats) was equivalent or lower for the necessary reading of only one quadrat by the field method (6 min for 100 points and 3 min for 50 points). However, a quadrat sampling in computer takes

around 12 min each for 100 points and 6 min for 50 points.

DISCUSSION

The diversity of biotops in the Brazilian coast is characterized by a great variety of organisms and the researcher frequently faces with new study sites and a need for different methodologies for a first

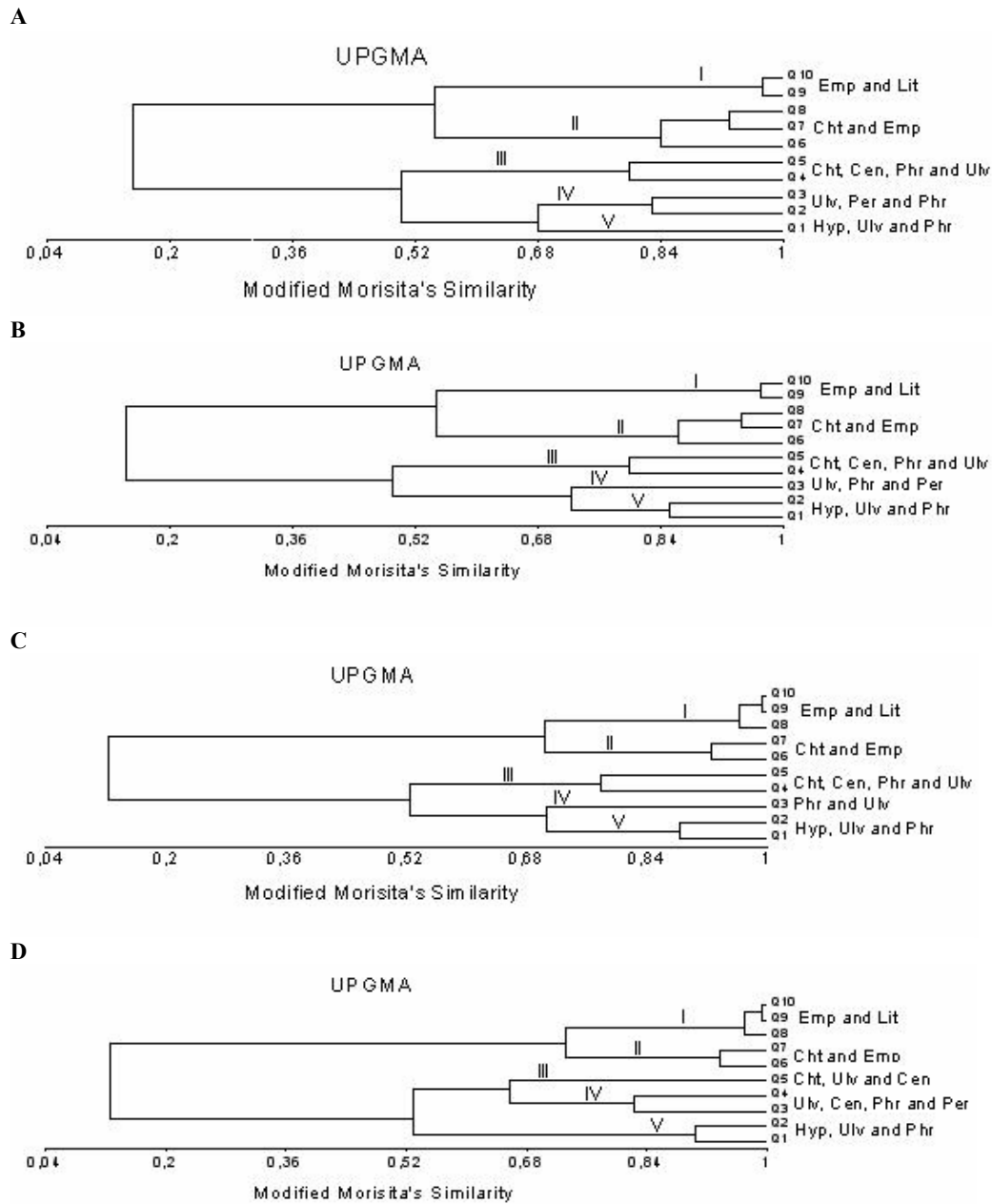


Fig. 3. Cluster analysis of benthic community at different heights by the different sampling methods (Morisita's modified coefficient – UPGMA). A: 100 points in field method, B: 50 points in field method, C: 100 points photograph method, D: 50 points photograph method (Q1: lowermost quadrat, Q10: uppermost quadrat). Species code: Emp – empty space; Lit – *Littorina* sp, Cht – *Chtamalus* sp; Cen – *Centroceras clavulatum*; Phr – *Phragmatopoma lapidosa*; Ulv – *Ulva fasciata*; Per – *Perna perna*; Hyp – *Hypnea musciformis*.

