

## **EXTREMOS NEGATIVOS DO NÍVEL DO MAR DURANTE O INVERNO E A INFLUÊNCIA NO MEXILHÃO *PERNA PERNA* DO COSTÃO DO MARUJÁ – CANANÉIA/SP**

*NEGATIVE EXTREMES OF SEA LEVEL DURING THE WINTER AND THE INFLUENCE ON *Perna perna* MUSSEL OF THE COSTÃO DO MARUJÁ – CANANÉIA/SP*

**Tatiany Marinho VASCONCELOS<sup>1</sup>, Gyrlene Aparecida Mendes da SILVA<sup>1</sup>, Amanda Alves GOMES<sup>2</sup>, Jocemar Tomasino MENDONÇA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Paulo. Instituto do Mar. Rua Doutor Carvalho de Mendonça, 144 - Vila Belmiro, Santos – SP.

E-mails: tatianyamarinho.v@gmail.com; gyrlene@gmail.com

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Oceanografia. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária - Butantã, São Paulo - SP E-mail: amanda\_gomes@usp.br

<sup>3</sup>Instituto de Pesca, APTA – SAA-SP, Núcleo de Pesquisa de Desenvolvimento do Litoral Sul. Avenida Professor Wladimir Besnard, s/n, Morro São João, Cananeaia – SP. E-mail: jocemar.mendonca@gmail.com

### Introdução

Forças que atuam no nível do mar

O nível do mar e o mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758)

Materiais e métodos

Área de estudo

Obtenção e análise dos dados

Resultados e discussões

Características dos eventos extremos negativos do nível do mar

Comportamento médio dos eventos selecionados

Relações com a disponibilidade do mexilhão *Perna perna*

Considerações finais

Agradecimentos

Referências

**RESUMO** - O estudo traz uma abordagem interdisciplinar através de associações da influência do ambiente físico sobre o biológico em que eventos extremos negativos do nível do mar (ou extremos de maré baixa), devido à forçante atmosférica de baixa frequência, explicam parte da variabilidade do mexilhão *Perna perna* coletado no litoral de Cananéia/SP-Brasil nos invernos de 2014 a 2016. A forçante atmosférica de baixa frequência atuou de maneira construtiva, amplificando as anomalias negativas do nível do mar e destrutiva, reduzindo a influência das forçantes astronômica e do barômetro invertido quando essas estavam favoráveis ao aumento da variável. A técnica de composição permitiu analisar o comportamento médio da atmosfera e oceano nas 96 e 48 horas que antecederam os eventos e durante as suas horas de ocorrência. Os eventos foram associados à passagem de um anticiclone transiente com ventos de nordeste paralelos à costa quando localizado próximo da região de estudo. Isso contribuiu com o resfriamento da temperatura da superfície do mar na região de estudo pelo deslocamento das águas costeiras para regiões mais afastadas. A correlação entre as séries temporais de anomalias do nível do mar e o índice de abundância relativa do mexilhão (o índice de Captura por Unidade de Esforço, CPUE), sem as respectivas tendências lineares, mostrou que existiu uma relação moderada, negativa e estatisticamente significante durante o período analisado. Dessa forma, sugere-se que a persistência de maré baixa propiciou um ambiente favorável a um menor esforço e tempo de coleta e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade do mexilhão na região de estudo.

**Palavras-chave:** Cananéia. Costão rochoso. Maré baixa. Nível do mar, *Perna perna*.

**ABSTRACT** - The study shows an interdisciplinary approach through associations of the influence of the physical environment over the biological one in which negative extreme sea level events (or low tide extremes), due to low-frequency atmospheric forcing, explain part of the variability of the *Perna perna* mussel collected on the coast of Cananéia/SP-Brazil during the winters from 2014 to 2016. The low-frequency atmospheric forcing acted in a constructive way, amplifying the negative anomalies of the sea level and destructive, reducing the influence of the astronomical forcing and the inverted barometer when both were favourable in increasing the variable. Though the composition technique the mean behaviour of the atmosphere and ocean in the 96 and 48 hours before the events and during their hours of occurrence was analysed. The events were associated with the passage of a transient anticyclone with northeast winds parallel to the coast due its position nearest to the study region. This contributed to the cooling of the sea surface temperature in the study region by the displacement of coastal waters to more distant regions. The correlation between the anomalous time series of sea level and mussel relative abundance index (the Capture Per Unit Effort Index, CPUE), without the linear trends, showed a moderate, negative and statistically significant relationship during the periods in analysis. Thus, it is suggested that the persistence of low tide provided a favourable environment for less effort and collecting time, consequently, greater the availability of the mussel in the study region.

**Keywords:** Cananéia. Rocky shore. Low-tide. Sea level. *Perna perna*.

## **INTRODUÇÃO**

### **Forças que atuam no nível do mar**

A elevação relativa da superfície do mar (ou nível do mar) é a resposta de uma combinação de

condições geofísicas. Sua variação espacial está associada, por exemplo, com diferenças equipotenciais no campo gravitacional terrestre devido

ao seu formato geóide ocasionando desníveis na elevação da superfície oceânica em diferentes regiões do Planeta (Suguio et al., 2018).

Há também oscilações periódicas causadas pela atração gravitacional entre o sistema Lua-Terra-Sol (Pugh, 1987) denominadas marés astronômicas, as quais são percebidas pelo aumento e diminuição da altura da superfície do mar e movimento de avanço e recuo do oceano sobre a costa. Essa atração gera uma deformação na superfície livre do oceano, causada por convergência e aumento do nível na direção alinhada com a Lua ou o Sol, bem como divergência e diminuição do nível na direção perpendicular (Camargo & Harari, 2015). Associado ao movimento de rotação da Terra provocam oscilações na superfície oceânica em períodos próximos a 12 e 24 horas (Lisitzin, 1974).

Quando esse sistema se encontra alinhado, o efeito das marés por ambas as forças de atração com o Sol e com a Lua são somadas e ocorrem as marés altas. Já quando o sistema se dispõe formando um ângulo reto, o efeito das forças de atração resulta em marés menos amplificadas, as marés de quadratura (Garrison, 2016).

Além da origem astronômica, o nível do mar também é modulado pela atmosfera através da influência da pressão atmosférica e vento. Por influência da Força de Coriolis, que existe devido ao movimento de rotação da Terra, há deflexão no arrasto superficial que força o fluido oceânico em superfície pela fricção. O atrito entre a camada superficial e as camadas subjacentes força o deslocamento das mesmas, em intensidade cada vez menor, e no Hemisfério Sul sempre à esquerda do vetor de deslocamento da camada acima. Essa estrutura vertical das correntes horizontais é chamada de Espiral de Ekman (Garrison, 2016). O movimento integrado do deslocamento dessas camadas, no Hemisfério Sul, ocorre 90° a esquerda da direção do vento e recebe a denominação de Transporte de Ekman (Price et al., 1987). Dependendo da direção, magnitude e persistência do vento em relação à linha de costa, esse fenômeno pode influenciar o nível do mar, em baixa frequência, de forma a promover aumento por transporte de água em direção à costa ou diminuição por transporte em direção ao mar aberto.

Um fenômeno atmosférico que também favorece a variação do nível do mar é o efeito do barômetro invertido, referente ao posicionamento dos centros de pressão atmosférica, em

que um centro da alta pressão em superfície favorece a redução do nível do mar, enquanto, um centro da baixa pressão favorece sua elevação. Em geral, essas variações ocorrem com magnitude em torno de 1 cm de nível do mar para 1 hPa de pressão atmosférica (Pugh, 1987) e em alta frequência, por exemplo, a cada 12 horas favorecem uma oscilação da superfície oceânica.

Os estudos de Stech & Lorenzetti (1992), Camargo & Harari (1994) e Campos et al. (2010) analisaram as forçantes meteorológicas que atuaram na costa sul-sudeste brasileira e observaram que suas influências resultaram em intensas oscilações do nível do mar, principalmente durante o inverno.

De acordo com os autores nesta época do ano, e principalmente na primavera, ocorre a maior frequência de ocorrência de sub-elevações do nível do mar, ou seja, atuação de alta pressão com seus ventos favoráveis ao transporte de água para o oceano diminuindo assim o nível na costa. Este comportamento ocorre em resposta à influência de sistemas de altas pressões pós-frontais ou intensificação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) por situações de bloqueios atmosféricos (Ynoue et al., 2017; Reboita et al., 2019).

Através de filtragem sobre os dados observados é possível separar a variação do nível do mar originada pela atração gravitacional daquela estimulada por fenômenos meteorológicos para obter uma análise espacial ou temporal da influência de cada uma dessas forçantes sobre um determinado local. Ocorrências extremas do nível do mar, negativos ou positivos, são sempre impactantes para as regiões costeiras. Nos casos negativos, o acesso ao porto e atracação de navios de grande porte tendem a riscos, principalmente em águas rasas, devido à diminuição da distância entre o fundo e o calado dos navios (Hora, 2015). Além disso, a intensidade e persistência desses extremos podem causar uma perturbação no meio ambiente costeiro, por exemplo, modulando o ambiente biológico como a distribuição e abundância de organismos dos entremarés rochosos (Moreno & Rocha, 2012).

### **O nível do mar e o mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758)**

Os entremarés rochosos, ou costões rochosos, são diretamente influenciados pela variação da superfície oceânica e estão constantemente sujeitos às mudanças de temperatura, salinidade, exposição ao ar e radiação solar incidente (Hans, 2009).

