

BIOMASSA MICROFITOBENTÔNICA NA FRANJA DE BOSQUES DE MANGUE DO ESTUÁRIO DE SANTOS (SP, BRASIL)

Cláudio Parreira Almada Rezende, João Marcos Miragaia Schmiegelow

Universidade Santa Cecília, Santos, SP, Brasil. (almada2@gmail.com)

RESUMO

O microfitobentos representa a comunidade de algas eucariotas fotossintetizantes e cianobactérias que vivem junto ao substrato. Desempenham um importante papel na cadeia alimentar, servindo como alimento para meiofauna, foraminíferos e outros herbívoros bentônicos, desta forma contribui para uma das bases da teia alimentar, podendo alcançar os níveis mais altos da macrofauna e megafauna. Neste estudo analisou-se a biomassa microfitobentônica de 7 bosques de mangue no estuário de Santos, isto foi possível através da análise com espectrofotômetro dos teores de clorofila-a e feopigmentos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados a fatores ambientais e fitossociológicos de outros estudos nesta região, a fim de identificar possíveis correlações. Os resultados mostraram que não há biomassa microfitobentônica significativa, sendo que, em todos os casos houve predominância de feopigmentos, isto que não há condições propícias para o desenvolvimento do microfitobentos. Não houve diferença significativa considerando os teores de clorofila-a e em relação à razão de clorofila-a/feopigmentos. Entretanto, considerando apenas os teores de feopigmentos, notou-se diferença estatística entre Rio Branco e Rio Diana, Rio Branco e Ilha Barnabé e Rio Branco e Rio Queirozes. Não foi encontrada correlação entre os teores de clorofila-a e feopigmentos com as variáveis ambientais, entretanto, houve correlação negativa entre a razão de clorofila-a/feopigmentos com o teor de umidade do substrato. Tendo em vista a importância do microfitobentos no contexto ecológico, o presente estudo caracterizou este ambiente e poderá contribuir em futuras pesquisas para compreender esta comunidade e suas relações.

Palavras Chave: Microfitobentos, Clorofila-a, Feopigmentos, Estuário.

1. Introdução

O termo microfitobentos refere-se às algas eucariotas fotossintetizantes e cianobactérias, que vivem junto ao substrato (MACINTYRE et al., 1996). Esta comunidade desempenha um importante papel na cadeia alimentar, pois serve de alimento para a meiofauna, foraminíferos e outros herbívoros bentônicos, formando uma das bases da teia alimentar que alcança os níveis mais altos da macrofauna e da megafauna (DAVID, 2003).

Segundo SOUZA (1979), a região bentônica é fonte de matéria orgânica para o meio aquático e tem sido objeto de múltiplas investigações, este material é depositado continuamente e, sob condições aeróbias, promove o desenvolvimento de uma população de fauna e flora rica e diversificada.

Um dos fatores relevantes para a produtividade é a intensidade da luz, pois a sua biomassa diminui com o aumento da coluna d'água sobrenadante (MACINTYRE & CULLEN, 1995). Estas algas tendem a não ocorrer em sedimentos que estejam expostos ao ar durante um certo período de tempo pois sofrem dessecação. Elevados níveis de energia hidrodinâmica,

que ocorrem em zonas sujeitas às fortes correntes de maré ou ondas, estão associados à baixa biomassa das microalgas bentônicas (MILLER et al. 1992).

Este grupo portanto ganha importância em ambientes com baixo hidrodinamismo como os estuários. Estes ambientes possuem uma grande importância ecológica, devido a elevada produtividade e ao aporte de matéria orgânica das áreas adjacentes, tornando-se meios adequados para reprodução e alimentação de diversos organismos aquáticos e terrestres (DAY et al. 1989).

SOUZA (1985) relata que no sistema estuarino de Santos (SP), a produção primária feita pelo microfitobentos possui uma contribuição significativa. Sempre que analisadas as amostras no interior do estuário, os valores de produção primária e/ou biomassa foram maiores que nas regiões costeiras próximas.

Mesmo ao se analisar a região costeira de Santos e Guarujá, SOUZA & DAVID (1996) afirmam que, entre diversos fatores, as variações dos pigmentos fotossintetizantes estão relacionadas à matéria orgânica trazida pelo estuário.

