

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

GEOVÂNIA DONADIA

**VARIAÇÃO ESPACIAL NO RECRUTAMENTO DE GASTRÓPODES EM
AMBIENTES RECIFAIS TROPICAIS**

VITÓRIA
2019

GEOVÂNIA DONADIA

**VARIAÇÃO ESPACIAL NO RECRUTAMENTO DE GASTRÓPODES EM
AMBIENTES RECIFAIS TROPICAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Oceanografia e Ecologia do centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Fraga Bernardino

Co-Orientador(a): Dr^a Ana Carolina de A. Mazzuco

VITÓRIA

2019

GEOVÂNIA DONADIA

**VARIAÇÕES NO RECRUTAMENTO DE GASTRÓPODES EM AMBIENTES
RECIFAIS TROPICAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Oceanografia e Ecologia do centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. (Dr° Angelo Fraga Bernardino)

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

Prof. (Drª Ana Carolina de A. Mazzuco)

Universidade Federal do Espírito Santo

Co-Orientadora

Prof. (Dr° Agnaldo Silva Martins)

Universidade Federal do Espírito Santo

Vitória, 5 de dezembro de 2019

Dedico

À minha mãe, meu pai, ao meu filho e ao meu marido,
pelo incentivo, confiança, dedicação e carinho, não só
durante esta etapa, mas em todos os momentos da
minha vida!

Tudo o que alcancei até hoje devo a vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que na sua infinita bondade e sabedoria nos guia para aquilo que é necessário ao nosso aprendizado e conhecimento em nossa vida.

Aos meus pais pelo amor, incentivo e todo apoio ao longo da minha vida.

Ao meu esposo Jomir, que esteve presente em todos os momentos dessa etapa, pessoa com quem aprendi o valor da dedicação e da perseverança, que sempre me apoiou e acreditou em mim.

Ao meu filho Heitor, que nasceu no início da graduação, e esteve ao meu lado por todo o tempo, inclusive participou de muitas aulas. E pela energia incrível que esse menino possui.

A minha co-orientadora Ana Mazzuco, sem ela eu não teria feito essa pesquisa, pelo apoio e pela ajuda desde o início até o final, pelo suporte, correções e incentivo, pela paciência, dedicação e por todo ensinamento a mim transmitido.

Ao meu orientador Ângelo Bernardino pela oportunidade e orientação.

A todos meus professores da graduação pelo conhecimento transmitido, em especial aos que permitiram o Heitor participar das aulas.

Aos colegas do curso, em especial os mais próximos (não citarei nomes por medo de esquecer alguém), pelos momentos de aprendizado, pelos cuidados com o Heitor na sala de aula e também fora dela, pelas alegrias compartilhadas e também momentos de desespero. E em especial, muito especial a Jennifer, pessoa maravilhosa, que esteve comigo a maior parte do tempo durante a graduação, compartilhando conhecimento, me tranquilizando nos momentos de inquietação.

À Raphaela Rabelo pelas muitas vezes que me ajudou pegando o Heitor na CRIARTE nos dias em que eu tinha aula até meio dia. Foi de grande contribuição.

Ao Fox, pela ajuda com o mapa da área de estudo.

Aos colegas do laboratório de ecologia bêntica.

A Universidade pelo espaço a mim concedido.

Aos membros da banca, a todos os presentes, e todos os que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

Resumo

Ambientes recifais são potenciais berçários para espécies marinhas costeiras e oceânicas, atraindo larvas, facilitando o recrutamento e oferecendo proteção para os estágios juvenis de espécies com importância econômica e ecológica. O sucesso dessas comunidades depende do suprimento e sobrevivência dos estágios juvenis, que variam no espaço e tempo em resposta à flutuações ambientais. Este estudo avaliou diferenças na abundância, riqueza e diversidade no recrutamento de gastrópodes e associação com condições oceanográficas, entre quatro sítios localizados em uma área de proteção ambiental marinha, ao longo de 30kms de recifes, durante um ano através de coleta mensal de recrutas nos bancos de macroalgas do infralitoral e monitoramento da temperatura, salinidade e concentração de clorofila-a da superfície do mar. Os resultados mostraram que o recrutamento de gastrópode variou entre os meses e os sítios amostrados, sendo maior no verão e menor no inverno, com uma maior abundância nos sítios de Coqueiral e Gramuté. A riqueza e diversidade de recrutas apresentaram variação significativa apenas entre os meses, sendo maior no inverno para diversidade e sem tendência sazonal para riqueza. As diferenças observadas no recrutamento não estão associadas aos fatores ambientais monitorados, podendo ser relacionadas a fatores biológicos como sazonalidade na reprodução. Os resultados deste estudo contribuirão para compreensão da dinâmica larval em sistemas recifais tropicais na costa brasileira, como forma de estimar áreas potenciais de berçários para espécies marinhas.

Palavras-chave: recrutamento, variação espaço-temporal, recifes tropicais, APA Costa das Algas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo com localização dos pontos de coleta.....	12
Figura 2: Condições oceanográficas caracterizadas por temperatura da superfície do mar (TSM) (a) , salinidade (b) e clorofila-a (c).	14
Figura 3: Mapa de concentração média de clorofila-a.	15
Figura 4: Variação mensal da abundância (a), índice de diversidade de Shannon Wiener (b) e riqueza (c) (média ± erro padrão), de recrutadas em cada sítio amostrado.	15
Figura 5: Resultados da análise canônica das coordenadas principais (CAP) avaliando a relação entre as diferenças na composição da assembléia de gastrópodes e a contribuição das condições oceanográficas (temperaturas da superfície do mar SST (F = 1.85, p = 0.166), concentração de clorofila-a (F = 0.47, p = 0.641), e salinidade (F = 0.35, p = 0.738)). Vetores são baseados em valores de correlação de Spearman > 0,5 (p <0,5) para variáveis ambientais. A proporção de dados explicados pelos eixos 1 e 2 está entre parênteses.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado das análises de variância para avaliar as diferenças no recrutamento de gastrópodes (abundância., riqueza., e diversidade.) entre sítios e meses. gl: graus de liberdade. SQ: soma dos quadrados. QM: quadrado médio. * para os resultados significativos ($p < 0.05$).	25
Tabela 2: Resultados das comparações de Tukey HSD em pares para avaliar diferenças na abundância entre sítios amostrados.....	26
Tabela 3: Resultado das comparações de Tukey HSD para avaliar a significância da diferença da abundância entre os meses amostrados.....	27
Tabela 4: Resultado das comparações de Tukey HSD para avaliar a diferença da riqueza entre os meses amostrados.	28
Tabela 5: Resultado das comparações de Tukey HSD para avaliar diferença na diversidade entre os meses amostrados.....	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	11
2.1 Área de estudo	11
2.2 Métodos de Amostragem	12
2.2.1 Variáveis Bióticas/ Macrofauna Bentônica	12
2.2.2 Variáveis Abióticas/ Descrição das Condições Ambientais	13
2.2.3 Análises Estatísticas	13
3. RESULTADOS	14
3.1. Condições oceanográficas	14
3.2. Recrutamento	15
3.3. Relação recrutamento e condições oceanográficas	17
4 – Discussão	18
5 – Conclusão	20
6. REFERÊNCIAS	21
ANEXO 1 – TABELAS	25

1.INTRODUÇÃO

Ambientes recifais são ecossistemas de singular importância na produtividade biológica marinha (CONNELL, 1978). Os recifes estão distribuídos ao longo das áreas costeiras, cerca de 0,2% da área oceânica mundial (CASTRO; HUBER, 2012), onde a geomorfologia e espécies bioconstrutoras proporcionam habitats favoráveis para o desenvolvimento de uma comunidade bentônica rica e diversa (e.g. HICKMAM et al., 2004; ABURTO-OROPEZA; BALART, 2001). A enorme diversidade e abundância de organismos existentes nesses ambientes gera uma complexa rede de interações (ZILBERBERG et al., 2016). Dentre as funções ecológicas, o substrato consolidado presente nos recifes disponibiliza um habitat que atrai larvas e favorece o recrutamento de várias espécies de invertebrados e peixes (GLASBY, 2001). Sucessões contínuas, associação e interação entre a fauna e flora tornam os recifes espaços heterogêneos (FERNANDES, 2014).