A distribuição vertical da grande diversidade

de organismos sésseis (fixos) que esse meio abrange é denominada de “zonação”, ilustrada na figura 1. Os organismos mais suscetíveis às oscilações do nível do mar são aqueles distribuídos na faixa do mesolitoral, localizada entre as partes mais exposta do costão, o supra-litoral, e a submersa, o infralitoral (Carvalho & Berchez, 2009). Através da observação fisiográfica da costa brasileira foi possível estabelecer uma relação entre a proximidade da Serra do Mar com o Oceano Atlântico Sul e a ocorrência de costões rochosos (IBGE, 2011).

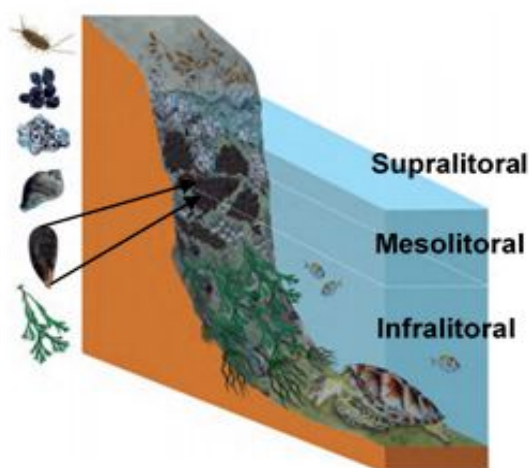
No Brasil, os mais comuns são encontrados na costa sudeste devido essa proximidade com a Serra do Mar (Suguio & Martin, 1978). No litoral norte do Estado de São Paulo, por exemplo, há mais entremarés rochosos quando comparado ao litoral sul, como no município de Cananéia-SP, que está mais distante da Serra e apresenta uma curta extensão de região entremarés sendo o predomínio de restingas e manguezais (Carvalho & Berchez, 2009).

O mexilhão *Perna perna* é um dos bivalves mais abundantes do litoral do Brasil e se alimenta pela filtração de nutrientes oriundos das correntes marítimas e, por isso, seu habitat é a faixa do mesolitoral do costão rochoso (Rios, 2009). Porém, Levinton (1995) explica que quando expostos ao ar durante um longo período devido

à persistência da maré baixa sofrem perturbação do ambiente físico, podendo interferir em sua produtividade (Schramm, 1993).

Henriques (2004) mostrou em suas análises realizadas em laboratório, que a tolerância da espécie a exposição ao ar, altas temperaturas e baixa salinidade, podem variar de acordo com disposição do costão, efeito das marés e contaminação antrópica. Gomes et al. (1997), analisaram a hidrodinâmica entre dois locais de cultivo desses bivalves, exposto ao mar aberto e outro ao continente, e relacionaram a maior circulação de ondas nesses locais com a quantidade de biodeposição, qualidade da água e deposição de sementes dos mexilhões. No entanto, há poucos estudos que investiguem relações entre as variáveis do ambiente físico com esses organismos em condições fora do ambiente laboratorial. O trabalho de Manzoni (2005) sobre a evolução das pesquisas e atividades relacionadas à espécie no Brasil cita alguns estudos com essa abordagem. Gomes et al. (1997), Leal (2000) e Manzoni & Marenzi (2000) realizaram análises físico-químicas e verificaram que a pluviometria contribui com as alterações hidrodinâmicas nos locais para o desenvolvimento do cultivo desses moluscos assim como tempestades (Leal, 2000) e vento (Manzoni & Marenzi, 2000).

**A)**



**B)**



**Figura 1** - (A) Esquema ilustrativo da distribuição vertical dos organismos dos entremarés rochosos (zonação). Em destaque o mexilhão predominante da zona do mesolitoral. Adaptado de Gerling et al. (2016). (B) Zonação no costão em Caraguatatuba – SP. Adaptado de Milanelli (2003).

Considerando que a fixação dos organismos dos entremarés depende da disponibilidade de nutrientes no meio e condições físicas ideais para a sua reprodução, investigações acerca das variações dos fatores abióticos são fundamentais para entender a abundância da espécie. Além

disso, pesquisas sobre os locais em que há atividade de miticultura ou extração de mexilhões em bancos naturais, são importantes para mensurar a disposição e abundância dos mexilhões e discutir a influência desses fatores na sua importância econômica local. No intuito

de preencher parte dessa lacuna e incentivar futuras pesquisas científicas relacionadas à sustentabilidade do mexilhão, o presente estudo de caso teve como objetivo:

(i) Identificar como os fenômenos meteorológicos atuantes sobre a região de Cananéia/SP durante os invernos de 2014 a 2016 que

favoreceram os eventos extremos negativos do nível do mar forçados pela baixa frequência;

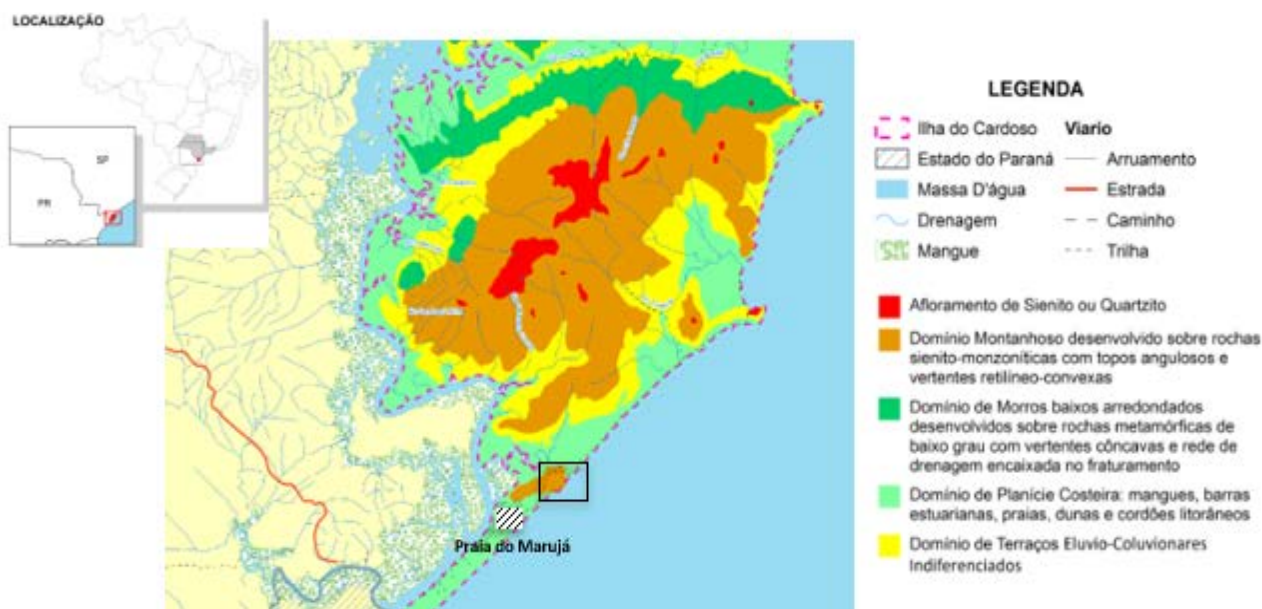
(ii) Investigar as relações entre esses eventos juntamente com as anomalias negativas mensais do nível do mar, durante o mesmo período, na disponibilidade do mexilhão *P. perna* do Costão do Marujá.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A identificação dos eventos extremos negativos de nível do mar foi feita a partir dos dados do marégrafo localizado na latitude -25,01700 e longitude -47,92500 no município de Cananéia, litoral sul do Estado de São Paulo. Nessa região são encontradas comunidades tradicionais que exercem diversas atividades de pesca que contribuem com economia local, por exemplo, a extração de mexilhões em bancos naturais (Henriques et al., 2018), apesar das poucas formações rochosas

presentes no município. O Parque Estadual da Ilha do Cardoso, em Cananéia (Figura 2), abriga o Costão do Marujá ou Morro da Tapera localizado entre as praias do Marujá e Lages. Por esse costão dispor de uma grande oferta de bivalves, principalmente da espécie *Perna perna*, a comunidade faz a extração nos bancos naturais tradicionalmente. A partir dos casos identificados foi feita a análise do comportamento médio da atmosfera e oceano sobre as proximidades da área de estudo como detalhado a seguir.



**Figura 2** - Características geológicas predominantes no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – Cananéia/SP e, em destaque no retângulo, a região dos entremarés rochosos denominada como “Domínio Montanhoso desenvolvido sobre rochas” e a Praia do Marujá destacada no retângulo branco hachurado. Adaptada de Silva (2014).

### Obtenção e análise dos dados

A variável horária do nível médio do mar (em mm) foi obtida para os anos de 2014 a 2016 sendo oriunda da *University of Hawaii/Sea Level Center* – UHSLC (Caldwell et al., 2015) do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (<<http://uhslc.soest.hawaii.edu/data/?rq>>). O inverno do Hemisfério Sul (Junho, Julho e Agosto, JJA) foi o principal período de estudo. A escolha dessa estação do ano foi com base nos dados históricos analisados por Campos et al. (2010) que mostraram que essa foi a segunda a ter

maior ocorrência de sobre-elevação (30,8 %) e sub-elevação (32,3%) do nível do mar e a maior quantidade de eventos extremos tanto positivos quanto negativos, ou seja, uma grande variabilidade de casos.