O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição da biomassa microfitobentônica na região da franja dos bosques de mangue no estuário de Santos.

2. Material e Métodos

Foram escolhidas sete franjas de bosques de mangue dentre as 20 estudadas por SCHMIEGELOW

(2009). Isso foi feito, pois, este autor avaliou a fitossociologia e a granulometria desses bosques. São eles: Ilha Barnabé, Rio Branco, Rio Diana, Rio Piaçabuçu, Rio Quilombo, Rio Queirozes e Rio Santana (Figura 1).

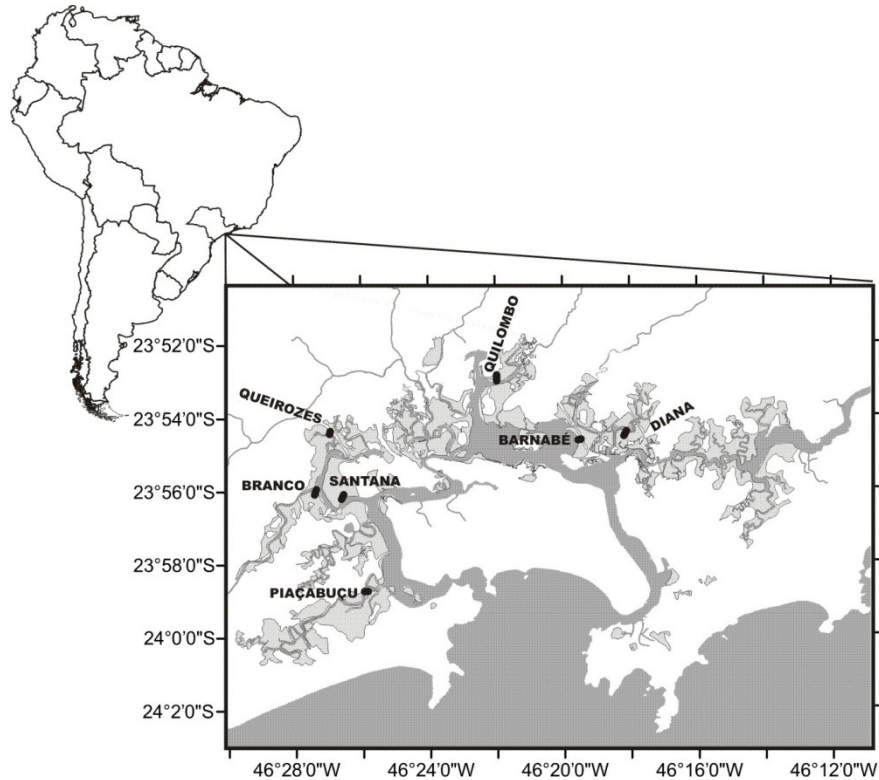


Figura 1. Localização dos locais amostrados.

Em cada um destes locais foram coletadas cinco amostras; os pontos de amostragem de cada área foram selecionados através de uma tabela de números aleatórios do Microsoft Excel, tanto para a distância do ponto central da parcela (até 15 m de distância), quanto para o seu sentido.

A coleta das amostras ocorreu no dia 23 de abril de 2011. Retirou-se o primeiro centímetro de sedimento com uma seringa plástica com diâmetro interno de 13 mm. O sedimento foi acondicionado em frasco preto com tampa e conservado em recipiente isotérmico com gelo até o armazenamento em freezer (-20°C).

Para a realização da estimativa da biomassa foram mensurados os teores de clorofila-a e feopigmentos; o processo de coleta e extração do material foi baseado em (SOUZA et al., 1997) - para realizar os cálculos matemáticos foram utilizadas as fórmulas descritas por PLANTE-CUNY (1978).

Os frascos com as amostras foram pesados sem tampa em uma balança semi-analítica com precisão de

0,001g, para obtenção do peso úmido. Para a extração da clorofila-a e feopigmentos adicionaram-se 10 ml de acetona P.A. a cada amostra e foram mantidas 24 horas em geladeira.