A maioria das espécies de invertebrados bentônicos apresenta uma fase larval planctônica (THORSON, 1950 e 1964). É a fase do ciclo de vida onde ocorre o transporte para outros sítios, podendo resultar em dispersão e ampliação da distribuição geográfica. (ABELSON; DENNY, 1997; KOETTKER, 2008). As larvas meroplancônicas permanecem períodos significativos no ambiente pelágico, desde horas até meses, sendo que os gastrópodes podem ficar de horas até vários dias (LEVIN; BRIDGES, 1995; YOUNG 2002). Neste período, as larvas aproveitam as correntes oceânicas para dispersar, mas também é quando há maiores riscos à sobrevivência devido à pressão de predação, alterações bruscas do ambiente físico-químico e o deslocamento para ambientes não apropriados para o assentamento (PINEDA et al, 2007). O assentamento inicia a partir da busca por um ambiente adequado para completar o ciclo de vida e cessa com a metamorfose no ambiente bentônico (RODRIGUEZ et al., 1993). O recrutamento ocorre quando há sobrevivência dos indivíduos assentados e incorporação dos mesmos na população bentônica, sendo determinante para estrutura da comunidade (CALEY et al., 1996).

A disponibilidade de larvas e variações nas taxas de assentamento e recrutamento controlam a dinâmica e a sucessão ecológica na comunidade adulta, através principalmente da regulação da estrutura da comunidade e da força das relações interespecíficas (UNDERWOOD; ANDERSON, 1994; NAVARRETE et al., 2008). Por exemplo, ambientes bentônicos de alta diversidade e abundância de organismos

recebem um grande aporte de larvas e ocorrem interações complexas pós-assentamento (WHITE, 2008). Por outro lado, locais de baixa disponibilidade larval apresentam uma continuidade entre os padrões na comunidade adulta e as tendências de variabilidade das taxas de recrutamento, ambas correlacionadas com flutuações no pelagial (e.g. NAVARRETE et al., 2005).

A distribuição relativamente próxima da linha de costa podem aumentar a intensidade e as fontes de perturbação potenciais sobre as comunidades recifais, inclusive sobre os estágios juvenis. Os estágios larvais e recrutas de invertebrados de ambientes bentônicos são afetados por essas perturbações, o que tende a refletir sobre a dinâmica da comunidade adulta em curto e longo prazo (e.g. MENGE et al., 2009). Diferenças espaciais entre ambientes recifais no recrutamento variam em diferentes escalas, registradas desde metros a dezenas de quilômetros, (PINEDA et al, 2007), sendo influenciadas principalmente pelas características físico-químicas (e.g. HAMPEL et al., 2003) e pelas interações biológicas (e.g. predação e competição) (BAZAIËRI et al., 2003; APOLINÁRIO, 1999). Em zonas tropicais, as ameaças relacionadas às mudanças climáticas globais podem se sobrepor à outras variáveis ambientais na regulação da dinâmica ecológica (IPCC 2014). Na escala local, as perturbações climáticas se misturam ao aumento dos níveis de poluição e degradação do fundo marinho por pesca e exploração de recursos minerais, com efeitos negativos sobre os recursos biológicos de status muitas vezes irreversível (ZILBERBERG et al., 2016).

A costa atlântica brasileira possui costões rochosos em toda sua extensão, porém é amplamente diversificada na sua estrutura física rochosa e clima de cada região (BERNARDINO et al., 2015). Os recifes rochosos (terraço de abrasão e/ou arenito de praia) são couraças lateríticas constituídas de sedimentos oriundos do continente associados à Formação Barreiras que ocorrem desde o Rio de Janeiro até a região até o Pará (GHILARDI-LOPES, 2012; ALBINO, 1999, ALBINO et al., 2016), os quais são bastante complexos no que diz respeito à topografia e ainda são pouco estudados quando comparados aos recifes de granito (COUTINHO et al. 2016). Os recifes lateríticos apresentam substrato altamente erodido, com numerosos orifícios e tocas, resultando em uma enorme diversidade de micro habitats e, por conseguinte uma alta biodiversidade (GHILARDI-LOPES, 2012; VILLAÇA, 2002). Nesses ambientes, os bancos de *Sargassum sp* são abundantes (ESTON et al., 1986; ESTON; BUSSAB,

1990), principalmente no limite inferior do mesolitoral, mas podendo se estender até 100 metros de profundidade (XAVIER, 2000). Nos frondes *Sargassum sp* há associação de uma diversidade de organismos, dentre esses, os mais estudados e os mais abundantes são os crustáceos e os moluscos (JONES, 1988; GÜTH, 2004). A maioria dos moluscos que compõem essa associação são gastrópodes e bivalves, os quais encontram abrigo, proteção e alimento nos bancos de macroalgas (WORTHINGTON; FAIRWEATHER, 1989). Gastrópoda é a classe mais diversa e rica em número de espécies do filo Mollusca (BRUSCA; BRUSCA, 2007), sendo um grupo muito abundante em ambientes recifais onde tem papel importante como predador e forrageador (MIKKELSEN; CRACRAFT, 2001). O recrutamento de gastrópode na macroalga *sargassum sp.* está associada a abrigo e alimento, uma vez que os indivíduos encontram local para assentamento e colonização (GÜTH, 2004).

Considerando a importância potencial de ambientes recifais para a produtividade costeira e serviços ecossistêmicos no Atlântico Sul e dos gastrópodes como modelos ecológicos nesses sistemas, este estudo avaliou a associação entre condições oceano-climáticas e recrutamento de gastrópodes bentônicos em ambientes recifais dentro de uma região de proteção marinha. Esta avaliação foi realizada através da quantificação da variação mensal da abundância, diversidade e riqueza de recrutas de gastrópodes em diferentes recifes costeiros e da avaliação da associação com flutuações oceanográficas. Testou-se a hipótese que o recrutamento se concentra em alguns sítios, sendo a tendência de variação espacial persistente ao longo do ano e correlacionada às condições ambientais locais. Os resultados deste estudo contribuirão para compreensão da dinâmica larval em sistemas recifais tropicais na costa brasileira, como forma de estimar áreas potenciais de berçários para espécies marinhas.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido em quatro sítios (“Coqueiral, Lat. 19° 56' 8.88" S Long. 40° 7' 37.2" W; Gramuté, Lat. 19° 57' 58.68" S Long. 40° 8' 2.4" W; Enseada das Garças, Lat. 20° 2' 12.84" S Long. 40° 9' 50.4" W; e Costa Bela, Lat. 20° 07' 26.03" S Long. 40° 17' 51.53" W") localizados na região da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas, área de estudo do PELD Hábitats Costeiros no Espírito Santo (CNPq/FAPES)(Figura1).