Apesar dos autores terem detectado os eventos ocorridos no litoral de Santos, este também faz parte do Estado de São Paulo e também sofre influência de circulações atmosféricas encontradas no Oceano Atlântico Sul e que podem influenciar a região de Cananéia. Além disso, o inverno não faz parte do período de defeso do *P. perna* que ocorre



de setembro a dezembro de acordo com IBAMA (2006). A seleção dos anos foi de acordo com a disponibilidade dos dados on-line mais recentes da estação maregráfica de Cananéia.

Os dados diários da extração do mexilhão foram: os dias de descarga (em que houve extração), as horas de operação ou esforço (ou quantidade de horas de cada captura) e a quantidade capturada (em kg). Essas informações foram obtidas do Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Litoral de São Paulo (PMAP-SP), desenvolvido pelo Instituto de Pesca, na Unidade Laboratorial de Referência em Controle Estatístico da Produção Pesqueira Marinha. Os dados são obtidos por método censitário por meio de entrevistas que são respondidas de forma voluntária por pescadores ou coletores durante a descarga nos portos do Estado de São Paulo (Ávila-da-Silva et al., 1999; Mendonça & Cordeiro, 2010).

Foram utilizadas as variáveis atmosféricas a cada 6 horas UTC das reanálises de alta resolução do *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications v.2* (MERRA-2) (Gelaro et al., 2017): Pressão ao Nível Médio do Mar (PNMM em Pa), velocidade e direção do vento em superfície em 10m (em m/s e °, respectivamente), todos com resolução horizontal de 0.5° de latitude por 0.625° de longitude, fornecidos pelo *Global Modeling and Assimilation Office/ National Aeronautics and Space Administration (GMAO/NASA)*. Também foram utilizados dados de alta resolução a cada 3 horas UTC da Temperatura da Superfície do Mar (TSM em °C) com resolução espacial de 0.25° de latitude e longitude do conjunto *Sea Surface Temperature – WHOI version 2* (Clayson et al., 2016) disponibilizados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Data Record (NOAA CDR)*.

Foi realizada a remoção da sazonalidade e tendência dos dados de nível do mar. Em seguida, foi aplicado o filtro *Lanczos* (Duchon, 1979) cuja frequência de corte (em °/hora) é um limiar que determina os eventos de baixa e alta frequência em uma série temporal de uma determinada variável (Valerio, 2016). Para a identificação dos eventos extremos negativos de nível do mar foi aplicado o filtro *passa-baixa* com frequência de corte relativa ao período de 28 horas para eliminar a modulação das forçantes astronômicas e do barômetro invertido visto que essas componentes possuem períodos em torno de 8 - 24 horas (Harari &

Camargo, 1994) e 12 horas (Pugh, 1987), respectivamente. Dessa forma, os valores filtrados na frequência de corte de 28 horas são relativos à influência de fenômenos de baixa frequência, por exemplo, o Transporte de Ekman.

Na identificação dos eventos extremos horários de maré baixa foram selecionados os valores que estiveram abaixo de -2 (duas) vezes o desvio padrão em relação à média da série. Em seguida, os casos selecionados foram agrupados nos horários mais próximos das horas 00, 06, 12 ou 18 UTC de acordo com o mesmo intervalo temporal das reanálises. Em seguida, foi aplicada a técnica de composição através do cálculo das médias das variáveis atmosféricas e da TSM para os intervalos de interesse: 96 e 48 horas que antecederam os casos selecionados e durante as suas horas de ocorrência. No presente estudo, esses intervalos são denominados de quatro dias antes (Dia -4), dois dias antes (Dia -2) e durante (Dia 0) da ocorrência dos eventos sendo possível identificar a evolução espacial do padrão sinótico em cada intervalo de interesse não sendo necessário aplicar teste de significância estatística.

A disponibilidade do mexilhão no costão do Marujá foi calculada pelo índice de abundância relativa da espécie, o índice de Captura por Unidade de Esforço (CPUE) que vem sendo utilizado como estimativa das variações sazonais na distribuição do recurso pesqueiro (Campos & Andrade, 2010). Seu cálculo foi feito através das médias diárias de captura total dividida pelo esforço total de operação de captura (em kg/horas) (Snedecor & Cochran, 1967) e posteriormente foram obtidas as anomalias diárias e mensais. Com isso, a sazonalidade da exploração foi retirada dos dados de CPUE sendo possível investigar a associação entre essas anomalias e as anomalias negativas diárias do nível do mar durante a estação de inverno, independente de terem sido extremas, bem como as mensais para todos os meses de 2014-2016.

Foram excluídos da análise os meses referentes ao defeso da espécie (setembro a dezembro) que é quando fica estabelecida a proibição ou controle da coleta pela época reprodutiva das espécies (IBAMA, 2006). Essa medida é fundamental, pois promove a proteção dos organismos no seu período de reprodução, a recuperação dos bancos naturais e manutenção da operação das capturas (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2016).

A dependência da CPUE ( $y$ ) em relação nível do mar ( $x$ ) foi calculada pela correlação de Pearson,

$r$ , a partir da normalização dos dados e remoção da tendência linear. Figueiredo Filho & Silva Júnior (2009) explicam que a correlação pode variar de -1 a 1 e, se for negativa (positiva) significa que as variáveis são inversamente (diretamente) relacionadas e, sendo a correlação zero, significa que elas não estão linearmente relacionadas.

Os limiares de correlação considerados no presente estudo foram: fraco entre |0,1| e |0,3|,

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

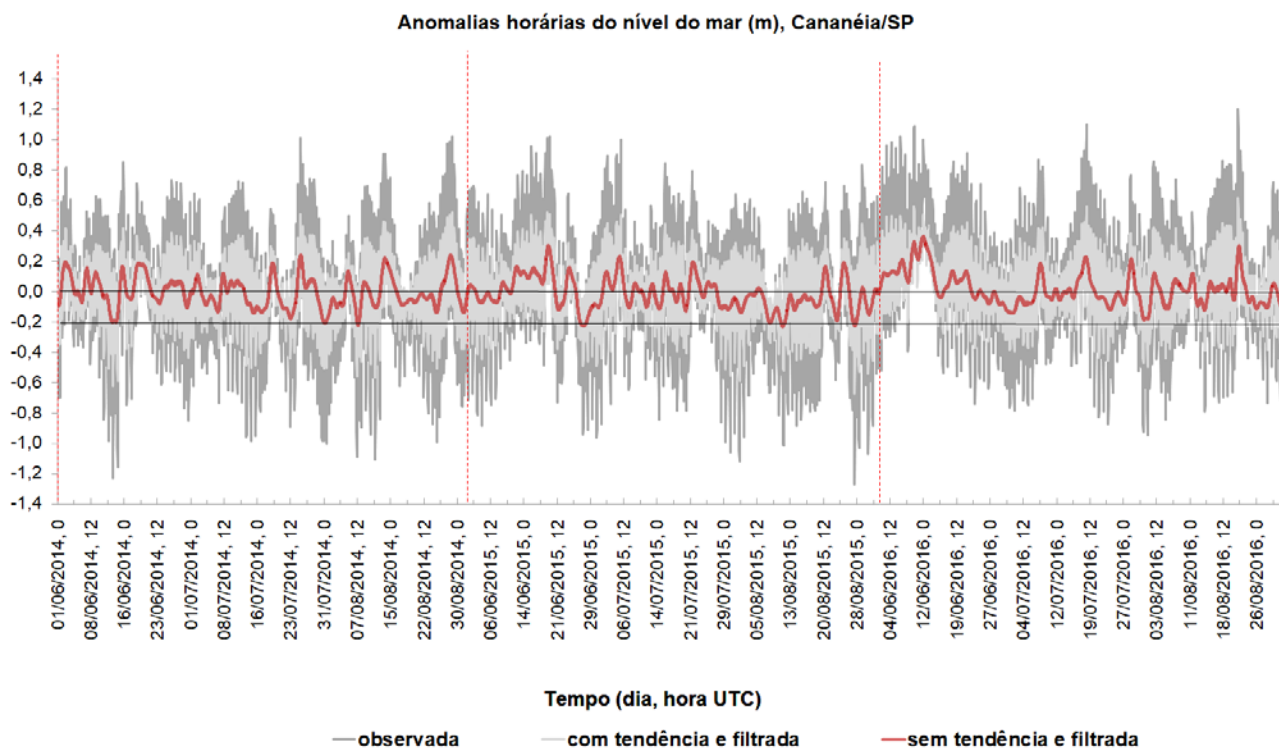
### Características dos eventos extremos negativos do nível do mar

A figura 3 mostra as anomalias horárias do nível do mar observadas (em cinza escuro) e filtradas na frequência de corte relativa ao período de 28 horas, com a tendência (em cinza claro) e sem a tendência (em vermelho). Os invernos de 2014, 2015 e 2016 foram separados pelas linhas tracejadas verticais.

A escolha da frequência de corte de 28 horas foi importante para a presente análise, pois

moderado entre |0,4| e |0,6| e forte entre |0,7| e |1|. Como um coeficiente de correlação pode ser oriundo do acaso foi importante calcular a probabilidade dos pares de dados que determina o nível de significância da correlação. Dessa forma, valores de  $r$  foram considerados estatisticamente significativos ao nível de 90% ( $\text{valor-}p \leq 0,1$ ). A porcentagem da variabilidade da CPUE explicada pelo nível do mar foi calculada pelo valor de  $r^2$ .

conserva as oscilações da ordem de mais de um dia. Foi possível observar que após a remoção da tendência os dados filtrados foram atenuados, mas apesar disso as oscilações influenciadas pelas forçantes de alta frequência, tanto astronômica quanto do barômetro invertido, foram bem removidas. Na literatura, diversos tipos de filtro vêm sendo utilizados na análise do nível do mar, cada um possui limitações assim como qualquer técnica e uma discussão sobre a sua confiabilidade do filtro Lanczos é encontrada em Duchon (1979).