Após este período cada amostra foi centrifugada durante 10 minutos a 2000 rpm e o conteúdo sobrenadante foi retirado para realizar as leituras com o espectrofotômetro CELM E-225D. Os níveis de absorbância foram lidos nos comprimentos de onda 750nm e 665nm para obter os teores de clorofila-a, sendo as amostras posteriormente acidificadas com duas gotas de HCl 1N e novamente lidas no espectrofotômetro para obtenção dos teores de feopigmentos.

As amostras foram secas em estufa a 60°C por 24 horas e pesadas para a obtenção do peso seco. Por fim os frascos foram lavados, secos e pesados. Para a realização da estimativa dos teores de clorofila-a e feopigmentos foram utilizadas as seguintes equações Plante-Cuny (1974):

$$\mu\text{gCl-a.g}^{-1} = \frac{26,7(\text{DO665o} - \text{DO665a}) \times (\text{vol. água da amostra, cm}^3 + \text{vol. acetona, cm}^3)}{(\text{peso da amostra seca, g}) \times (\text{trajeto óptico, cm})}$$

$$\mu\text{gFeo-a.g}^{-1} = \frac{26,7((1,7 \times \text{DO665a}) - \text{DO665o}) \times (\text{vol. água da amostra, cm}^3 + \text{vol. acetona, cm}^3)}{(\text{peso da amostra seca, g}) \times (\text{trajeto óptico, cm})}$$

Considerando:

DO 665o = Leitura no comprimento de onda de 665nm.

DO 665a = Leitura no comprimento de onda de 665nm, após acidificação.

26,7= Taxa de absorção da clorofila

1,7 = Taxa de 665o / 665a na ausência de feopigmentos

Trajeto óptico = Espessura da cubeta = 1 cm

Volume de água da amostra foi obtido pela diferença: Peso úmido - Peso seco

Aplicou-se Kruskal-Wallis entre os dados de clorofila-a e feopigmentos entre os locais estudados a fim de se verificar a ocorrência ou não de diferença significativa entre os valores.

Nos mesmos locais de obtenção das amostras, obteve-se o grau de compactação do substrato, a salinidade intersticial, o teor de umidade e o teor de matéria orgânica (HENRIQUES & FONSECA, 2011).

Para verificar possíveis correlações entre os dados de clorofila-a e feopigmentos do microfitobentos

com os dados ambientais de SCHMIEGELOW (2009), de HENRIQUES & FONSECA (2011) e do presente estudo, foi aplicado o teste de Spearman.

3. Resultados

O teor de clorofila-a do microfitobentos para todos os locais estudados foi igual a 13,52±6,14 µgCl-a.g⁻¹ e o de feopigmentos foi 57,22±30,19 µgFeo-a.g⁻¹.

O maior valor de clorofila-a ocorreu no Rio Santana e o menor no Rio Queirozes, sendo que em todos os locais amostrados os teores de feopigmentos foram superiores à clorofila-a (Tabela 1; Figura 2). O maior teor de feopigmentos ocorreu no Rio Piaçabuçu e o menor na Ilha Barnabé (Tabela 1), mas segundo o teste de Kruskal-Wallis para clorofila-a não mostrou diferença significativa entre os locais (p=0,18).

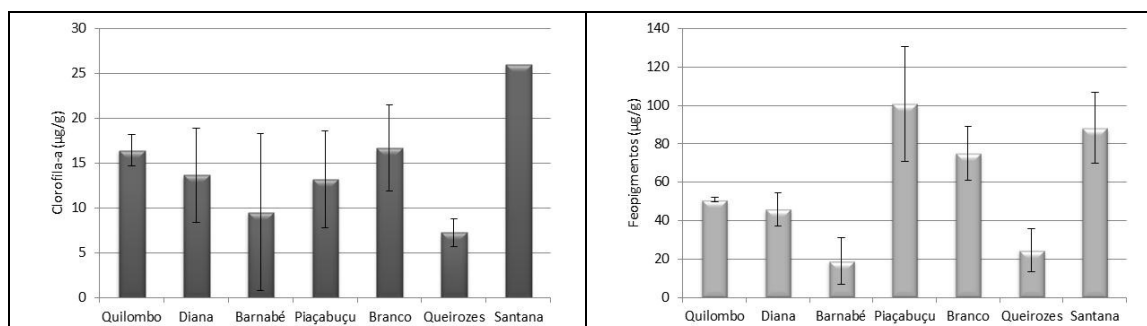


Figura 2: Teor de clorofila-a (esquerda) e feopigmentos (direita) para os locais estudados. As linhas referem-se ao intervalo de confiança (α = 0,05). Note que as escalas são diferentes.

