

B2 - Costões Rochosos

a) Considerações Gerais

Apesar da grande extensão do litoral brasileiro, as formações de costões rochosos ocorrem quase exclusivamente nas regiões sudeste e sul do país (Coutinho, 2001). No litoral sudeste a presença de escarpas rochosas do complexo cristalino granito-gnáissico freqüentemente chegam até o mar, sendo conhecida como Serra do Mar. Esta formação delimita pequenas baías, algumas das quais preenchidas por sedimentos marinhos quaternários de textura fina (Suguo & Martin, 1987). Nesse trecho da costa, promontórios rochosos se alternam com reentrâncias, marcadas pelos principais vales fluviais, onde ocorrem pequenas planícies costeiras, praias arenosas, dunas e algumas barreiras arenosas que isolam lagoas costeiras de pequeno porte. A elevação da Serra do Mar é também responsável por outra importante característica da região sudeste, que faz com que a maioria dos rios flua para o interior do continente e não para o mar (Villwock, 1987).

Dentre os ecossistemas da zona costeira, os costões rochosos (Figura II.5.2-13) são considerados um dos mais importantes por abrigarem numerosas espécies de reconhecida importância ecológica e econômica, tais como mexilhões, ostras, crustáceos, algas e peixes. Estes ecossistemas, por receberem grande quantidade de nutrientes provenientes dos sistemas terrestres, apresentam uma elevada biomassa e produção primária. Como conseqüência, os costões rochosos são locais de alimentação, crescimento e reprodução de um grande número de espécies (Coutinho, 2002).



Figura II.5.2-13 - Costões rochosos. Fonte: Print Artist.

A grande variedade de organismos e o fácil acesso a este ambiente tornaram o costão rochoso um dos mais populares e bem estudados ecossistemas marinhos (Coutinho, 2002). A grande diversidade de espécies presentes nestes ambientes possibilita a ocorrência de fortes interações biológicas. Tais interações são potencializadas em consequência da limitação do substrato ao longo de um gradiente existente entre os habitats terrestre e marinho (Connell, 1972; Menge, 1976). Entretanto, devido à sua localização, os costões rochosos são altamente susceptíveis aos impactos antrópicos, o que reforça a necessidade de obtenção e atualização constante de dados de distribuição e abundância visando a elaboração de ações de conservação realistas.

A zonação em costões rochosos, através de um gradiente ambiental, é particularmente nítida. As espécies que ocorrem em cada zona podem variar em função de diferentes latitudes, níveis de maré e exposição ao ar, entre outros fatores (Coutinho, 2002). A zonação pode ser entendida como resultado da interação de características físicas do costão, variação das marés e respostas adaptativas dos organismos que habitam os costões rochosos. É quase um consenso de que os fatores abióticos, como salinidade, temperatura, exposição aérea, turbidez, sejam mais atuantes em faixas mais altas do costão, enquanto que os fatores bióticos, incluindo interações intra e interespecíficas e

disponibilidade de recursos, atuem em faixas mais próximas da linha d'água (Raffaelli & Hawkins, 1997).

O padrão de distribuição vertical dos organismos não varia somente em função da altura de maré, mas também da inclinação do costão, sombreamento e grau de exposição às ondas (Oliveira, 2002a). Com a observação de que padrões locais de distribuição se repetiam em outros habitats, foi estabelecido um padrão geral de características da zonação de costões rochosos, capaz de prover uma base de dados que pudessem ser comparados internacionalmente (Raffaelli & Hawkins, 1997).

De acordo com a distribuição dos organismos, os costões rochosos podem ser divididos em zonas: o termo supralitoral ou franja supralitoral que corresponde ao limite superior de ocorrência dos organismos marinhos. A região entre-marés é chamada de eulitoral, médio litoral ou mesolitoral e compreende a faixa entre a preamar e baixamar de maior amplitude. A zona sublitoral estende-se até o fim da plataforma continental com limite de profundidade de 200 m. Pode ser dividida ainda em: infralitoral (delimitado pelo limite de ocorrência de algas) e o circalitoral (caracterizado pela ocorrência de espécies animais). Esses limites são coincidentes com os níveis de maré e com a distribuição de organismos indicadores.