Table 2. Comparative analysis of the necessary time for in field and in computer sampling methods, for 50 and 100 points of the benthic intertidal community.

	Sampling in field	Sampling in computer
Medium time/quadrat (50 points)	03 min	06 min
Medium time/quadrat (100 points)	06 min	12 min
Digital photograph	< 01 min	-
Total time (50 points)	2:00 h	4:00h
Total time (100 points)	4:00 h	8:00h
Number of quadrat/min (50 points)	0.33	0.16
Number of quadrat/min (100 points)	0.16	0.08
Number of quadrat/day (50 points)	40	40
Number of quadrat/day (100 points)	20	40
Number of profiles	04	04
Number of quadrats/profile	10	10
Number total of quadrats	40	40

analysis (Villaça, 1991). Since conclusions of field studies rest partly on how data was collected, sampling issues have been given considerable attention in ecology (Miller & Ambrose, 2000). There has been some extent work on collecting data methods (Foster *et al.*, 1991; Dethier *et al.*, 1993; Sabino & Villaça, 1999) and sampling schedule for environmental impact assessments (e.g. Green, 1979; Underwood, 1994).

The main advantage in the digital photograph method is the fast estimation of abundance, in addition to quickening the capture of images, which can be visualized and retaken at the same time, still *in situ*. It is well known that time is a critical factor in conducting experiments and observations in intertidal zone specially due to the duration of the tidal cycle (Meese & Tomich, 1992; Dethier *et al.*, 1993; Pech *et al.*, 2004). The field time reduction is essential for the study of a larger area and for the increase of sample units. Two days sampling were necessary for the *in situ* method, while less than one hour was necessary for all 40 quadrats to be photographed.

The direct images digitalization reduced the film and its development costs in relation to old photographic methods, as used by Schoener & Greene (1981) and Foster *et al.* (1991). Moreover, with image edition programs the organisms may reach larger sizes than those from in field observation, helping their identification and a more careful analysis.

However, there is potential for misidentification of species by photograph, due to morphotypes with similar color that cannot be easily distinguished even with higher contrast techniques. The similarity of the rock color to *Chthamalus* sp through the photo method reflected in an extension of the Supralitoral Fringe in relation to the in field samples. Foster *et al.* (1991) have shown that photo quadrats consistently underestimate organisms' cover

and the number of taxa. The quality of the digital camera is an important species identification factor.

Although percentage cover had been estimated in only two dimensions with a maximum of 100% coverage, the in field method gives a 3-D view of a plot, allowing the observation of several layers; thus a correct identification of all organisms which in certain angles may be blended in the photos (Foster *et al.*, 1991). Near the water column, the dominant macroalgae was constantly dislocated by the wave, which exposed the other abundant species in the lower layer. Such scenery could only be seen *in situ*.

The comparative analysis of the in field method versus digital photograph showed notably higher results of the diversity index in the field method. However, richness and species percentage values at each height did not show significant differences among the methods.

Meese & Tomich (1992) and Sabino & Villaça (1999) compared different sampling techniques to estimate the coverage percentage on rocky intertidal shores and verified that no method was considerably better, reaching the same conclusion as this study.

Among several advantages for the photograph method, the one believed to be the most important is the community record containing different data (e.g. diversity, density, population size, growth rate, mortality). Besides, it is important to mention the extra expertise in biological identifications needed for in field method versus the benefit of standardized computer scoring when a single expert scores all images.

Whorff & Griffing (1992) studying an intertidal benthic community with a video camera showed how the segmentation of the digitalized image might be used to obtain direct estimation of the cover area. As the images can be stored in disks, the authors suggest the digital technique to form a data bank,

similar to that currently used for satellite images. Digital tools could substantially lower the cost of monitoring programs for which a fast acquisition data rate is needed at any spatial scale and improve the estimates of the ecological properties of the community (Pech *et al.*, 2004).