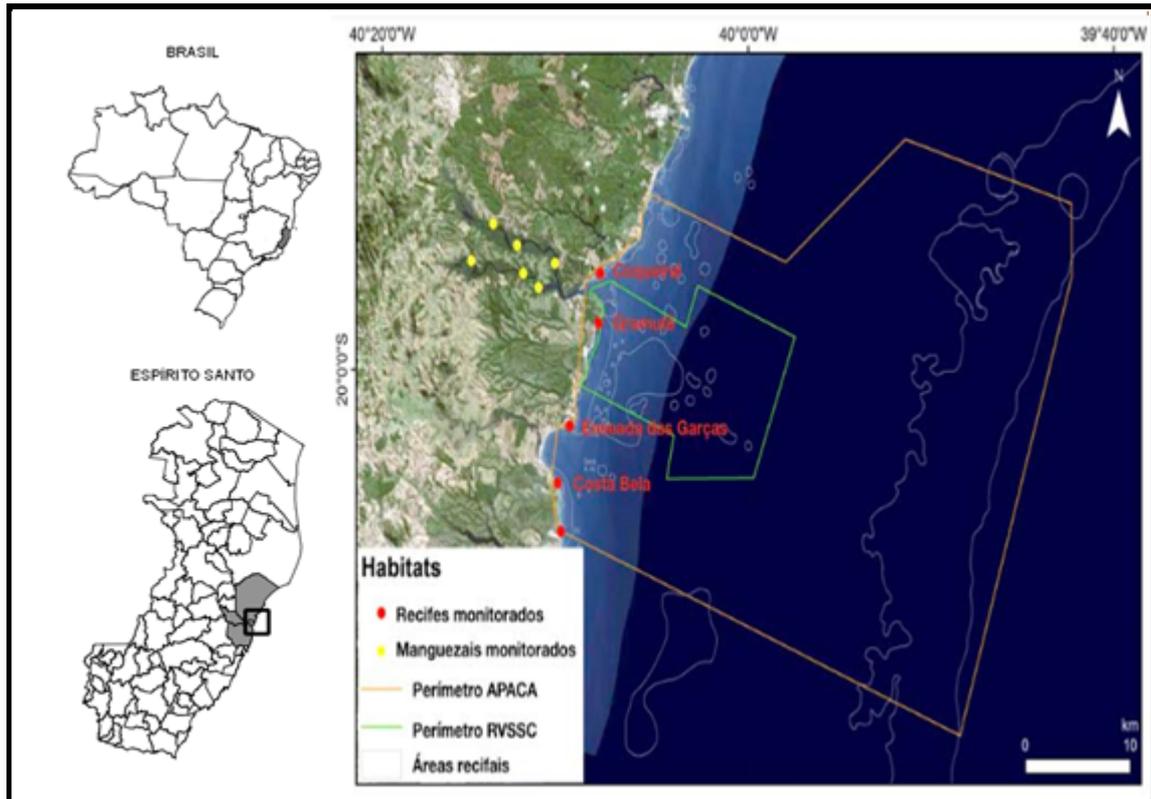


Figura 1: Mapa da área de estudo com localização dos pontos de coleta.

Esta região costeira é caracterizada pela alternância entre praias arenosas e recifes lateríticos, com a presença de bancos de rodolitos em áreas mais profundas (ALBINO et al., 2016). O regime de ventos predominante é E-NE e a média da altura de ondas é de 1,6 a 2,2m (PIANCA et al., 2010). O clima na região é tropical litorâneo, com média anual de volume de chuva de 100-200 mm, sendo menor no inverno (julho a setembro) e maior no verão (dezembro a fevereiro) (BERNARDINO et al., 2015). As médias anuais de temperatura atmosférica variam entre 22 a 24°C, com mínimas de 12 a 16°C na passagem de frentes frias (CPTEC/INPE 2014). Os sítios amostrais são similares em aspectos geomorfológicos (i.e. presença de recifes lateríticos), hidrodinâmicos (i.e. exposição moderada às ondas) e nível de ação antrópica (i.e. próximo de pequenos assentamentos urbanos).

2.2 Métodos de Amostragem

2.2.1 Variáveis Bióticas/ Macrofauna Bentônica

Amostras de frondes de *Sargassum sp.* de aproximadamente 250 g para busca de recrutas foram coletadas mensalmente durante um ano (maio de 2017 a abril de 2018). Em cada mês foram coletadas cinco amostras aleatórias em poças de marés, na zona inferior do mesolitoral durante a baixa mar, no período matutino, em marés

de sizígia. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, transportadas ao laboratório e congeladas a -20°C por um período de no mínimo 24 horas até o processamento. As algas coletadas foram lavadas em água doce, e os recrutas assentados maiores que $100\mu\text{m}$ foram separados com uma peneira de tela de metal calibrada e as amostras preservadas em álcool 70%. Os recrutas foram identificados e contados sob estereomicroscópio. No momento da triagem, as amostras foram divididas em duas partes, uma parte com organismos maiores que $500\mu\text{m}$, e outra parte com indivíduos menores do que $500\mu\text{m}$, para facilitar a identificação e contagem dos recrutas, por ser feito com zoom óptico diferenciado. Dentre a fauna presente nas macroalgas coletadas, recrutas (pós-larvas, assentados e juvenis) e adultos foram diferenciados com base no tamanho e características morfológicas.

2.2.2 Variáveis Abióticas/ Descrição das Condições Ambientais

As condições ambientais nos recifes foram monitoradas através das concentrações de clorofila-a, obtidas por sensoriamento remoto a partir de radiômetros no satélite (Modis-Aqua, GIOVANNI database, ACKER; LEPTOUKH, 2007) na frequência de 8 dias, e a cada 4Km^2 . A temperatura da superfície do mar (TSM) foi adquirida numa frequência diária (média mensal) e ao longo de uma grade de $0,25^{\circ}$ de latitude x $0,25^{\circ}$ de longitude, a partir da análise combinada da alta resolução do NOAA da SST diária (REYNOLDS et al., 2007). A salinidade oceânica foi obtida a partir do radiômetro de imagem de micro-ondas nos satélites da missão SMOS (CATDS data base, JACQUETTE et al., 2010), em uma frequência de 10 dias, e uma grade de $0,25^{\circ}$ de latitude x $0,25^{\circ}$ de longitude.

2.2.3 Análises Estatísticas

Variações nas condições oceanográficas foram descritas visualmente usando médias mensais para o sítio e para a região. O recrutamento foi analisado em relação à abundância (total e por espécies) [recrutas por kg de algas], diversidade [índice de Shannon-Wiener] e riqueza [número de taxa] em cada local e em cada período amostrado.

A variabilidade espacial e temporal nas condições oceanográficas e no recrutamento foram avaliados por análise de variância (ANOVA) com replicações balanceadas (UNDERWOOD, 1997) para os parâmetros univariados. As análises testaram as

diferenças entre sítios (fator fixo, com 4 níveis) e entre meses (fator fixo, com 9 níveis). Alguns meses foram eliminados das análises por ausência de replicagem suficiente. Para os resultados significativos das ANOVAs, foram realizados testes de Tukey HSD (TUKEY, 1949) para as comparações pareadas a posteriori.

A relação entre recrutamento e condições oceanográficas foi avaliada usando uma análise canônica de coordenadas principais (ANDERSON; WILLIS, 2003, QUINTANA et al., 2015), comparando médias mensais de condições oceanográficas regionais e recrutamento de assembleias.