A distribuição dos organismos em zonas é, primeiramente, determinada pela resposta dos organismos marinhos a estresses ambientais. Em períodos de maré alta, os organismos que ocupam a região entre-marés ficam sujeitos a uma temperatura relativamente uniforme, com riscos mínimos de ocorrência de dessecação corpórea, em ambiente com disponibilidade imediata de oxigênio e alimento. Já em períodos de maré baixa, os organismos das regiões entre marés permanecem expostos às condições variáveis físicas do ambiente. Contudo, não há, necessariamente, uma coincidência entre as zonas de distribuição dos organismos e as faixas do costão determinadas pela exposição à maré, já que diversos fatores também atuam sobre esses indivíduos.

A competição por recursos limitados, predação e herbivoria são fatores igualmente essenciais na determinação de padrões de distribuição dos diversos organismos que habitam este tipo de ambiente. Muitas espécies têm sua distribuição centrada nas áreas mais altas do costão (supralitoral ou franja do

supralitoral), apesar de saber-se que tais espécies obteriam taxas de crescimento muito maiores caso habitassem as áreas mais baixas, onde os fatores físicos não são tão atuantes e há uma maior disponibilidade de recursos. Por outro lado, nessas áreas tais espécies encontram severas restrições bióticas, como espécies competidoras e predadores, que minimizam a taxa líquida de energia que seria obtida pela abundância de recursos nesses locais (Dayton, 1975; Lubchenco & Menge, 1978; Lubchenco, 1980).

As zonas de distribuição dos organismos são, muitas vezes, definidas pela presença de certas espécies importantes, ou pelas comunidades caracterizadas por estas espécies, conhecidas como tipos-dominantes. Apesar da determinação das diferentes zonas estar relacionada com a observação das espécies que ocorrem na camada mais externa do costão, isso pode fazer com que os organismos que ocorrem nos extratos inferiores sejam, muitas vezes, subestimados ou negligenciados nos levantamentos (BDT, 1999).

No litoral brasileiro grande parte dos estudos está restrita a poucas áreas. O que resulta em poucos pontos relativamente bem conhecidos e diversos com carência de dados. Os estudos sobre as comunidades dos costões rochosos começaram a ser desenvolvidos no final da década de 60, sendo intensificados principalmente nas décadas de 80 e 90. A região mais conhecida da costa brasileira é a sudeste, aonde os levantamentos taxonômicos, tanto faunísticos quanto florísticos, foram de grande importância na ampliação do conhecimento deste ecossistema (Lana *et al.*, 1996).

A distribuição de organismos bentônicos em costões rochosos na costa brasileira é resultado de uma interação complexa entre fatores históricos e biogeográficos e as características das massas d'água presentes. No que diz respeito à influência das massas d'água na distribuição dos organismos em costões rochosos do litoral brasileiro são particularmente importantes as correntes do Brasil e das Malvinas, das ressurgências localizadas, da Água Central do Atlântico Sul (Coutinho, 2002).

Dentro da área considerada como de influência do empreendimento nas zonas costeira e marinha destacam-se costões rochosos continentais e inúmeras ilhas costeiras que possuem faixas significativas de costões rochosos. No que diz respeito às ilhas, especial destaque deve ser dado no Estado do Rio de Janeiro:

- ★ Arraial do Cabo as ilhas costeiras são 4 (quatro): Ilha dos Franceses, Ilha do Cabo Frio, Ilha dos Porcos e Ilha do Pontal;
- ★ Cabo Frio são 8 (oito): Ilha dos Papagaios, Ilha dos Dois Irmãos (são duas ilhas), Ilha Vigia, Ilha Redonda, Ilha Comprida, Ilha dos Capões e Ilha dos Pargos;
- ★ Em Armação dos Búzios são 9 (nove): Ilha do Breu, Ilha Emerência de Fora, Ilha Emerência de Dentro, Ilha Filhote, Ilha Âncora, Ilha Gravatá, Ilha Branca, Ilha Rasa e Ilha Feia;
- ★ Em Macaé são 5 (cinco): Ilha dos Papagaios e outras 4 (quatro) que formam o Arquipélago de Santana (Ilha do Francês, I. Santana, Ilhote do Sul e Ponta das Cavalas);
- ★ Em São João da Barra: Ilha da Convivência;

De acordo com MMA (2002a), dentre as áreas de alta importância biológica e prioritárias para a conservação da biodiversidade de costões rochosos, encontram-se as Ilhas de Cabo Frio e do Papagaio, Ponta Negra e Saquarema. Esta região é caracterizada pela ocorrência de ressurgência, apresentando flora e fauna de afinidades tropicais e temperadas (Yoneshigue, 1985; Villaça, 1988; Yoneshigue-Valentin & Valentin, 1992).