It is suggested that for zonation, recruitment and succession studies of intertidal benthic communities, the digital photograph sampling method is rather efficient, accurate and advantageous in relation to the traditional *in situ* method. Still, such a choice might be made after the previous knowledge of the environment and the organisms in field. It is important to emphasize that both methods have advantages and disadvantages and the choice must be adequate to the final objectives.

Meese & Tomich (1992) and Dethier *et al.* (1993) agree that the best recommendation is the combination of in field sampling (visual or point technique) by well-trained researchers and a photographic documentation.

Dethier *et al.* (1993) state that the main disadvantage of the intersection point method is the dependence on the sample size. A similarity over 90% was obtained between the 50 and the 100 points at each height of the rocky shore. However, it was possible to observe by the cluster analysis that the lower sample size, despite the method, overestimated some indicator organisms as the macroalga *Hypnea musciformis* and *Ulva fasciata*, increasing the Infralitoral Fringe by *in situ* method and the bivalve *Perna perna* in the lower Midlitoral by photo technique.

Performing a study that evaluates different point numbers with intermediate scales between zero and 100 is important. Studies designed to assess the changes on community structure and composition might gather sample effort with the overall results for a whole series of species (Gonor & Kemp, 1978 *apud* Miller & Ambrose, 2000).

The present study emphasizes that the sampling planning is the first step that a researcher must take in order to elaborate benthic ecology projects and confirms the importance of a previous sampling *in situ*.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank CNPq (Process N° 301345/2004-0) and FAPERJ (Process No. E-26/171.260/2005) for the financial support and scholarship.

REFERENCES

- Andrew, N. L. & Mapstone, B. D. 1987. Sampling and description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanogr. mar. Biol. a. Rev.*, 25:39-90.
- Benedetti-Cecchi, L. & Cinelli, F. 1993. Early patterns of algal succession in a midlittoral community of the Mediterranean Sea: a multifactorial experiment. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 169:15-31.
- Benedetti-Cecchi, L. & Cinelli, F. 1996. Analysis of a spatial and temporal variability in intersections among algae, limpets and mussels in low shore habitats on the west coast of Italy. *J. mar. biol. Ecol.*, 144:87-96.
- Boaventura, D.; Fonseca, L. C. & Hawkins, S. J. 2002. Intertidal Rocky Shore Communities of the Continental Portuguese Coast: Analysis of Distribution Patterns. *Mar. Ecol.*, 23 (1):69-90.
- Branch, G. M. 1976. Interspecific competition experience by South African. *Patella* species. *J. anim. Ecol.*, 45:507 – 529.
- Brum, I. N. S. & Absalão, R. S. 1990. Vertical distribution of barnacles of the intertidal rocky shores of Guanabara Bay, RJ, Brazil. In: Neves, C. Magoon, O. eds. *Coastlines of Brazil*. New York: American Society of Civil Engineers. p. 139-153.
- Connell, J. H. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*, 42:710-723.
- Coutinho, R. 2002. Bentos de costões rochosos. In: Pereira, R. C. & Soares-Gomes, A. eds. *Biologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, p. 147-157.
- Dayton, P. K. 1971. Competition, disturbance and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.*, 41:351-389.
- Dethier, M. N.; Graham, E. S.; Cohen, S. & Tear, L. M. 1993. Visual *versus* random-point percent cover estimations: "objective" is not always better. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 96:93-100.
- Diamond, J. M. 1986. Overview: laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. In: Diamond, J.M., Case, T. J. eds. *Community ecology*. New York, Harper & Row. p. 3-22.
- Foster, M. S.; Harrold, C. & Hardin, D. D. 1991. Point *versus* photo quadrat estimates of the cover of sessile marine organisms. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 146:193-203.
- Gevertz, R. 1995. Em busca do conhecimento ecológico: uma introdução à metodologia. São Paulo. Edgard Blucher. p. 65-66.
- Good, T. P. 2004. Distribution and abundance patterns in caribbean rocky intertidal zones. *Bull. mar. Sci.*, 74:459-468.
- Green, R. H. 1979. *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*. New York, John Wiley & Sons. 257p.
- Guimaraens, M. A. & Coutinho, R. 2000. Temporal and spatial variation of *Ulva* sp and water properties in the Cabo Frio upwelling region of Brazil. *Acquat. Bot.*, 66:101-114.
- Jenkins, S. R.; Hawkins, S. J. & Norton, T. A. 1999a. Direct and indirect effects of a macroalgal canopy and limpet grazing in structuring a sheltered intertidal community. *Mar. Ecol. -Prog. Ser.*, 188:81-92.