Tabela 1: Teores médios de clorofila "a" e feopigmentos com respectivos desvios-padrão.

Local	Clorofila-a (µgCl-a.g ⁻¹)	Feopigmentos (µgFeo-a.g ⁻¹)
Rio Quilombo	16,44 ± 1,24	50,98 ± 0,88
Rio Diana	13,67 ± 5,38	46,02 ± 8,81
Ilha Barnabé	9,53 ± 7,73	18,99 ± 10,84
Rio Piaçabuçu	13,19 ± 3,92	100,90 ± 21,58
Rio Branco	16,67 ± 4,89	75,06 ± 16,00
Rio Queirozes	7,24 ± 1,36	24,64 ± 10,04
Rio Santana	26,03	88,28 ± 16,24

Para o feopigmentos, entretanto, identificaram-se diferenças significativas entre os locais ($p=0,004$) por este método. O teste de Bonferroni mostrou que, estatisticamente as diferenças ocorreram entre Rio Branco e Rio Diana ($p=0,02$), entre o Rio Branco e Ilha Barnabé ($p=0,04$) e entre o Rio Branco e Rio Queirozes ($p=0,04$).

O maior valor médio para razão de clorofila-a e feopigmentos foi para Ilha Barnabé com $1,07 \pm 1,50$, enquanto, o menor valor médio foi do Rio Piaçabuçu

com $0,13 \pm 0,01$ (Figura 3). A aplicação do teste de Kruskal Wallis para clorofila não mostrou diferença significativa entre os locais ($p=0,24$).

O teste não paramétrico de Spearman não mostrou correlação entre os teores de clorofila-a e feopigmentos com as variáveis ambientais (Tabela 2).

Este teste, entretanto, identificou correlação negativa ($r=-0,83$) entre a razão de clorofila-a/feopigmentos com teor de umidade do substrato.

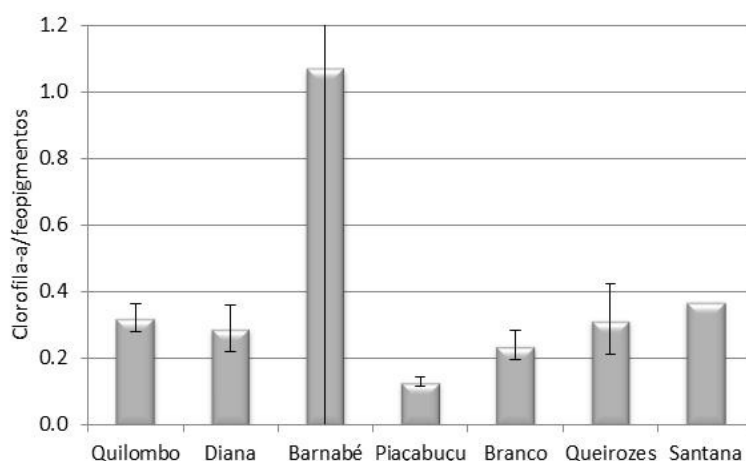


Figura 3: Razão do teor de clorofila-a e feopigmentos para os locais estudados. As linhas referem-se ao intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

Tabela 2. Valores de "p" obtidos no teste de Spearman.

	Clorofila-a	Feopigmentos	Razão Cl/Feo
Clorofila	-	0,61	0,88
Feopigmentos	0,14	-	0,19
Umidade	0,4	0,5	0,03
Matéria Orgânica	0,84	0,14	0,22
Salinidade	0,78	0,71	0,99
Compactação	0,91	0,44	0,10
Granulometria	0,71	0,24	0,26
Serrapilheira	0,07	0,84	0,73
Densidade	0,11	0,09	0,24
Altura	0,07	0,24	0,51
Área Basal	0,27	0,71	0,15
Razão Cl / Feo	0,88	0,19	-

4. Discussão

Poucos estudos foram feitos no Brasil, em especial na Baixada Santista. Neste ambiente foram publicados os trabalhos de SOUZA (1979), SOUZA (1985), DAVID (1997) e DAVID (2003). A maioria deles ocorreu nos ambientes de praia com poucos pontos de coleta influenciados pelo sistema estuarino de Santos.