A área de estudo está compreendida na fisionomia da costa onde ocorrem afloramentos do escudo cristalino, formando costões (Figura II.5.2-14) e promontórios rochosos (Figura II.5.2-15). Estes afloramentos são caracterizados pela grande disponibilidade de substratos rochosos, recortados por baías e enseadas e separados por praias arenosas, ocorrendo também em numerosas ilhas e ilhotas. No Brasil, os costões rochosos verdadeiros estão presentes quase que exclusivamente nas regiões sudeste e sul, e sua principal característica na região sudeste é a proximidade e conseqüente influência da mata Atlântica (Coutinho, 2001).



Figura II.5.2-14 - Imagem ilustrativa de costão rochoso típico da região sudeste brasileira.

Fonte: <http://www.museum.vic.gov.au/crust/movchthi.html>



Figura II.5.2-15 - Imagem ilustrativa de promontórios rochosos também característicos da região sudeste do Brasil.

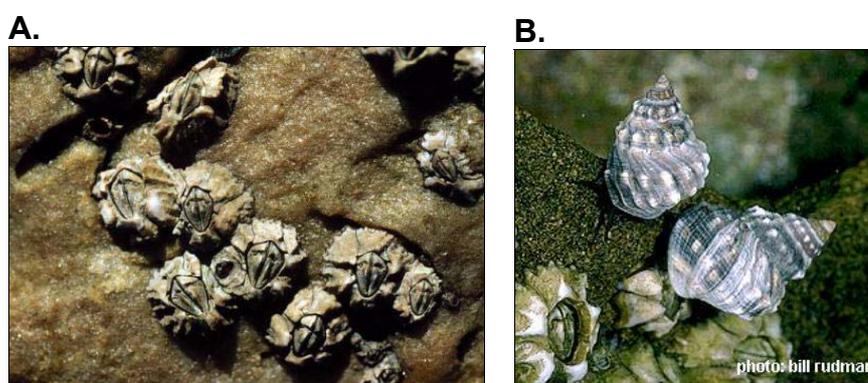
Fonte: <http://www.museum.vic.gov.au/crust/movchthi.html>

- **Zoobentos**

Os organismos bentônicos, de uma forma geral, possuem diversas adaptações fisiológicas e morfológicas relativas à sua necessidade de fixação e ao estresse a que são submetidos pela ação das ondas. A existência da oscilação de marés também exige adaptações devido ao estresse hídrico ocasionado pela

perda de água por dessecação, principalmente em organismos que habitam a região superior do costão (supralitoral).

O padrão de zonação dos organismos bentônicos, descrito a seguir, é baseado em Coutinho (2001; 2002) e refere-se aos padrões gerais descritos para a região sudeste da costa brasileira. A zona do supralitoral caracteriza-se pelo limite superior de distribuição do crustáceo cirrípede *Chthamalus bisinuatus* (Figura II.5.2-16A), sendo a fauna nesta faixa ainda composta pelo molusco *Nodilittorina lineolata* (Figura II.5.2-16B) e do crustáceo isópoda *Lygia* sp.



**Figura II.5.2-16 - A - crustáceo cirrípede *Chthamalus* sp.,
B – molusco gastrópodo *Nodilittorina* sp.**

Fonte: <http://www.museum.vic.gov.au/crust/movchthi.html>
<http://www.amonline.net.au/invertebrates/mal/gallery/nodilitt1.htm>

Na costa brasileira, os gastrópodes do gênero *Nodilittorina* são provavelmente as espécies mais características e abundantes na parte inferior do supralitoral. Estas espécies podem ter um importante efeito na estrutura da vegetação presente nesta zona por se tratarem de organismos herbívoros. O gênero *Lygia* também é bastante comum nesta zona, além de pequenos caranguejos.

Na região do supralitoral outras características, além dos fatores abióticos, podem controlar o limite superior de distribuição das espécies. Nos costões, fatores como a herbivoria pelo caranguejo *Pachygrapsus transversus* e pelo gastrópode *Nodilittorina lineolata* sobre cianofíceas, controlando a ocorrência de algas efêmeras, pode estabelecer o limite superior destes organismos.