- Jenkins, S. R.; Hawkins, S. J. & Norton, T. A. 1999b. Settlement and post-settlement interecion between *Semibalanus balanoides* and three species of fucoide canopy algae. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 236 (1):49-67.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. New York, Harper & Row. 654p.
- Lewis, J. R. 1964. *Ecology of rocky shores*. London: English Universities Press. 323p.
- Little, C. & Kitching, J. A. 1996. *The biology of rocky shores*. Oxford, Oxford University Press. 240p.
- Loehle, C. 1987. Hypothesis testing in ecology: psychologica aspects and importance of theory maturation. *Q. Rev. Biol.*, 62:397-409.
- McIntosh, R. P. 1987. Pluralism in ecology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 18:321-341.
- Meese, R. J. & Tomich, P. A. 1992. Dots on the rocks: a comparison of percent cover estimation methods. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 165 (1):59-73.
- Menge, B. A. 1991. Relative importance of recruitment and other causes of variation in rocky intertidal community structure. *J. expl Biol. Ecol.*, 146:69-100.
- Miller, A. W. & Ambrose, R. F. 2000. Sampling patchy distribution: comparison of sampling design in rocky intertidal habitats. *Mar. Ecol.- Prog. Ser.*, 196:1-14.
- Paine, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. *Am. Nat.*, 100:65-75.
- Paine, R. T. 1974. Intertidal community structure: experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its - principal predator. *Oecologia (Berl.)*, 15:93-120.
- Paula, E. J. 1987. Zonação nos costões rochosos: região entremarés. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA. Anais. São Paulo, ACIESP, 1:266-268.
- Pech, D.; Condal, A. R.; Bourget, E. & Ardisson, P. L. 2004. Abundance estimation of rocky shore Invertebrates at small spatial scale by high-resolution dital photography and digital image analysis. *J. expl. mar. Ecol.*, 299:185-189.
- Peters, R. H. 1988. Some general problems for ecology illustrated by food web theory. *Ecology*, 69:1673-1676.
- Raffaelli, D. & Hawkins, S. J. 1996. *Intertidal ecology*. London, Chapman & Hall. 356p.
- Sabino, C. M. & Villaça, R. 1999. Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. *Re. Brasil. Biol.*, 59 (3):407-419.
- Sauer Machado, K. R. S.; Chapman, A. R. O. & Coutinho, R. 1996. Consumer species have limited and variable roles in community organization on a tropical intertidal shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 134:73-83.
- Schoener, A. & Greene, C. H. 1981. Comparison between destructive and nondestructive sampling of sessile epibenthic organisms. *Limnol. Oceanogr.* 26 (4):770-774.
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological Methods*. 2nd ed. New York, Chapman and Hall. 524p.
- Stephenson, T. A. & Stephenson, A. 1949. The Universal feature of zonation between tide-marks on rocky coasts. *J. Ecol.*, 37: 289-305.
- Sutherland, J. P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *Am. Nat.*, 108 (964):859-873.
- Thomas, M. L. H. 1985. Littoral community and zonation on the rocky shores of Bermuda. *Bull. mar. Sci.*, 37:857-870.
- Underwood, A. J. 1978. An experimental evaluation of competition between three species of intertidal prosobranch gastropods. *Oecologia*, 33:185-202.
- Underwood, A. J. 1990. Experiments in ecology and management: their logics, functions, and interpretations. *Aust. J. Ecol.*, 15:365-389.
- Underwood, A. J. 1991. Beyond BACI: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 42:569-587.
- Underwood, A. J. 1994. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecol. Appl.*, 4:3-15.
- Valentin, J. L. 2000. *Ecologia numérica – uma análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência. 117p.
- Vermeij, G. J. & Porter, J. W. 1971. Some characteristics of the dominant intertidal molluscs from rocky shores in Pernambuco, Brazil. *Bull. mar. Sci.*, 21:440-454.
- Villaça, R. C. 1991. Metodologia de amostragem em costões rochosos. Abordagem fitossociológica. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA. 2. Anais. São Paulo, ACIESP, 2:1-13.
- Whorff, J. S. & Griffing, L. 1992. A video recording and analysis system used to sample intertidal communities. *J. expl mar. Biol. Ecol.*, 160:1-12.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2. ed. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall. 718p.

(Manuscript received 16 December 2005; revised 26 May 2006; accepted 27 July 2006)