**Figura 3** - Anomalias horárias do nível do mar observadas (em cinza escuro) e filtradas na frequência de corte relativa ao período de 28 horas, com a tendência (em cinza claro) e sem a tendência (em vermelho), para a localidade de Cananéia/SP durante JJA de 2014 a 2016. Os anos estão separados pelas linhas tracejadas verticais. As retas horizontais representam os valores 0 (ausência de anomalia) e -2 desvios padrão da média (-0,207 m), respectivamente.

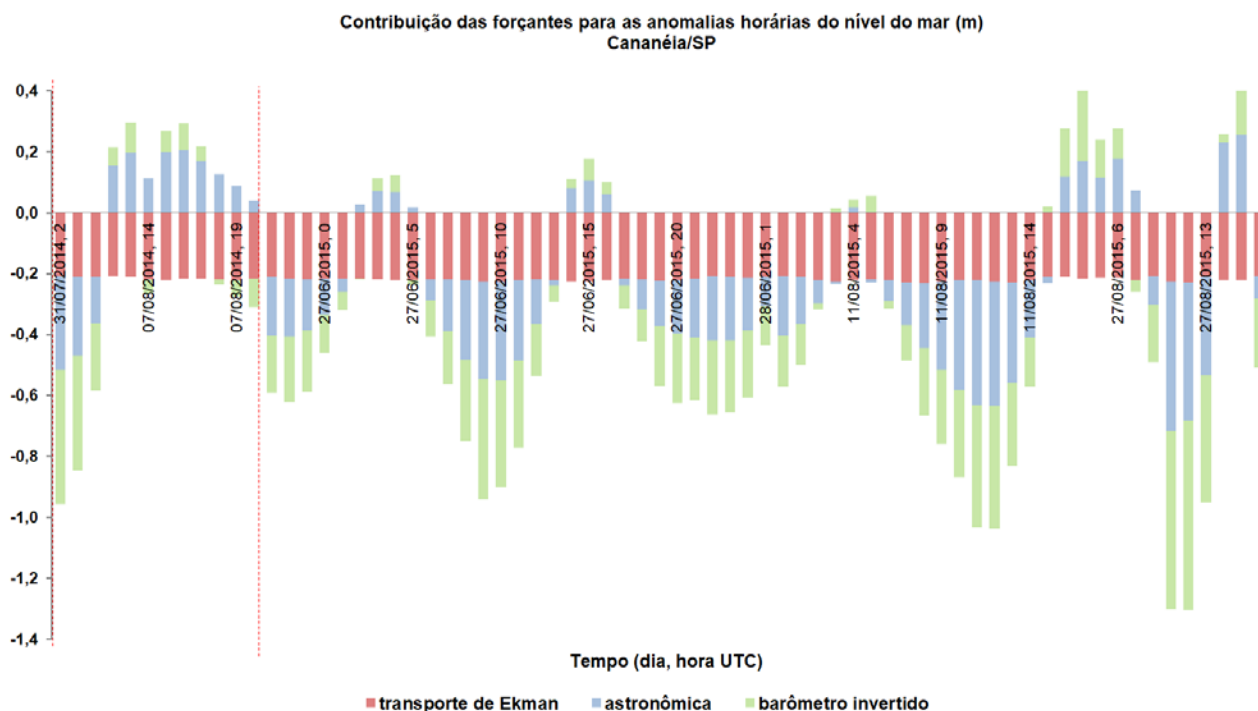
Os valores extremos negativos abaixo de -2 desvios padrão em relação à média da série estiveram abaixo do limiar de -0,207 m (destacados pela reta horizontal) e foram identificados apenas nos invernos de 2014 e 2015, enquanto que em 2016 não foram observados.

Foram identificadas 69 horas de ocorrências de maré baixa extrema pela contribuição da baixa frequência distribuídas em 8 dias durante JJA de 2014-2015. Os meses que apresentaram mais casos foram junho e agosto de 2015 com 29 e 28 eventos, respectivamente, sendo observado o

valor mais negativo no dia 11/08/2015 às 08UTC com -0,232 m. Em 27/06 e 11/08/2015 os eventos foram mais persistentes em termos de horas consecutivas de ocorrência.

A representatividade do Transporte de Ekman

em comparação as demais forçantes, astronômica e barômetro invertido, em modular o nível do mar durante as horas de ocorrência dos eventos extremos destacados anteriormente é mostrada na figura 4.



**Figura 4** - Contribuição das forçantes nas anomalias horárias do nível do mar (m) em Cananéia/SP para os casos selecionados. Os anos de 2014 e 2015 estão separados pelas linhas tracejadas verticais. Os valores correspondentes as forçantes do Transporte de Ekman, astronômica e barômetro invertido estão em vermelho, azul e verde, respectivamente.

Essa análise enfatiza a eficácia da aplicação do filtro *Lanczos* na remoção das frequências de corte desejadas. As anomalias horarias moduladas por cada uma dessas forçantes estão em vermelho, azul e verde, respectivamente. O recuo do nível do mar foi modulado de maneira conjunta pelas três forçantes em 31/07/2014 (02 a 04 UTC); 26/06/2015 (21 a 23 UTC); 27/06/2015 (00, 06 a 12, 18 a 23 UTC); 28/06/2015 (00 a 01 UTC); 10/08/2015 (22 UTC); 11/08/2015 (01, 07 a 14 UTC); 27/08/2015 (08, 11 a 13 UTC). Os efeitos do Transporte de Ekman e barômetro invertido se combinaram para reforçar o recuo da variável em 07/08/2014 (14, 18 a 20 UTC), 27/06/2015 (01, 05, 13, 17 UTC), 11/08/2015 (06 UTC); 27/08/2015 (07, 21 UTC), enquanto a forçante astronômica estava favorável ao seu avanço. Durante as horas 03 a 04, 14 e 16 UTC do dia 27/06/201 e 03 e 15 UTC do dia 11/08/2015, a forçante devido ao Transporte de Ekman se contrapôs ao efeito das demais.

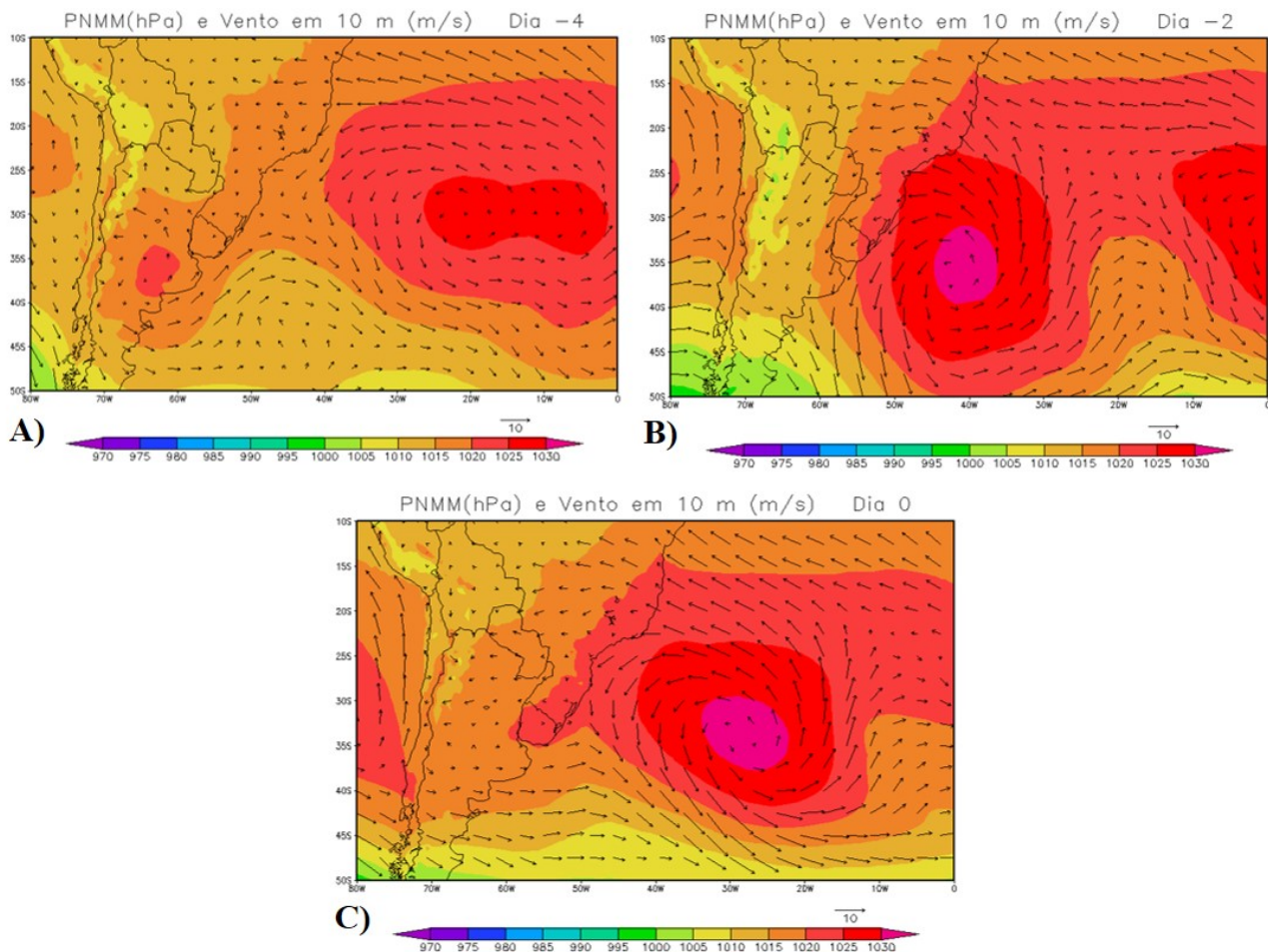
Dessa maneira, a modulação pela baixa frequência foi tanto para amplificar as anomalias negativas da série quanto de amenizar o efeito astronômico e do barômetro invertido quando

esses estavam favoráveis ao aumento do nível do mar na região de estudo.