Os invertebrados que ocorrem no mesolitoral (médio litoral) estão sujeitos a períodos alternados de total emersão ou imersão em função da maré e da ação

das ondas. Esse gradiente ambiental acaba por gerar um aumento da biodiversidade. Um grande número de invertebrados bentônicos que ocorre nesta faixa do costão, tais como os crustáceos cirrípedes e os moluscos bivalves, obtém alimento removendo partículas em suspensão da água. A zona do mesolitoral se estende desde a faixa de *Chthamalus bisinuatus* (Figura II.5.2-16A) até o início da zona da alga feofíceia *Sargassum* e de ouriços do mar.

A parte superior é caracterizada pela dominância do cirrípede *Chthamalus bisinuatus*. Abaixo desta zona destaca-se a presença da espécie *Brachidontes solesianus* (Figura II.5.2-17A), principalmente em costões protegidos da ação das ondas. O cirrípede *Tetraclita stalactifera* (Figura II.5.2-17B), no entanto, é comum tanto em costões batidos como em protegidos, enquanto que a ocorrência do mexilhão *Perna perna* (Figura II.5.2-17C) restringe-se a locais expostos às ondas. Existe, ainda, a presença de gastrópodes raspadores, como *Collisella subrugosa* (Figura II.5.2-17D) e *Fissurella clenchi* e gastrópodes predadores de bivalves e cirrípedes, como o *Stramonita haemastoma*.

A zona do infralitoral estende-se desde o limite inferior do mesolitoral até o desaparecimento de macroalgas. Em termos de profundidade, sua posição é bastante variada. Em regiões de águas costeiras com alta turbidez, esta zona pode estar totalmente ausente, enquanto que em áreas com águas claras esta pode se estender até 268 metros. Porém, normalmente, considera-se que esta região estenda-se até 10-15 metros de profundidade.