3. RESULTADOS

3.1. Condições oceanográficas

As condições oceanográficas temperatura, salinidade e concentrações de clorofila-a variaram ao longo dos meses amostrados (Figura 2). Observa-se que as temperaturas mais altas ($> 26^{\circ}\text{C}$) e concentrações de clorofila-a mais baixas ($1,5\text{ mg de m}^3$) ocorreram nos meses de verão. As concentrações máximas de clorofila-a (3 mg de m^3) foram registradas no final do inverno e primavera (Figura 2a), quando a temperaturas da superfície do mar estava mais baixas (média de 24°C) (Figura 2b). A salinidade oceânica foi mais alta em agosto e fevereiro e mais baixa em março (Figura 2c).

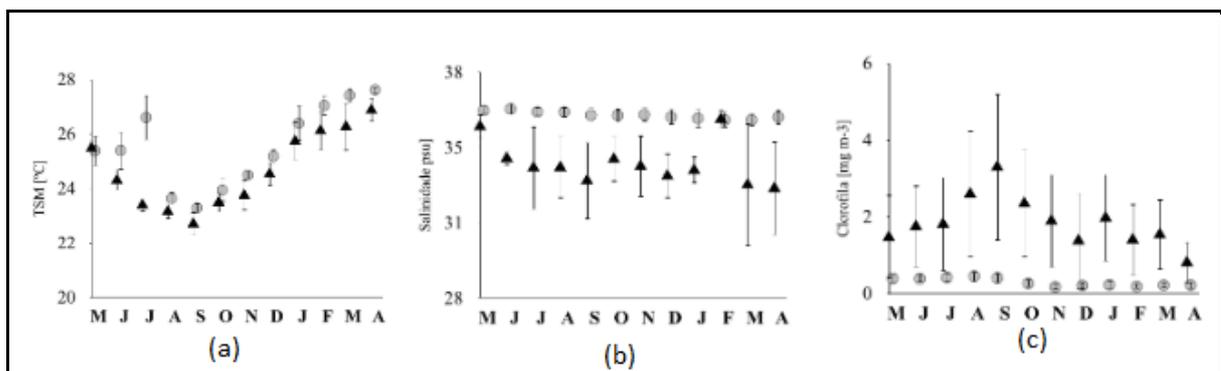


Figura 2: Condições oceanográficas caracterizadas por temperatura da superfície do mar (TSM) (a), salinidade (b) e clorofila-a (c). Nota: Representação dos símbolos: Triângulo - regional (4-30 Km), Círculo - meso-escala (100 km).

As imagens de concentração de clorofila-a foram adquiridas e processadas através de bases de dados globais geradas por sensoriamento remoto, sendo que a maior concentração encontra-se no sítio de Coqueiral com valores entre $3,9\text{ mg/m}^3$ e $4,8\text{ mg/m}^3$ e a menor concentração no sítio de Costa Bela com valores entre $2,7\text{ mg/m}^3$ e $3,5\text{ mg/m}^3$ (Figura 3).

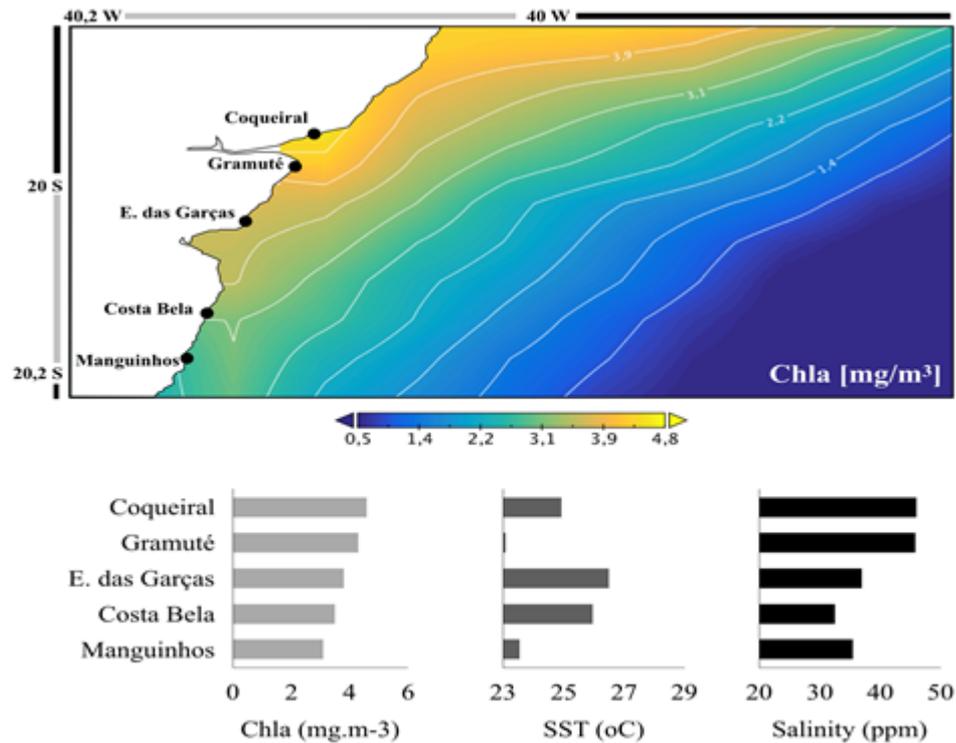


Figura 3: Mapa de concentração média de clorofila-a.

3.2. Recrutamento

Observou-se uma diversidade de espécies da classe gastropoda entre elas: *Nudibranchia*, *Aplysia*, *Fissurella*, *Columbella mercatoria*, *Nodilittorina lineolata*, *Cerithium atratum*, *Cerithiidae*, *Mitrella dichroa*, *Anachis fenneli*, *Tegula viridula*, *Rissoella ornata*, *Eulithidium affine*, *Costoanachis sertulariarum*, *Costoanachis sparsa*, *Astyris lunata*, *Amphithalamus glabus*, *Bittium varium*, *Boonea jadisi*, *Calliostoma sp*, *Assiminea succinea*.