### Comportamento médio dos eventos selecionados

As análises a seguir foram elaboradas para entendimento do comportamento médio da PNMM, velocidade e direção do vento em superfície (10 m de altitude) nas 96 horas (Dia -4) e 48 horas (Dia -2) que antecederam as horas de ocorrência dos eventos selecionados e durante as horas ocorridas (Dia 0) (Figura 5). O ponto preto representa a localização do município de Cananéia.

Em média, quatro dias antes se observou a atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) com núcleo em torno de 30°S; 10°W, posicionamento próximo ao constatado por estudos anteriores como característico para o período de JJA do Hemisfério Sul (Reboita et al., 2019). Durante essa estação do ano a ASAS tende a se deslocar para latitudes mais ao norte e longitudes mais a leste comparado ao seu posicionamento durante o verão. No inverno, o posicionamento da ASAS mais ao norte e leste permite o deslocamento e predominância de sistemas frontais para latitudes mais baixas



**Figura 5** - Composição de médias de PNMM (hPa, colorido) e vento em 10 m (m/s, vetores): (A) Dia -4, (B) Dia -2 e (C) Dia 0 das ocorrências dos eventos selecionados. O ponto preto representa a localização do município de Cananéia.

(Reboita et al., 2019). Através da figura 5A vemos que a ASAS atuou no sentido de impedir a passagem de um sistema frontal para latitudes mais baixas, identificado a partir da convergência dos ventos em torno de 35-25°S e 50-40°W.

A direção do vento esteve de leste associada à convergência dos ventos na costa Sudeste do Brasil e, conseqüentemente, na região de estudo. Na retaguarda do sistema frontal se observou uma baixa pressão (com giro horário dos ventos) e a oeste desse sistema, um anticiclone transiente posicionado sobre o continente com núcleo variando entre 1020 e 1025 hPa, aproximadamente, centrado em 37°S; 63°W.

Nas 48 horas antes (Dia -2) do acontecimento dos eventos selecionados (figura 5B), notou-se o deslocamento para leste da ASAS com núcleo fora do domínio da figura em relação ao Dia -4, que apresentou núcleo fora do domínio da figura. Conseqüentemente, sobre o Oceano Atlântico a frente fria e uma baixa pressão acoplada se deslocaram para sudeste e sul, respectivamente. A baixa pressão centrada em torno de 40°S; 15°W se enfraqueceu e o anticiclone transiente da retaguarda da frente fria também se deslocou

para leste apresentando um núcleo variando entre 1030-1035 hPa em 37°S; 40°W, aproximadamente. O ramo oeste desse sistema contribuiu com a intensificação da PNMM sobre Cananéia, ventos de direção leste sobre a costa Sudeste do Brasil e intensificação do escoamento em superfície em relação ao Dia -4. Durante as horas em que se observaram os casos extremos (Dia 0), figura 5C, o comportamento médio dos sistemas de pressão mencionados nas figuras anteriores foi de continuidade de deslocamento para leste dos mesmos, seguido de ligeira redução da PNMM sobre a região de estudo e mudança da configuração do vento próximo da costa.

Dessa forma, o anticiclone transiente se deslocou para regiões de latitudes mais baixas apresentando núcleo em 35°S; 27°W, aproximadamente, e se acoplando a ASAS. A PNMM predominante sobre o litoral do Sudeste do Brasil esteve reduzida em relação ao Dia 0 devido ao deslocamento da alta pressão para leste sobre o oceano. Conseqüentemente, a direção do vento mudou de leste no Dia -2 para nordeste no Dia 0 permanecendo paralelo à costa durante a ocorrência dos eventos.

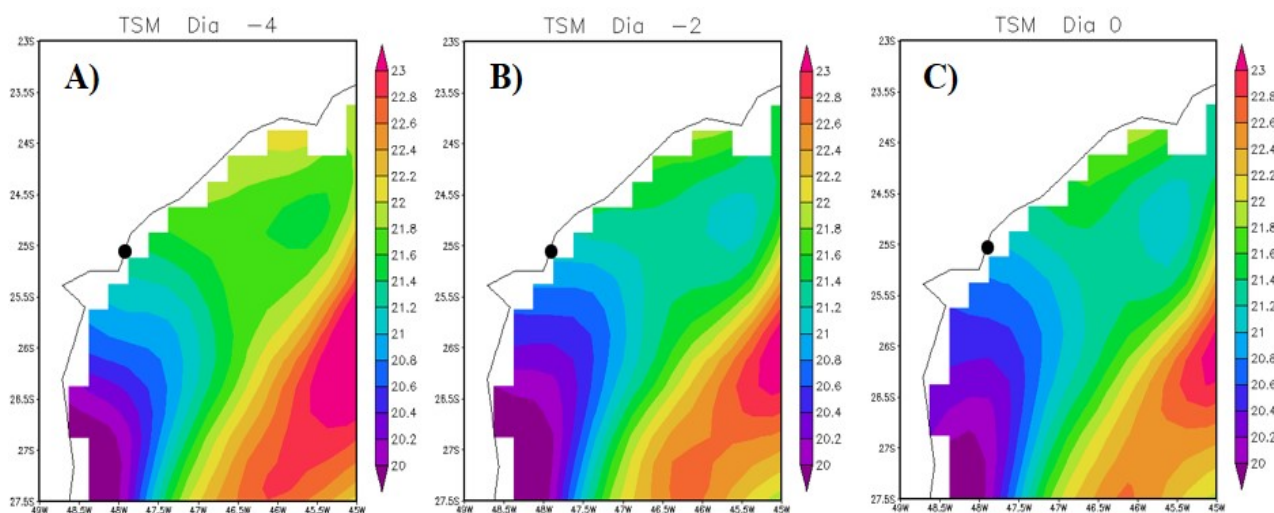


Algumas das características mencionadas anteriormente foram semelhantes às encontradas por Campos et al. (2010). Apesar dos autores terem analisado para um período climatológico e anterior ao do presente estudo, as semelhanças estão na persistência e evolução dos sistemas atmosféricos relacionados à variação do nível do mar sobre o litoral do Sudeste do Brasil. Os autores identificaram que na climatologia do inverno, as variações negativas e extremas do nível do mar inferiores a -2 desvios padrão foram associadas a um anticiclone posicionado em 30°S; 37°W, aproximadamente. Seu núcleo de 1025 hPa esteve posicionado sobre o oceano e próximo ao litoral de São Paulo e o sistema contribuiu com o deslocamento e intensificação do escoamento do vento sobre o litoral em análise.

Através das figuras 5A-C foi observado que a

componente do vento sobre o litoral de São Paulo esteve de leste desde 96 horas antes do acontecimento dos eventos, e de nordeste durante as horas de ocorrências. É provável que atuação das forças de Coriolis e de atrito tenha atuado no deslocamento da superfície oceânica para a esquerda do vento predominante resultando em empilhamento da água para longe da costa favorecendo a redução do nível do mar tanto sobre a região de estudo quanto em todo o litoral Sudeste. Essa característica de interação oceano-atmosfera teve relação com o Transporte de Ekman mencionado na Introdução.

Uma das consequências desse transporte é o surgimento de regiões de ressurgência onde há redução do nível do mar e isso foi observado na figura 6 através da análise das composições de TSM para os mesmos intervalos de tempo da figura 5.



**Figura 6** - Assim como na Figura 5, mas para a composição de médias de TSM (°C): (A) Dia -4, (B) Dia -2 e (C) Dia 0 das horas de ocorrência dos eventos selecionados.

Os valores mais baixos de TSM foram observados mais próximos da costa, enquanto que os mais altos, mais distantes, evidenciando ressurgência costeira. Por exemplo, no Dia -4 (Figura 6a), valores de TSM em torno de 20 a 21°C indicaram resfriamento das águas superficiais próximas à costa de Cananéia e latitudes mais altas, enquanto águas mais aquecidas se estenderam para latitudes menores com valores entre 22 a 23°C e mais distantes da costa. Dois dias antes das ocorrências selecionadas, a TSM esteve reduzida em relação ao Dia -4 com extensão das águas com temperatura entre 20 a 21°C para norte (Figura 6b).