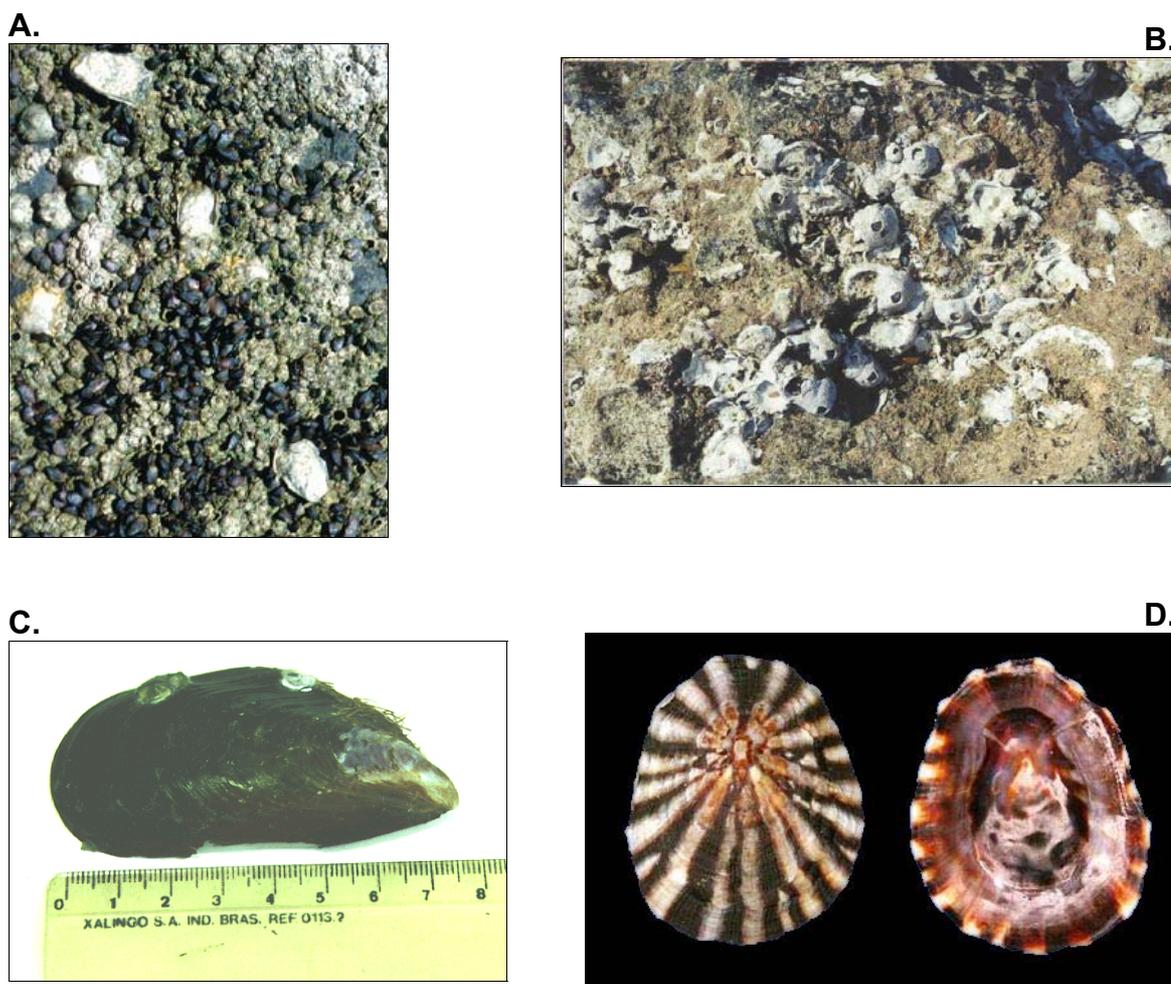


Figura II.5.2-17 - A - *Brachidontes solisianus* (*marisco*), B - *Tetraclita stalactifera*, C - *Perna perna* (*mexilhão*), D - *Collisella subrugosa*.

Fonte: <http://www.usp.br/cbm/artigos/galeria/mollusca/brachido.html> - <http://eebweb.arizona.edu/Marine/biology/bobo/thatchroof.jpg>
<http://www.furg.br/furg/depart/quimica/projext/tuba/perna.html> - <http://www.gastropods.com/s/Shell>

A vegetação desta região é consumida por herbívoros pertencentes a vários grupos taxonômicos, como, por exemplo, o molusco *Aplysia* (Figura II.5.2-18A), os ouriços-do-mar dos gêneros *Arbacia* (Figura II.5.2-18B), *Echinometra* (Figura II.5.2-18C) e *Paracentrotus* (Figura II.5.2-18D) e os peixes do gênero *Stegastes* (peixe-donzela) (Figura II.5.2-18E) e das famílias Acanthuridae (Figura II.5.2-18F) e Scaridae.



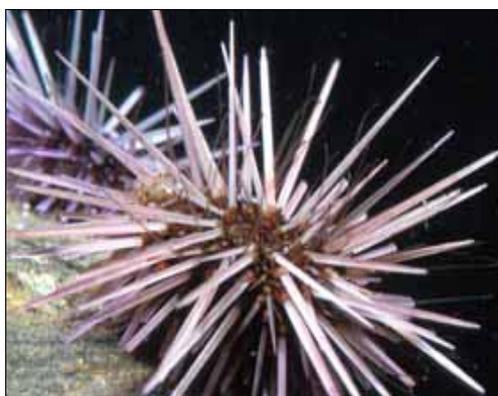
A - *Aplysia* sp. (*lesma do mar*)



B - *Arbacia lixula*



C - *Echinometra lucunter*



D - *Paracentrotus gaimardii*



E - *Stegastes variabilis* (peixe donzela)



F - *Acanthurus chirurgus* (peixe cirurgião)

Figura II.5.2-18 - Principais herbívoros dos costões rochosos da Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento .

Fonte: <http://brembs.net/learning/aplysia/>; <http://core.ecu.edu/biol/www.usp.br/cbm/artigos/galeria/echinoidea/>;
www.usp.br/cbm/artigos/ourico/ourico.html.

O infralitoral também é ocupado por hidrozoários da espécie *Millepora alcicornis* (Figura II.5.2-19A) e antozoários dos gêneros *Palythoa* (Figura II.5.2-19B) e *Zoanthus* (Figura II.5.2-19C).



Figura II.5.2-19 - A - *Millepora sp.*, B - *Palythoa variabilis* (esquerda), *P. caribaeorum* (direita) (baba-de-boi), C - *Zoanthus sp.*

Fonte: http://www.aquarium.net/1096/1096_2.shtml;
<http://www.usp.br/cbm/artigos/galeria/cnidaria/anthozoa/palythoa.html>;
<http://www.floridacollector.com/zoanthus.htm>

Na região de Cabo Frio, a zona do infralitoral inicia-se com a presença dos cirrípedes *Megabalanus coccopoma* e *M. tintinnabulum*, da anêmona *Bunodosoma caissarum* (Figura II.5.2-20) e dos ouriços *Abarcia lixula*, *Echinometra lucunter*, e *Paracentrotus gaimardii* (Figura II.5.2-18B, C e D), comuns nos locais sob forte impacto de ondas.