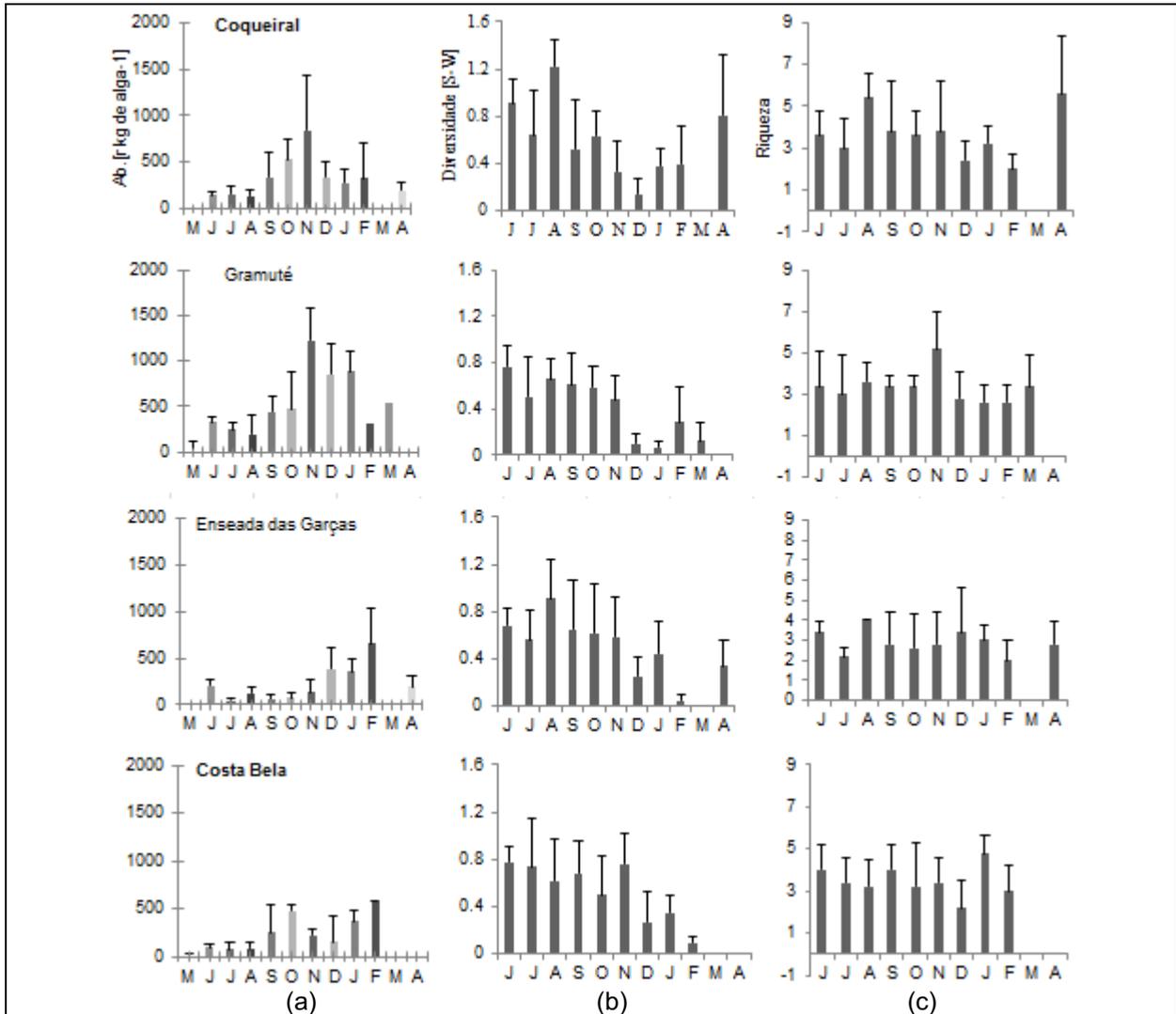


Figura 4: Variação mensal da abundância (a), índice de diversidade de Shannon Wiener (b) e riqueza (c) (média \pm erro padrão), de recrutas em cada sítio amostrado.

A abundância de recrutas (figura 4a) variou entre os meses e os sítios amostrados (meses $F = 15.37$, $p < 0.0001$, sítio $F = 3.65$, $p = 0.0267$; **Tabela 1**). Os sítios Coqueiral e Gramuté apresentaram um aumento do recrutamento na primavera com máximo em novembro, atingindo mais de 1200 recrutas por kg de alga e permaneceu alto nos meses seguintes. Os outros sítios Enseada das Garças e Costa Bela apresentaram um aumento do recrutamento apenas no verão, com máximo em fevereiro, atingindo 653 recrutas por kg de alga em Enseada das Garças e 576 recrutas por Kg de alga em Costa Bela, menor se comparado aos outros dois sítios. Em todos os sítios o período de menor abundância de recrutas foi no inverno com a menor abundância no mês de julho, com a média mínima de 128 recrutas por kg de alga.

O resultado de Tukey para avaliar a significância das diferenças na abundância de recrutas entre os sítios amostrados revelaram que Gramuté é o sítio significativamente

diferente dos demais ($p = 0.000044$; **Tabela 2**). Em relação à diferença de abundância entre os meses amostrados, a maior diferença foi entre o mês de novembro comparado com junho, julho e agosto ($p < 0,05$; **Tabela 3**).

A riqueza não variou entre sítios amostrados, mas a variação entre meses foi significativa ($F = 2.09$, $p = 0.0394$; **Tabela 1, Figura 4c**), com maior riqueza em agosto e abril em Coqueiral, novembro em Gramuté, abril em Enseada das Garças e janeiro em Costa Bela, e a menor riqueza ocorreu no verão em Coqueiral e Gramuté, junho e fevereiro em Enseada das Garças e dezembro em Costa Bela. O teste de Tukey mostrou que a maior diferença de riqueza de recrutas foi entre os meses de fevereiro e agosto ($p > 0,05$) (**Tabela 4**).

A diversidade variou apenas entre os meses amostrados, onde a maior diversidade ocorreu no inverno e a menor no verão ($F = 16.70$, $p < 0.0001$; **Tabela 1**), em todos os sítios estudados. O teste de Tukey mostrou que a diferença mais significativa foi entre o mês de dezembro e os demais, entre o mês de janeiro comparado com junho e agosto, e entre fevereiro comparado com junho, julho, agosto e outubro. Resultando que o período do verão é significativamente diferente dos demais (**Tabela 5**).

3.3. Relação recrutamento e condições oceanográficas

As diferenças na composição da assembléia de recrutas entre os meses não está associada às variações nas condições oceanográficas avaliadas ($p > 0.05$; Figura 5). A partir do gráfico pode-se observar que há uma similaridade no padrão de assembléias de recrutas entre novembro a março e entre abril a outubro. Esse padrão difere um do outro, ou seja, do final da primavera, verão e início de outono o padrão da assembleias de recrutas é bem diferente dos outros períodos (Figura 5).

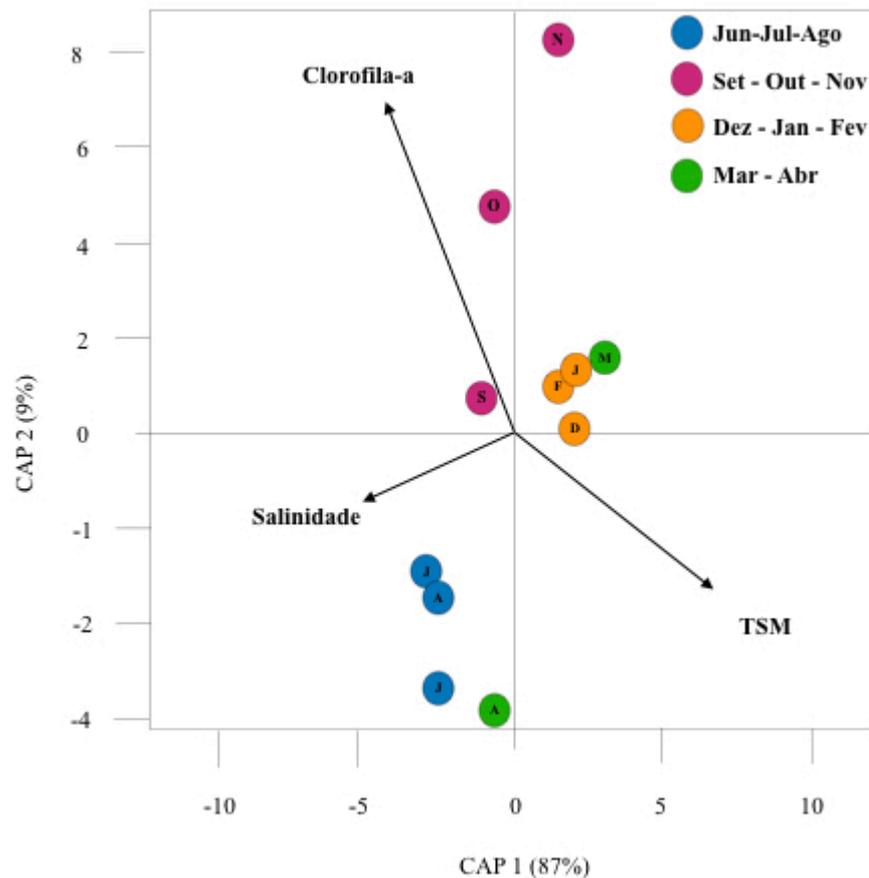


Figura 5: Resultados da análise canônica das coordenadas principais (CAP) avaliando a relação entre as diferenças na composição da assembléia de gastrópodes e a contribuição das condições oceanográficas (temperaturas da superfície do mar SST ($F = 1.85$, $p = 0.166$), concentração de clorofila-a ($F = 0.47$, $p = 0.641$), e salinidade ($F = 0.35$, $p = 0.738$)). Vetores são baseados em valores de correlação de Spearman $> 0,5$ ($p < 0,5$) para variáveis ambientais. A proporção de dados explicados pelos eixos 1 e 2 está entre parênteses.