Assim, as latitudes mais baixas desde Cananéia apresentaram maior variação de temperatura, em geral de 21,6°C (Dia -4) para 21,2°C (Dia -2), aproximadamente, sendo que na região de estudo

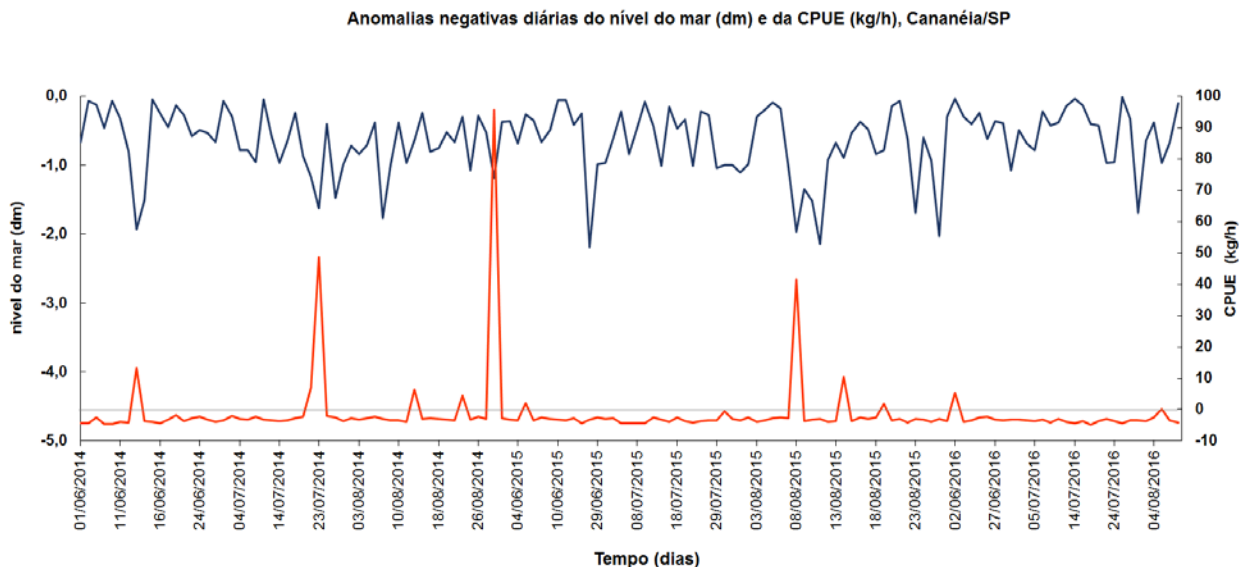
a TSM diminuiu em torno de 0,5°C. Nas horas de ocorrência dos eventos (Figura 6c), o valor da TSM permaneceu muito próximo do observado na figura 6b.

### **Relações com a disponibilidade do mexilhão *Perna perna***

Dias et al. (2007) e Freitas et al. (2012) sugerem a influência da maré na operação de captura de animais em atividades extrativistas de ambientes costeiros: estuários, mangues e afloramentos rochosos. As marisqueiras preferem realizar a coleta em períodos de maré mais baixa, pois os animais ficam à vista da praia e com acesso facilitado, aumentando o rendimento da operação. Dias et al. (2007) relacionam a CPUE com a estimativa da produção em seu período e local como forma de analisar o rendimento das marisqueiras na operação de captura.

Considerando as explicações desses autores de que a redução do nível do mar é favorável à operação de coleta e disponibilidade do mexilhão, foi analisado o comportamento anômalo diário da CPUE durante as horas em que foram observadas as anomalias negativas de nível do mar independente de terem sido extremas equiva-

lentes aos valores abaixo da média de JJA de 2014-2016 de 2,49 m. A relação entre as séries temporais dessas anomalias resultou num comparativo mostrado na figura 7 relativo ao comportamento anômalo diário da CPUE (linha laranja) quando da redução da maré (linha azul) em Cananéia/SP.



**Figura 7** - Anomalias negativas diárias do nível do mar (dm) e da CPUE (kg/h). Especificamente nesse gráfico, os valores foram expressos em dm para facilitar a comparação. A reta cinza representa o valor 0 (ausência de anomalia de CPUE).

O valor médio diário de CPUE durante os invernos de 2014-2016 foi de 4,1 kg/h com grande variabilidade nessa estação (Figura 7). Entre os dias 12 a 15/06/2014 foi observado o valor mais extremo negativo de nível do mar de todo o inverno desse ano, aproximadamente, com -1,93 m em relação à média da série. Nesse período também houve um aumento da anomalia da CPUE diária em relação aos dias anteriores do mesmo mês, chegando a 13,1 kg/h no dia 14/06/2014. Ainda a respeito do inverno de 2014, dos dias 20/07 a 04/08 houve persistência de valores mais negativos do nível do mar seguida da anomalia mais intensa da CPUE de 48,6 kg/h no dia 29/07/2014. Outro valor extremo de maré baixa foi observado entre 07 e 08/08/2014, porém a anomalia da CPUE não apresentou um aumento associado. Entre 12 a 18/08/2014 e 22 a 26/08/2014 foram notados dois máximos dos desvios da CPUE apesar dos desvios negativos do nível do mar não terem disso tão intensos em comparação com os demais dias do inverno desse ano.

Para o inverno de 2015, a mais intensa anomalia positiva da CPUE em comparação com todos os outros dias desse período ocorreu em 01/06/2015 sendo de 95,6 kg/h, porém, a anomalia do nível do mar não foi a mais negativa da série. Já em 27/06/2015, foi registrado -2,19

m abaixo da média durante algumas horas. Nos dias imediatamente seguintes, os desvios negativos do nível do mar não estiveram tão intensos em relação aos observados durante agosto de 2015 e também não houve desvios expressivos da CPUE. Entre 08 e 09/08/2015 se observou -1,96 m de nível do mar seguido de aumento da anomalia da CPUE de 41,6 kg/h.

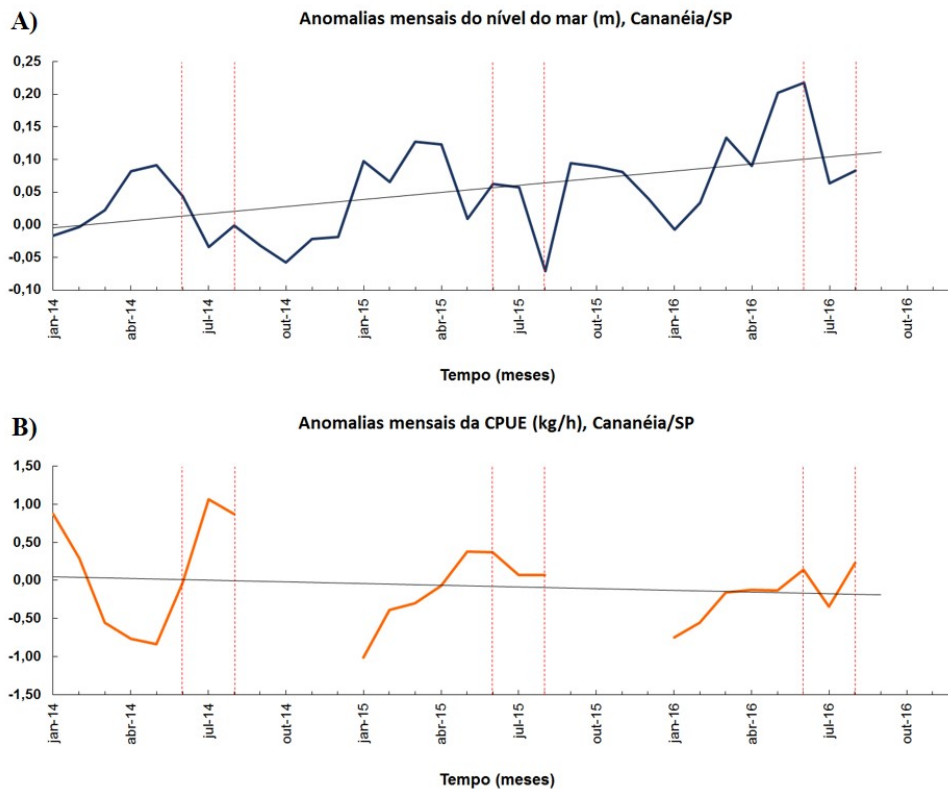
Para JJA de 2016 não se observou eventos extremos de maré baixa inferiores a -2 desvios padrão da série filtrada. As anomalias diárias positivas da CPUE durante esse inverno foram menos intensas quando comparadas com as observações dos anos anteriores o que reforça a relação de dependência inversa com o nível do mar. Através da interpretação da figura 7 notou-se uma relação inversa entre o comportamento da maré e CPUE do mexilhão corroborando com dados obtidos nos estudos de Dias et al. (2007) e Freitas et al. (2012).

É sugerido que os períodos de persistência da maré baixa, seguidos de valores extremos, tenha resultado em maior exposição dos mexilhões explicando o menor esforço durante os picos de máxima captura. Ou seja, os valores positivos das anomalias de CPUE representaram o aumento da disponibilidade dos mexilhões em função do menor esforço de coleta pela influência relativa

da maré baixa. Porém, essa relação não foi sempre estabelecida ao longo de todo o período estudado indicando que outras variáveis de origem física, biológica ou inerente à própria atividade possam ter influenciado a captura dos mexilhões.

A figura 8 ilustra um comparativo entre as anomalias mensais de ambas as séries para todo

o período de 2014 a 2016. Os desvios negativos (positivos) de CPUE são entendidos como meses em que houve pouca (muita) captura em razão de muito (pouco) esforço. Os dados de captura foram ausentes, principalmente, durante os meses de setembro a dezembro em que tipicamente ocorre o defeso da espécie (IBAMA, 2006).