Figura II.5.2-20 - Anêmona *Bunodosoma caissarum*.

Fonte: <http://www.usp.br/cbm/artigos/galeria/cnidaria/anthozoa/caissarum.html>

Os dados apresentados no Anexo II.5-1 foram compilados dos trabalhos realizados por Castro *et al.* (1995), Machado *et al.* (1996), Ferreira *et al.* (2001), Costa *et al.* (2002), Oigman-Pszczol *et al.* (2004) e Rocha (2002).

- *Fitobentos*

Nos costões rochosos as macroalgas são organismos fotossintetizantes mais abundantes. A grande maioria das macroalgas vive fixa a um substrato consolidado, sobretudo rochas ou corais mortos, embora algumas espécies apresentem adaptações para crescerem sobre substratos não consolidados, como fundos areno-lodosos ou bancos de angiospermas marinhas (Oliveira, 2003).

Como qualquer outro organismo fotossintetizante, a distribuição vertical das algas é limitada pela penetração de luz em quantidade suficiente para equilibrar a respiração e manter os processos metabólicos e investimentos na reprodução (Kain & Norton, 1990).

Algumas espécies estão adaptadas para resistir a longos períodos de emersão e se tornam conspícuas nos períodos de marés baixas, formando bandas distintas de diferente composição florística. Outras algas não suportam exposição ao ar e vivem permanentemente submersas, algumas atingindo profundidades superiores a 100 (cem) metros, em regiões onde a água tem grande transparência (Oliveira, 2003).

Segundo a descrição de Coutinho (2002), apresentada a seguir, a região acima do supralitoral dos costões rochosos é caracterizada, de maneira geral, por coloração escura devido à presença de líquens, normalmente de espécies de *Verrucaria* (Figura II.5.2-21A) ou de cianofíceas dos gêneros *Calothrix* (Figura II.5.2-21B), *Entophysalis*, *Hyella*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Schizothrix* e *Scytonema*, entre outras.

Na zona do supralitoral é comum, também, a presença de outros tipos de algas, normalmente anuais, tais como as rodofíceas *Bangia* e *Porphyra* (Figura II.5.2-21C), a feofíceia *Hinksia* e a clorofíceia *Enteromorpha* (Figura II.5.2-21A). Em locais protegidos da luz, mas com alta umidade como fendas e cavernas, é

possível observar a presença de espécies da rodofícea *Audouinella* (= *Rhodochorton*) (Figura II.5.2-21D).

A zona do supralitoral caracteriza-se pela presença das algas cianofíceas endolíticas, isto é, que vivem dentro da rocha, e casmoendolíticas, que vivem em reentrâncias de rochas, incluindo espécies como *Gloeocapsa crepidiumi*, *Entophysalis granulosa*, *Pleurocapsa entophysalioides* e *Hyella caespitosa*.

Entre as macroalgas comumente encontradas na parte superior da zona do mesolitoral destacam-se as espécies de rodofíceas *Lithothamium* (Figura II.5.2-22A), *Centroceras* (Figura II.5.2-22B), *Ulva* (Figura II.5.2-22C) e *Hildenbrandia* e de clorofíceas como *Enteromorpha*, *Gelidiella* (Figura II.5.2-22D) e *Cladophora* (Figura II.5.2-22E). Na parte média e inferior do mesolitoral é comum a presença de uma flora mais rica, composta de espécies da clorofícea *Chaetomorpha*, da feofícea *Dictyota* e de rodofíceas como *Gigartina*, *Corallina* (Figura II.5.2-22F), *Laurencia*, *Polysiphonia*, *Acanthophora*, *Gracilaria*, *Hypnea* e *Jania*.

A.



B.



C.



D.