4 – Discussão

O presente estudo fornece dados sobre abundância, diversidade e riqueza na composição da assembléia de Gastrópodes na região da APA Costa das Algas e a relação entre as diferenças dessa composição. Os resultados obtidos mostram que o recrutamento de gastrópode em macroalgas *Sargassum sp*, teve variação significativa na abundância entre os meses e os sítios amostrados, já a variação na riqueza e diversidade teve significância apenas entre os meses.

A maior abundância de recrutas foi registrada nos meses da primavera e verão, podendo estar associado ao aumento gradativo da temperatura da água do mar e ausência ou baixa frequência de entradas de frente frias. Por outro lado, os resultados com uma baixa abundância no período de inverno, deve-se possivelmente à maior

frequência de entradas de frentes frias, com ondas mais intensas, o que pode reduzir a sobrevivência dos recrutas (ZARDI et al., 2007). A colisão da onda impede ou dificulta o assentamento de larvas (LEWIS, 1968; OLIVEIRA-FILHO; MAYAL, 1976). Importante ressaltar que a ação das ondas nas regiões costeiras é um dos fatores que regula a biodiversidade, podendo influenciar as características morfológicas e fisiológicas dos organismos (LEVINTON, 1995; DUARTE; GUERRAZZI, 2004) e estabelecer a estrutura da comunidade bentônica (BUSTAMANTE; BRANCH, 1996). Períodos em que a ação das ondas está em níveis intermediários pode favorecer o suprimento larval (NAVARRETE et al., 2015), aumentando assim o recrutamento, neste caso podendo ser o caso dos meses de primavera e verão, quando a influência do swell é menor.

Em relação aos sítios amostrados a maior abundância ocorre em Gramuté, sendo possivelmente devido a um habitat mais favorável para o assentamento de larvas e um melhor provimento de alimentos, podendo ser um local de ação intermediária de ondas, comparados com os outros sítios da área de estudo.

Os resultados mostraram que a diferença na diversidade e riqueza de recrutas entre os meses amostrados foram significativas, e que as oscilações ambientais monitoradas como mudança na temperatura da água do mar, salinidade e concentração de clorofila-a não tiveram significância na alteração da mesma, sendo que o esperado era ter efeito dessas condições ambientais.

O que pode ter influenciado nesta diferença da riqueza e diversidade são os fatores biológicos como sazonalidade reprodutiva, uma vez que, cada espécie possui uma época para reprodução, conseqüentemente épocas diferentes para o recrutamento, sugerindo que uma ou poucas espécies tiveram recrutamento no verão e que no inverno tiveram muitas espécies recrutando, porém, com menor abundância, outros fatores como competição, taxa de mortalidade pós-assentamento, disponibilidade de recursos alimentares e predação também podem ter induzido essa diferença. A distribuição e riqueza de moluscos associados à macroalgas podem variar espacial e temporalmente (MASUNARI, 1982; JACOBUCCI et al., 2006), isso devido a biomassa (SANCHES-MOYANO, et al., 2001), áreas ou períodos com maiores concentrações de macroalgas podem apresentar maior riqueza, diversidade e densidade de moluscos, isso pode ter ocasionado essa diferença de riqueza e diversidade nos períodos amostrados.

A partir dos resultados da análise canônica das coordenadas principais (CAP) pode-se verificar que as variáveis físicas relacionadas não foram significativas no recrutamento, e que o período do verão é significativamente diferente dos demais. O assentamento e/ou recrutamento pode ter sido influenciado possivelmente por outras variáveis, tanto física, biológica ou química, como por exemplo, predação, quantidade de alga, comportamento da comunidade adulta, presença de um predador, microclima, entre outros.

5 – Conclusão

Para concluir, o estudo mostrou que há diferença espacial e temporal no recrutamento de gastrópodes. A abundância apresentou variações significativas nos meses e sítios amostrados, sendo maior no verão e menor no inverno em todos os sítios. A riqueza e diversidade não apresentaram variações significativas entre os sítios, porém variou significativamente entre os meses amostrados, dado que a diversidade foi maior no inverno e menor no verão em todos os sítios, e a riqueza não apresentou tendência sazonal. O estudo mostrou que as condições oceanográficas monitoradas não tiveram relação com o recrutamento, porém mostrou que o período do verão é significativamente diferente dos demais.

6. REFERÊNCIAS

- ABELSON, A., DENNY, M. (1997). **Settlement of Marine Organisms in Flow**. Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 28 (1997), pp. 317-339.
- ABURTO-OROPEZA, O., BALART, E.F. **Community structure of reef fish in several habitats of a rocky reef in the Gulf of California**. Marine Ecology, Pubblicazioni de la Stazione Zoologica di Napoli I, 22(4): 283-305. doi: 10.1046/j.1439-0485.2001.01747.x, 2001.
- ACKER, J. G., LEPTOUKH, G., 2007. **Online analysis enhances use of NASA earth science data**. Eos. Trans. AGU 88(2),14–17. doi: 10.1029/2007 E O'020003
- ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES**. 1999. 175 f. Tese (Doutorado em geologia sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1999
- ALBINO, J., NETO, N.C., OLIVEIRA, T.C. **The Beaches of Espírito Santo**. In book: Brazilian Beach Systems, Edition: 1, Chapter: The Beaches of Espírito Santo, Publisher: Springer International Publishing, Editors: Andrew D. Short, Antonio H.F. Klein, pp.333-361, 2016.
- ANDERSON, M.J., WILLIS, T.J., 2003 **Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology**. Ecology 84, 511–525. doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[0511:CAOPCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[0511:CAOPCA]2.0.CO;2)
- APOLINÁRIO, M. 1999. **The role of pre-recruitment processes in the maintenance of a barnacle (*Chthamalus challengerii* HOECK) patch on an intertidal pebble shore in Japan**. Revista Brasileira de Biologia, 59(2): 225-237
- BAZAIRI, H.; BAYED, A.; GLÉMAREC, M.; HILY, C. (2003) **Spatial Organization of Macrozoobenthic Communities in Response to Environmental Factors in a Coastal Lagoon of the NW African Coastal** (Merja Zerga, Morocco). Oceanologica Acta, v. 26, p. 457-471.
- BERNARDINO, A.F et al. **Predicting ecological changes on benthic estuarine assemblages through decadal climate trends along Brazilian Marine Ecoregions**. Estuarine Coastal and Shelf Science, 166: 74-82. Doi: 10.1016/j.ecss.2015.05.021, 2015.
- BRUSCA, R. C. & BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2ª. Edição, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 1098 p. 2007.
- BUSTAMANTE; BRANCH,1996. **Large scale patterns and trophic structure of southern African rocky shores: the roles of geographic variation and wave exposure** J.Biogeogr., 23 (1996), pp.339-351. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1996.00026.x>.
- CALEY, M. J. et al. **Recruitment and the local dynamics of open marine populations**. Annual Review in ecology and systematics. Palo Alto, v.27. 477-500, nov. 1996.
- CASTRO, P.; HUBER M.E. Biologia marinha. AMGH Editora Ltda. 8ª edição, 2012.
- CONNELL, JH (1978) **Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs**. Science, 199, 1302-1310.
- COUTINHO, R. et al. **Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges**. Brazilian Journal of Oceanography, [s.l.], v. 64, n. 2, p.27-36, 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-875920161015064sp2>
- DUARTE, L.F.L. ; M.C. GUERRAZZI. 2004. **Costão rochoso da praia do Rio Verde: padrões de distribuição e abundância**, pp. 179-188. Em: Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente físico, flora e fauna (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Holos Editora, Ribeirão Preto.