**Figura 8** - Anomalias mensais: (A) do nível do mar (m) e (B) da CPUE (kg/h) em Cananéia-SP durante os anos de 2014 a 2016. As linhas tracejadas destacam os meses de julho, julho e agosto de cada ano e as retas das tendências lineares estão em cinza.

O comportamento oposto das retas de tendências das Figuras 8A-B indicou uma relação inversa entre as variáveis. A série de anomalias do nível do mar apresentou tendência positiva sendo que o ano de 2016 teve meses com valores negativos menos intensos e positivos mais intensos que na maior parte da série (Figura 8A). Os desvios da CPUE apresentaram uma tendência negativa e justamente em 2016 ocorreu menos anomalias positivas que os invernos anteriores.

O comportamento oposto entre as tendências indicou correlação negativa entre as séries e que não tem relação com a sazonalidade já que essa foi eliminada. A correlação linear entre as séries para todos os meses dos três anos foi de  $r = -0,34$  ( $\text{valor-p} = 0,09$ ), ou seja, negativa, fraca e estatisticamente significativa. O  $r^2$  de 11% explica o percentual da variabilidade da CPUE do *Perna perna* no costão do Marujá que foi explicada pelo nível do mar durante todos os meses de 2014 a 2016. O valor fraco de

correlação pode ser explicado pela remoção da tendência e pelo curto tamanho da série que pode ter limitado a detecção das relações entre as variabilidades das séries temporais.

Considerando apenas os invernos (separados pelas retas tracejadas verticais) se observou que em 2014 as anomalias do nível do mar em junho ficaram ligeiramente acima da média, ao contrário de julho e agosto (Figura 8A). Não houve anomalia negativa da CPUE em nenhum dos três meses de inverno desse ano (Figura 8B) e em julho e agosto ocorreram os valores positivos mais intensos entre os invernos em análise. Durante o inverno de 2015, apesar de algumas ocorrências mais extremas de anomalias do nível do mar em comparação com os demais invernos, os valores mensais ficaram dentro da média em junho e julho enquanto que abaixo dela em agosto. E ainda, o comportamento anômalo da CPUE foi de normal a ligeiramente acima nesse período.

Em 2016 os valores mensais de nível do mar estiveram acima da média em junho e ligeiramente abaixo da média em julho e agosto. Nesse inverno a anomalia da CPUE também sugeriu relação com o comportamento anômalo mensal do nível do mar, pois variou pouco em relação aos outros invernos.

A correlação entre os desvios mensais durante o inverno foi de  $r = -0.5$  (*valor-p* = 0,1), correspondendo uma dependência negativa e moderada e significativa. O valor do  $r^2$  foi de 28% sugerindo que menos da metade da variabilidade de abundância do mexilhão em razão do esforço de captura foi explicada pela variabilidade do nível do mar nessa estação. O valor da correlação maior que o anterior que foi calculado para todos os meses dos anos em análise possivelmente porque o inverno é um período mais propício para o tipo de atividade pesqueira já que de setembro a dezembro ocorre o defeso da espécie.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### ***Quais características dos eventos extremos negativos do nível do mar foram forçadas pelo Transporte de Ekman durante os invernos de 2014 a 2016 sobre a região de Cananéia/SP?***

Estudos anteriores relatam que o inverno não é a estação climatológica favorável à diminuição do nível do mar sobre a região do estudo, logo é importante analisar as ocorrências de eventos extremos nessa estação. No presente estudo, foram totalizadas 69 horas com maré baixa extrema forçadas pelo Transporte de Ekman apresentando valores abaixo de -2 desvios padrão da média do período, ou seja, inferiores a -0,207 m. Os casos foram detectados durante junho, julho e agosto de 2014 e 2015 não tendo sido observadas em 2016.

Um comparativo entre a diferença de magnitude das anomalias associadas ao efeito do Transporte de Ekman, astronômico e barômetro invertido foi realizado o que não é comumente encontrado na literatura. A forçante de baixa frequência foi importante no reforço das anomalias negativas, agindo de maneira construtiva, e também para enfraquecer o impacto da forçante astronômica e do barômetro invertido, agindo de maneira destrutiva, quando essas estiveram favoráveis ao aumento do nível do mar. Ou seja, os resultados demonstraram a importância da atmosfera na modulação do nível do mar.

Segundo Baptista et al. (2014), variações na temperatura do ar, na TSM, velocidade do vento e estratificação com camadas oceânicas superficiais, mudanças nas concentrações de nutrientes na água, entre outras variáveis do ambiente físico implicam diretamente na distribuição biológica e abundância de organismos costeiros. Isso ocorre devido as possíveis alterações na disponibilidade de nutrientes e nas taxas metabólicas que podem ser forçadas para adaptação às novas condições físicas, possivelmente, mudando as condições ideais para o crescimento e reprodução dos organismos. Na presente análise, é sugerida a influência da maré baixa como um facilitador para o extrativismo do *Perna perna*, resultando em maiores capturas por unidade de esforço. Porém, existem outras variáveis que influenciam a CPUE, visto que o índice é calculado em razão do esforço de operação. Ou seja, tais fatores podem estar relacionados tanto ao meio biótico quanto abiótico.

### ***Como a circulação atmosférica contribuiu com esses eventos?***

Essa análise não foi feita de maneira individual para cada um dos 69 casos, pois foi aplicada a técnica de composições de médias nas variáveis atmosféricas antes e durante as horas em que os casos foram observados. Os resultados reforçam estudos prévios, pois em média, antes dos eventos houve a presença de um anticiclone transiente posicionado próximo à costa favorecendo vento de direção leste na região de Cananéia, e durante as ocorrências a componente do vento esteve de nordeste e paralelo a costa. A contribuição do Transporte de Ekman se deu pelo deslocamento das águas costeiras para regiões oceânicas mais afastadas evidenciado a partir do resfriamento da temperatura da superfície do mar na região de estudo. A análise dessa variável trouxe mais um diferencial em relação a estudos prévios.

### ***Como os eventos selecionados se relacionaram com a extração do mexilhão *Perna perna*?***

A relação entre a série de anomalias negativas diárias do nível do mar e da CPUE do mexilhão mostrou um comportamento oposto, porém que não foi estabelecido ao longo de todo o período de inverno.

Uma análise mais detalhada considerando a correlação entre a série temporal mensal do nível do mar e do mexilhão, ambas sem tendências



lineares e para todos os meses de 2014-2015, mostrou relação fraca e negativa, enquanto que apenas para os meses de inverno, moderada e negativa. Considerando que as relações tiveram significância estatística é sugerido que a persistência de maré baixa seguida de valores extremos proporcionou uma maior disponibilidade de mexilhões no Costão do Marujá, dessa forma exigindo menor esforço e tempo de coleta. Alguns estudos como os de Freitas et al. (2006) e Nishida et al. (2012), apesar terem como principal objetivo as oscilações de influência lunar, citam e tratam da influência das oscilações de maré nas atividades de pesca em costões rochosos. A coleta durante a maré baixa é

preferida pelas marisqueiras (Freitas et al., 2012). Nishida et al. (2006) apontam que os pescadores e coletores atuam de acordo com o ciclo das marés e enfatizam a importância o conhecimento prévio do comportamento das oscilações para a escolha das saídas de operação e equipamentos de pesca.

### ***Que análises futuras são necessárias para complementar o estudo?***

É importante identificar associações entre a CPUE do *Perna Perna* e seu valor econômico com outras variáveis atmosféricas (temperatura e umidade do ar) quando da exposição desses organismos em situações de redução do nível do mar.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao apoio financeiro da Iniciação Científica do Projeto Universal (Proc. CNPq 426221/2016-8), ao editor e revisor do artigo. Os autores também agradecem ao UHSLC, GMAO/NASA e Instituto de Pesca/SP pelos dados disponibilizados, aos desenvolvedores dos softwares CDO, RStudio e GrADS, ao Laboratório GrEC/USP pela infraestrutura usada durante reuniões, aos Profs. Drs. Ricardo de Camargo, Ronaldo Adriano Christofolletti e Wandrey de Bortoli Watanabe pelas valiosas sugestões e à Universidade Federal de São Paulo onde a pesquisa foi realizada.