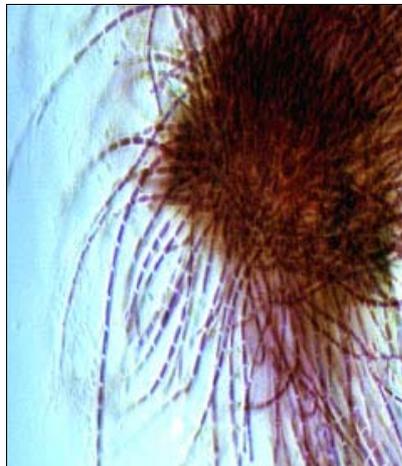


Figura II.5.2-21 - A – Rochas cobertas pelo líquen *Verrucaria sp.* (de cor escura) e pela clorofícea *Enteromorpha sp.*, B – Cianofícea *Calothrix sp.*, C e D – Rodofíceas *Porphyra sp.* e *Audouinella sp.*, respectivamente.

Fonte: <http://atelier.uarte.mct.pt/avencas/zonacao.htm>; http://chapmanlab.lsu.edu/alga_description/; www.solpugid.com/cabiota/porphyra_perforata.htm.

No padrão de distribuição de Cabo Frio, a parte superior do mesolitoral pode possuir, nos períodos de inverno e de primavera, a presença de algas rodofíceas pertencentes aos gêneros *Porphyra* e *Acanthophora* e a espécie *Bangia arthropurpurea*. A ocorrência de macroalgas tais como *Chaetomorpha antennina* (clorofícea) e *Levringia brasilienses* (feofíceas) restringe-se a locais expostos à ação das ondas. Em toda esta zona, é observada a presença das algas crostosas, como a rodofícea *Hildenbrandia rubra* e a feofícea *Ralfsia expansa*. A presença do caranguejo *Pachygrapsus sp.* na região do mesolitoral reduz, de maneira

significativa, a presença de algas foliáceas como a clorofíceas *Ulva* sp., especialmente em locais protegidos, onde este crustáceo é mais abundante.