ESTON, V. R.; MIGOTO, A. E; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; RODRIGUES, S. A. & FREITAS, J. C. 1986. **Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of Fernando de Noronha Archipelago (Brazil)**. Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo, 34: 37-53. Disponível em <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0373-55241986000100004>> Acesso em : 12 novembro de 2019

ESTON, V. R. & BUSSAB, W. O. 1990. **An experimental analysis of ecological dominance in a rocky subtidal macroalgal community**. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 136: 170-195.

FERNANDES, M. C., (2014). **Estrutura da comunidade de Gastropoda e Bivalvia (Mollusca) associados às algas pardas do gênero Sargassum C. Agardh, 1820 (Sargassaceae) do canal de São Sebastião, Litoral Norte do Estado de São Paulo**. 2014 Dissertação (mestrado em Ecologia). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/315910/1/Fernandes_MarjorieCattaneo_M.pdf>. Acesso em: 06 novembro de 2019.

GHILARDI-LOPES, N. P.; HADEL, V. F.; BERCHEZ, F.A. S. **Guia para educação ambiental em costões rochosos**. [S.l: s.n.], Porto Alegre, 2012.

GLASBY, T.M. **Development of sessile marine assemblages on fixed versus moving substrata**. Marine Ecology Progress Series 215: 37-47. Trends Ecol Evol. 7(4):130-3. doi: 10.1016/0169-5347(92)90148-5, 2001.

GÜTH, A. Z. 2004. **A comunidade fital: variação espacial e nictemeral da epifauna, especialmente anfípodos, associada à alga parda Sargassum spp. em quatro praias de Ubatuba, Litoral Norte do estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 109p. Disponível em <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/315926/1/Guth_ArthurZiggiatti_M.pdf> Acesso em: 12 novembro 2019

HAMPEL, H.; CATTRIJSE, A.; VINCX, M. (2003) **Habitat Value of a Developing Estuarine Brackish Marsh for Fish and Microcrustaceans**. ICES Journal of Marine Science, v. 60, p. 278-289.

HICKMAN, C.P.; ROBERTS, L.S. & LARSON, A. 2004. **Equinodermes: Princípios integrados de zoologia**. editora guanabara koogan s.a., rio de janeiro, pp. 434-455.

JACOBUCCI, G. B.; GÜTH, A. Z.; TURRA, A.; MAGALHÃES, C. A.; DENADAI, R.; CHAVES, A. M. R. & SOUZA, E. C. 2006. **Levantamento de Mollusca, Crustacea e Echinodermata associados à Sargassum spp. na Ilha de Queimada Pequena, Estação Ecológica dos Tupiniquins, litoral sul do estado de São Paulo, Brasil**. Biota Neotropica 6(2): 1-8.

JACQUETTE, E., AL BITAR, A., MIALON, A., KERR, Y.H., QUESNEY, A., CABOT, F., RICHAUME, P.H., 2010. **SMOS CATDS level 3 global products over land** , proceeding SPIE, sept. 2010, Toulouse.

JONES, G. P. 1988. **Ecology of rocky reef fish of northeastern New Zealand: a review**. Journal of Marine and Freshwater Research, 22: 445-462. Disponível em <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00288330.2013.812569>> Acesso em :12 novembro de 2019.

KOETTKER, A.G. **Composição, densidade e variação espaço-temporal de larvas de decápodes e estomatópodes do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil**. São Paulo, SP, 2008, 128 f. Dissertação (mestrado em Ciências, área de Oceanografia Biológica). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, USP.

LEVIN, L.A.; T. BRIDGES. **Pattern and diversity in reproduction and development**. p. 1-48 In: Ecology of Marine Invertebrate Larvae. CRC Press, London. (1995)

LEWIS, J. R. (1968). **Water movements and their role m rocky shore ecology**. Sarsia, 34: 13-36

- LEVINTON, J.S. 1995. **Marine biology: function, biodiversity, ecology**. Oxford University Press, New York.
- MASUNARI, S. 1982. **Organismos do fita1de Amphiroa beauvoisii. Lamouroux, 1816 (Rhodophyta:Corallinaceae)**. I. Autoecologia. Bolm lool., Univ. S Paulo, 7:57-148.
- MENGE, B.A. et al . **Climatic variation alters supply-side ecology: impact of climate pa erns on phytoplankton and mussel recruitment**. Ecol Monogr, 79(3): 379–395. doi: 10.1890/08-2086.1, 2009.
- MIKKELSEN, PM; CRACRAFT, J. 2001. **Biodiversidade marinha e a necessidade de inventários sistemáticos**. Touro. Mar. Sci. 69 (2): 525-534
- NAVARRETE, S.A., WIETERS, E.A., BROITMAN, B.R., CASTILLA, J.C., 2005. **Scales of benthic–pelagic coupling and the intensity of species interactions: from recruitment limitation to top down control**. Proc Natl Acad Sci USA 102:18046–18051. doi: 10.1073/pnas.0509119102.
- NAVARRETE, S.A., BROITMAN, B.R., MENGE, B.A., 2008. **Interhemispheric comparison of recruitment to intertidal communities: pattern persistence and scales of variation**. Ecology 89(5), 1308–1322. doi: 10.1890/07-0728.1
- NAVARRETE, S.A., LARGIER, J.L., VERA, G., TAPIA, F.J., PARRENGUÉ, M., RAMOS, E., SHINEN, J.L., STUARDO, C.A., WIETERS, E.A., 2015. **Tumbling under the surf: wave-modulated settlement of intertidal mussels and the continuous settlement-relocation model**. Mar. Ecol. Prog. Ser. 520, 101- 121. Doi: <https://doi.org/10.3354/meps11113>
- OLIVEIRA-FILHO, E. C. & MAYAL, E. M. 1976. **Seasonal distribution of intertidal organisms at Ubatuba, São Paulo (Brazil)**. Revista Brasileira de Biologia 36:305-31.
- PIANCA, C., MAZZINI, P.L.F., SIEGLE, E. **Brazilian offshore wave climate based on NWW3 Realanysis**. Braz J Oceanogr 58(1): 53-70. DOI: 10.1590/S1679-87592010000100006, 2010.
- PINEDA, J. et al.. **Larval transport and dispersal in the coastal ocean and consequences for population connectivity**. Oceanography 20: 22–38. DOI: 10.5670/oceanog. .2007.
- QUINTANA, C.O., BERNARDINO, A.F., MORAES, P.C., VALDEMARSEN, T., SUMIDA, P.Y.G., 2015. **Effects of coastal upwelling on the structure of macrofaunal communities in SE Brazil**. J. Mar. Sys. 143, 120- 129. doi: 10.1016/j.jmarsys.2014.11.003
- REYNOLDS ET AL., 2007 R.W. REYNOLDS, T.M. SMITH, C. LIU, D.B. CHELTON, K. CASEY, M.G. SCHLAX **Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature**. J. Clim., 20 (2007), pp. 5473-5496.10.1175/2007J CLI1824.1
- RODRÍGUEZ, S.R; OJEDA, F.P. & INESTROSA, N.C. 1993. **Settlement of benthic marine invertebrates**. Marine Ecology. Progress Series, 97: 193-207.
- SANCHEZ-MOYANO, J.E.; ESTACIO, F.J.; GARCÍA-ADIEGO, E.M. & GARCÍA-GOMEZ, J.C. 2001. **Effect of the vegetative cycle of Caulerpa prolifera on the spatio-temporal variation of invertebrate fauna**. Aquatic Botany, 70: 163-174.
- THORSON, G. **Light as an ecological factors in dispersal and settlement of larvae of marinebottom invertebrates**. Ophelia, 1 (1): 167-208. DOI: 10.1080/00785326.1964.10416277, 1964.
- TUKEY, J., 1949. **Comparing Individual Means in the Analysis of Variance**. Biometrics 5(2), 99–114. doi: 10.2307/3001913
- UNDERWOOD, A.J., 1997. **Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, Cambridge.