## **REFERÊNCIAS**

- ÁVILA-DA-SILVA, A.O., CARNEIRO, M.H. & FAGUNDES, L. Sistema Gerenciador de Banco de Dados de Controle Estatístico de Produção Pesqueira Marítima - ProPesq. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 11, CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1, Recife, Brasil, 17-21 /1999. **Anais...**Recife: 1999, v.2, p. 824-832.
- BAPTISTA, V.; ULLAH, H.; TEIXEIRA, C. M.; RANGE, P.; ERZINI, K.; LEITÃO, F. Influence of environmental variables and fishing pressure on bivalve fisheries in an inshore lagoon and adjacent nearshore coastal area. **Estuaries and coasts**, v. 37, n. 1, p. 191-205, 2014.
- CALDWELL, P.C.; MERRIFIELD, M.A.; THOMPSON, P.R. Sea level measured by tide gauges from global oceans as part of the Joint Archive for Sea Level (JASL) from 1846-01-01 to 2015-07-31. **National Oceanographic Data Center**, NOAA, v. 10, p. V5V40S7W, 2015.
- CAMARGO, R. & HARARI, J. **Marés**. In: Jorge Pablo Castello e Luiz Carlos Krug (Orgs.): Introdução às Ciências do Mar. Pelotas: Editora Textos. p. 226-255, 2015.
- CAMARGO, R. & HARARI, J. Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 42, n. 1-2, p. 19-34, 1994.
- CAMPOS, R.M.; CAMARGO, R.D.; HARARI, J. Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudoeste do Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 175-184, 2010.
- CAMPOS, R.O. & ANDRADE, H.A. Uma metodologia para estimativa de captura por área de pesca a partir de dados pouco informativos: o caso da pescaria de bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) na costa do Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 61-69, 2010.
- CARVALHAL, F. & BERCHEZ, F. A. S. Costão Rochoso, a diversidade em microescala. **Textos Educacionais, EDUSP**. 2009. Disp. em: [http://www.ib.usp.br/ecosteiros/textos\\_educ/costao/index2.htm](http://www.ib.usp.br/ecosteiros/textos_educ/costao/index2.htm). Acessado em: 11nov2019.
- CLAYSON, C.A & BROWN, J. NOAA CDR Program (2016). NOAA Climate Data Record (CDR) of Sea Surface Temperature - WHOI, Version 2. **NOAA National Climatic Data Center**. DOI: 10.7289/V5FB510W.
- DIAS, T.L.P.; ROSA, R. DE S.; DAMASCENO, L.C.P. Aspectos socioeconômicos, percepção ambiental e perspectivas das mulheres marisqueiras da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Rio Grande do Norte, Brasil). **Gaia Scientia**, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2007.
- DUCHON, C. E. Lanczos filtering in one and two dimensions. **Journal of applied meteorology**, v. 18, n. 8, p. 1016-1022, 1979.
- FIGUEIREDO FILHO, D.B. & SILVA JÚNIOR, J.A.D. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.
- FREITAS, S.T., PAMPLIN, P.A.Z., LEGAT, J., FOGAÇA, F.H.D.S.; BARROS, R.F.M.D. Conhecimento tradicional das marisqueiras de Barra Grande, área de proteção ambiental do delta do Rio Parnaíba, Piauí, Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 2, p. 91-112, 2012.
- GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia** – Tradução da 7a edição norte-americana, 2. ed. São Paulo, SP: **Cengage Learning**, 480 p., 2016.
- GELARO, R.; MCCARTY, W.; M.J. SUÁREZ; TODLING, R.; MOLOD, A.; TAKACS, L.; RANGLES, C.A.; DARMENOV, A.; BOSILOVICH, M.G.; REICHLE, R.; WARGAN, K.; COY, L.; R.; CLARA DRAPER, C.; AKELLA, S.; BUCHARD, V.; CONATY, A.; SILVA, A.M.; GU, W.; KIM, GI-K.; KOSTER, R.; LUCCHESI, R.; MERKOVA, D.; JONIELSEN, J.E.; PARTYKA, G.; PAWSON, S.; PUTMAN, W.; RIENECKER, M.; SIEGFRIED, D. SCHUBERT, D.; SIENKIEWICZ, M.; ZHAO, B.; LESS, V. A análise retrospectiva da era moderna para pesquisa e aplicações, versão 2 (MERRA-2). **Journal of Climate**, v. 30, n.14, p.5419-5454, 2017.
- GERLING, C.; RANIERI, C.; FERNANDES, L.; GOUVEIA, M.T.J.; ROCHA, V. Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores. **Santos: Comunicar**, 2016.
- GOMES, M.P.; FERNANDES, F.C.; BASTOS, M.P. Crescimento de mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758) (Mollusca:

- Bivalvia) em sistema de cultivo “LongLine” na enseada do Sítio Forte – Ilha Grande – Angra dos Reis / RJ. In: VII CONGRESSO LATINO-AMERICANO SOBRE CIÊNCIAS DO MAR, 1, 1997, Brasil. *Anais...Santos*.
- HANS, R. **Sazonalidade da produção de sementes do mexilhão *Perna perna* (L) em costões rochosos da baía de Santos**. São Paulo, Brasil, 2009. 64 p. Tese (Doutorado em Aquicultura e Pesca), Instituto de Pesca de São Paulo.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. Simulação da propagação das nove principais componentes de maré na plataforma sudeste brasileira através de modelo numérico hidrodinâmico. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 35-54, 1994.
- HENRIQUES, M.B. **Resistência do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) proveniente de bancos naturais da baixada santista, a variações de temperatura, salinidade, tempo de exposição ao ar e determinação da incidência de parasitismo**. Rio Claro, 2004. 113 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.
- HENRIQUES, M.B.; MACHADO, I.C.; CAMPOLIM, M.B. Ordenamento da mitilicultura de pequena escala na comunidade tradicional do Pontal de Leste, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia-SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 33, n. 2, p. 137-146, 2018.
- HORA, M.M. Navegação em águas raras e efeito squat. 2015. Disp. em: <http://repositorio.mar.mil.br/handle/ripcmb/451520>. Acessado em: 25jan2020.
- IBAMA, 2006. INSTRUÇÃO NORMATIVA n° 105, de 20 de julho de 2006. **Estabelece regras de ordenamento pesqueiro para a extração de mexilhões *Perna perna* de estoques naturais e os procedimentos para instalação de empreendimentos de malacocultura em Águas de Domínio da União no Litoral Sudeste-Sul do Brasil**. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de julho de 2006, Seção 1, p.69.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil**. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 176 p. 2011
- LEAL, M.C.J. **Aproximação metodológica ao diagnóstico de áreas litorâneas com aptidão para a maricultura: aplicações no estado de São Paulo**. 2000. 340 p. Tese (Doutorado em Ciências, Oceanografia Biológica), Instituto Oceanográfico/USP, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LEVINTON, J.S. **Marine biology - function, biodiversity and ecology**. Oxford: University Press Inc., 420 p., 1995.
- LINNAEUS, Carolus. *Systema naturae*. Laurentii Salvii: Stockholm, 1758.
- LISITZIN, E. **Sea Level Changes**, Elsevier Scientific Publishing Co., New York. 286 p., 1974.
- MANZONI, G.C. & MARENZI, A.W.C. Cultivo de Moluscos Marinhos em long-line de meia água na Armação do Itapocoroy, Penha, SC. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11, 2000, Florianópolis. *Anais...Florianópolis*.
- MANZONI, G.C. **Cultivo de mexilhões *Perna perna*: evolução da atividade no Brasil e avaliação econômica da realidade de Santa Catarina**. 2005, 255 p. Tese (Doutorado em Centro de Ciências Biológicas), Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- MENDONÇA, J.T. & CORDEIRO, A.G. Estatística pesqueira do Litoral Sul de São Paulo-metodologia e resultados. **Relatos de Pesquisas e outras Experiências Vividas no Vale do Ribeira**. Cap. v. 9, p. 171-190, 2010.
- MILANELLI, J.C.C. **Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião-São Paulo**. 2003. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica), Instituto Oceanográfico/USP, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MORENO, T.R. & ROCHA, R.M. Ecologia de costões rochosos. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 83, 2012.
- NISHIDA, A.K.; NORDI, N.; ALVES, R. The lunar-tide cycle viewed by crustacean and mollusc gatherers in the State of Paraíba, Northeast Brazil and their influence in collection attitudes. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 2, n. 1, p. 1, 2006.
- PRICE, J.F.; WELLER, R.A.; SCHUDLICH, R.R. Wind-driven ocean currents and Ekman transport. *Science*, v. 238, n. 4833, p. 1534-1538, 1987.
- PUGH, D.T., **Tides, Surges and Mean Sea Level**. Great Britain: John Wiley & Sons, 472 p., 1987.
- REBOITA, M.S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, B.; PINHEIRO, R.; ROCHA, R.P.D. The South Atlantic subtropical anticyclone: present and future climate. *Frontiers in Earth Science*, v. 7, p. 8, 2019.
- RIOS, E.C. Compendium of Brazilian sea shells: 1-676. **Rio Grande, RS**, 2009.
- SCHRAMM, M.A. **Caracterização e aproveitamento de mexilhões *Perna perna* (Linné, 1758)**. Porto Alegre: FURG, 1993. 54 p., 1993.
- SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **Defeso do Mexilhão tem início em Setembro**. Notícias – Destaques. Disp. em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2016/09/defeso-do-mexilhao-tem-inicio-em-setembro/>. Acessado em: 08nov2019.
- SILVA, J.D.L. **Os desdobramentos e conflitos da criação do Parque Estadual Ilha do Cardoso sob a ótica do modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem)**. Presidente Prudente, 2014. 204 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. **Statistical methods, 6th edn**. Ames. Iowa, USA: Iowa State University Press, v. 129, p. 31, 1967.
- STECH, J.L. & LORENZZETTI, J.A. The Response of the South Brazil bight to the passage of wintertime cold fronts, *Journal of Geophysical Research*, v. 97, NO. C6, p.9507-9520, 1992.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. Quaternary marine formations of the State of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, SÃO PAULO, 1978. São Paulo. Atas...São Paulo: SBG/IGUSP, Special Publication, 1978, n. 1, 55 p.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.; DOMINGUEZ, J.M.; FLEXOR, J.M.; DE AZEVEDO, A.E. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 15, n. 4, p. 273-286, 2018.
- VALERIO, L.D.M. **Previsão do Nível do Mar por Redes Neurais Artificiais: Um Estudo de Caso para o Litoral Norte de São Paulo**. 2016. 117 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.
- YNOUE, R.Y.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; SILVA, G.A.M. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 184 p., 2017. ISBN 978-85-7975-263-6. eISBN: 978-85-7975-264-3

Submetido em 4 de julho de 2020  
Aceito para publicação em 7 de janeiro de 2021