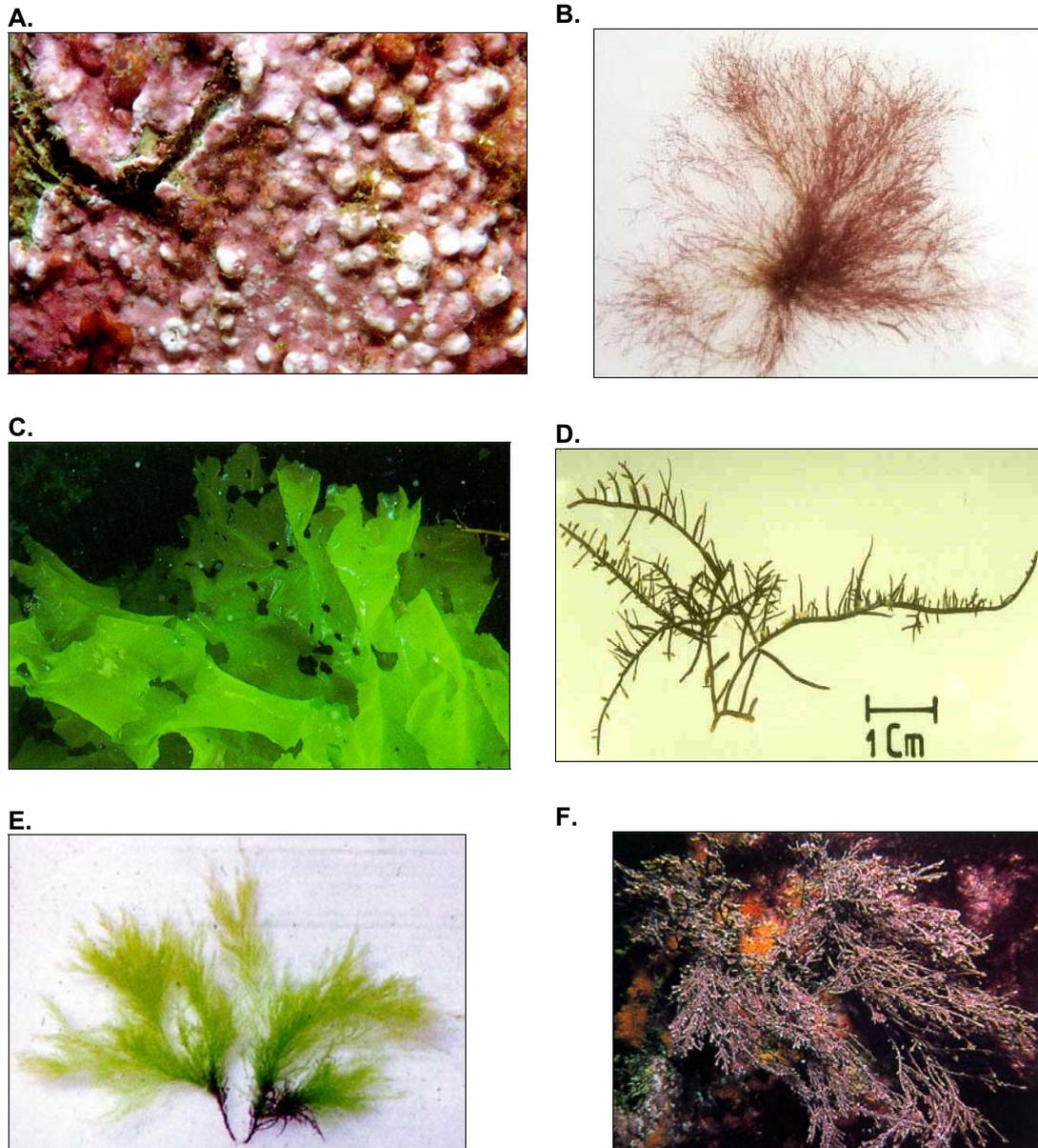


Figura II.5.2-22 - A – *Lithothamium* sp., B – *Centroceras clavulatum*, C - *Ulva lactuca*, D – *Gelidiella* sp., E – *Cladophora* sp., F – *Corallina officinalis*. Fonte: <http://www.horta.uac.pt/species/Algae/>

As macroalgas coralináceas incrustantes (rodofíceas) são dominantes em várias zonas do infralitoral, especialmente em locais onde a herbivoria é intensa (Villaça, 1988). Estas algas podem estar acompanhadas por tufo de outras algas

rodofíceas, como as dos gêneros *Jania*, *Ceramium*, *Polysiphonia*, *Centroceras*, *Hypnea*, *Laurencia*, *Galaxaura*, e da feofíceas *Padina*. O gênero *Sargassum* (feofíceas) é, provavelmente, o mais comum no infralitoral das regiões tropicais e subtropicais da costa brasileira, ocorrendo em grandes bancos que cobrem todo o substrato formado, geralmente, por um estrato de coralináceas incrustantes.

Nos locais influenciados pela ressurgência de Cabo Frio, é comum observar-se as rodofíceas *Pterocladia capillacea*, *Arthrocardia stephensonii* e *Centroceras clavulatum*. Uma grande variedade de macroalgas pode ser encontrada em costões protegidos, como as clorofíceas *Caulerpa racemosa* e *Ulva* sp., além das feofíceas *Dictyota* spp. e *Sargassum furcatum*.

De maneira geral, a zonação dos organismos bentônicos em costões rochosos reflete a interação de vários fatores em conjunto. Tal interação estabelece importantes limites de distribuição. Assim, a importância de cada fator, seja ele biótico ou abiótico, tem conseqüências nas características estruturais de cada comunidade bentônica.

A região do infralitoral superior é caracterizada por um grande número de macroalgas, que têm sua distribuição inferior limitada pela presença de ouriços e de peixes herbívoros (Villaça, 1988). Como fatores controladores do limite inferior de distribuição de espécies têm-se não só as interações biológicas, tais como herbivoria, predação, competição e recrutamento, como também os aspectos físicos. Águas com alta turbidez podem, por exemplo, reduzir a presença de algas na região do infralitoral. O mesmo pode ocorrer no limite superior do infralitoral com algumas espécies que vivem sob outras algas, ou em condições umbrófilas.

Os dados apresentados no Anexo II.5-2 foram compilados dos trabalhos realizados por Guimaraens & Coutinho (1996), Machado *et al.* (1996), Mitchell *et al.* (1979), Oigman-Pszczol *et al.* (2004), Rocha (2002) Teixeira *et al.* (1987), e Yoneshigue-Valentin & Valentin (1992).

Os dados relativos à área de influência da ressurgência de Cabo Frio, retirados de Yoneshigue-Valentin & Valentin (1992), também englobam dados de levantamentos de Arraial do Cabo e Búzios. Porém, essa listagem de táxons não se encontra separada por estações de coleta, optando-se por apresentar os táxons separadamente, para não haver perda de dados de ocorrências exclusivas para Arraial do Cabo e Armação dos Búzios.