UNDERWOOD, A.J., ANDERSON, M.J. **Seasonal and temporal aspects of recruitment and succession in an intertidal estuarine fouling assemblage.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 74(3): 563-584. DOI: 10.1017/S0025315400047676, 1994.

VILLAÇA, R. 2002. Recifes Biológicos. In: R.C. Pereira & A.S. Gomes (eds). **Biologia Marinha.** Interciência, Rio de Janeiro, pp. 1-350.

WHITE, J. W. **Spatially Coupled Larval Supply of Marine Predators and Their Prey Alters the Predictions of Metapopulation Models.** The American Naturalist 171 (5): E179-E194. DOI: 10.1086/587079, 2008.

WORTHINGTON, D. G.; FAIRWEATHER, P. G. 1989. **Shelter and food: interactions between** *Turbo undulatum* (Archaeogastropoda : Turbinidae) and coralline algae on rocky seashores in New South Wales. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Maryland Heights, 129: 61-79. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022098189900634>> Acesso em: 10 novembro de 2019.

XAVIER, A. C. M. 2000. **O gênero Sargassum C. Agardh (Phaeophyta - Fucales) no litoral brasileiro.** Dissertação de Doutorado. Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/bolbot/article/view/57743/60796>> Acesso em: 12 novembro de 2019

YOUNG, E. C. M. 2002. **Atlas of marine invertebrate larvae.** Academic Press. San Diego, California. 626 p.

ZARDI et al., 2007 G.I. ZARDI , C.D. MCQUAID , K.R. NICASTRO. **Equilíbrio entre sobrevivência e reprodução:** sazonalidade da ação das ondas, força de fixação e produção reprodutiva em mexilhões indígenas *Perna perna* e invasores *Mytilus galloprovincialis*. Mar Ecol. Prog. Ser. , 334 (2007) , pp. 155 - 163 , 10.3354 / meps 334155.

ZILBERBERG et al. 2016 **Conhecendo os recifes brasileiros:** Rede de pesquisas Coral Vivo. Séries Livros Museu Nacional.– Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ.

ANEXO 1 – TABELAS

Tabela 1: Resultado das análises de variância para avaliar as diferenças no recrutamento de gastrópodes (abundância., riqueza., e diversidade.) entre sítios e meses. gl: graus de liberdade. SQ: soma dos quadrados. QM: quadrado médio. * para os resultados significativos ($p < 0.05$).

	<i>GI</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Abundância					
Sítio	3	25.32	8.44	3.65	0.0267*
Mês	8	48.71	6.08	15.37	< 0.0001*
Sítio*Mês	24	55.47	2.31	5.83	< 0.0001*
Resíduo	144	57.02	0.39		
Riqueza					
Sítio	3	0.68	0.22	1.79	0.1745
Mês	8	2.79	0.34	2.09	0.0394*
Sítio*Mês	24	3.03	0.12	0.76	0.7803
Resíduo	144	23.92	0.16		
Diversidade					
Sítio	3	0.12	0.04	0.93	0.4408
Mês	8	4.19	0.52	16.70	< 0.0001*
Sítio*Mês	24	1.11	0.04	1.47	0.0859
Resíduo	144	4.52	0.03		

Tabela 2: Resultados das comparações de Tukey HSD em pares para avaliar diferenças na abundância entre sítios amostrados.

Sítios	p adj
Costa Bela-Coqueiral	0.366799
Enseada das Garças - Coqueiral	0.216748
Gramuté – Coqueiral	0.039784
Enseada das Garças - Costa Bela	0.989598
Gramuté - Costa Bela	0.000168
Gramuté - Enseada das Garças	0.000044

Tabela 3: Resultado das comparações de Tukey HSD para avaliar a significância da diferença da abundância entre os meses amostrados

	Abundância								
	jun	jul	agos	set	out	nov	dez	jan	fev
Jun	-								
	0.99								
Jul	9	-							
	0.99	1.00							
ago	9	0	-						
	0.98	0.72							
Set	2	6	0.772	-					
	0.26	0.04							
out	1	9	0.060	0.889	-				
	0.00	0.00							
Nov	0	0	0.000	0.001	0.101	-			
	0.09	0.01							
Dez	5	2	0.016	0.637	0.585	0.273	-		
	0.06	0.00							
Jan	8	8	0.010	0.550	1.000	0.344	1.000	-	
	0.07	0.00							
Fev	8	9	0.012	0.585	1.000	0.315	1.000	1.000	-

Tabela 4: Resultado das comparações de Tukey HSD para avaliar a diferença da riqueza entre os meses amostrados.

Meses	Riqueza								
	jun	jul	Agos	set	out	nov	dez	jan	fev
jun	-								
Jul	0.792	-							
agos	0.981	0.169	-						
Set	1.000	0.900	0.938	-					
out	0.991	0.999	0.567	0.999	-				
Nov	1.000	0.487	1.000	0.999	0.900	-			
Dez	0.487	1.000	0.052	0.647	0.964	0.217	-		
Jan	1.000	0.964	0.852	1.000	1.000	0.991	0.792	-	
fevereiro	0.129	0.964	0.006	0.217	0.647	0.037	0.999	0.338	-

Tabela 5: Resultado das comparações de Tukey HSD para avaliar diferença na diversidade entre os meses amostrados.

Meses	Diversidade								
	jun	jul	agos	set	out	nov	dez	jan	fev
jun	-								
jul	0.528	-							
agos	1.00	0.12	-						
set	0.585	1	0.15	-					
out	0.346	0.999	0.06		-				
nov	0.114	0.996	0.01	0.993	0.999	-			
dez	0.000*	0.000*	0.00*	0.000*	0.000*	0.003	-		
jan	0.000*	0.01	0.00*	0.009	0.029	0.130	0.946	-	
fev	0.000*	0.000*	0.00*	0.0001	0.000*	0.005	1.000	0.978	-