Os substratos das franjas dos manguezais estudados não mostraram ter uma significativa biomassa microfitobentônica, já que os teores de clorofila-a foram baixos. Além disso, foram relativamente uniformes, e assim não é surpresa que não mostraram qualquer correlação com os fatores ambientais e estruturais dos bosques.

Aliado ao fato de haver baixa concentração de clorofila-a, os teores de feopigmentos mostraram-se altos, indicando que os locais estudados não apresentam condições propícias para o desenvolvimento de uma comunidade microfitobentônica produtiva. Este resultado é semelhante ao encontrado por SOUZA (1985) e SCHMIEGELOW (dados não publicados) na região. FONSECA (2006) também encontrou essa característica em um estuário de Santa Catarina. SOUZA (1979), afirma que este padrão tende a ser comum no sedimento de fundo, pois o microfitobentos ao morrer, mantém-se junto ao fundo.

Dentre todos os locais estudados, o Rio Piaçabuçu teve o maior valor de matéria orgânica, isto sugere que há alta taxa de decomposição vegetal neste local. Considerando que o teor de feopigmentos encontrado também pode ser relacionado à clorofila degradada de outras matérias orgânicas vegetais, é possível que isso contribua para os altos teores de feopigmentos. Em relação à Ilha Barnabé, onde foi encontrado o menor teor de feopigmentos, deve-se considerar que dentro todos os locais estudados, é neste que ocorre o menor valor para granulometria, este pode ser um fator limitante para a comunidade de microfitobentos, considerando que estes normalmente são localizados na região intersticial.

A variação de feopigmentos pode ser causada em função de sua origem e movimentação do corpo de água. As características de ocupação e a ocorrência de locais com maior ou menor hidrodinamismo, além de condições favoráveis à decomposição, determinam a sua distribuição (PLANTE CUNY & BODOY, 1987). É importante considerar que o feopigmentos trata-se de material em decomposição, logo deve oferecer menor resistência ao transporte (DAVID, 2003).

Em trabalhos realizados em ambientes de praia (DAVID, 1997; MARGEM & MACHADO, 2001), observaram que ao contrário dos resultados deste estudo, na maioria dos casos houve dominância de clorofila-a. Além da deposição da clorofila do microfitobentos, possivelmente esta diferença também seja influenciada pela disponibilidade de luz (MACINTYRE et al., 1996; LOASSACHAN et al., 2009), que no ambiente estuarino é reduzido em função dos bosques do mangue.

Considerando a razão de clorofila-a e feopigmentos, observou-se que, embora os bosques possuam características ambientais diferentes, os valores foram muito semelhantes – exceção feita ao Rio Piaçabuçu, que teve o menor valor para a razão e o para granulometria, umidade e matéria orgânica (Rio Santana e Ilha Barnabé não se pode obter maiores conclusões).

5. Conclusão

O ambiente estudado não mostrou uma biomassa microfitobentônica significativa. Em todos os casos houve predominância de feopigmentos - isto indica que os locais amostrados não apresentam condições propícias para o desenvolvimento do microfitobentos, sendo que a alta taxa de decomposição de outros materiais vegetais também deve ter contribuído para os valores encontrados.

Não se observou diferença significativa do teor de clorofila-a entre os locais estudados. Para os feopigmentos, ocorreram diferenças estatísticas entre Rio Branco e Rio Diana, entre o Rio Branco e Ilha Barnabé e entre o Rio Branco e Rio Queirozes. A razão entre clorofila-a e feopigmentos também não mostrou diferença estatística entre os locais. Não se encontrou também correlação entre os teores de clorofila-a e feopigmentos com as variáveis ambientais. Identificou-se entretanto correlação negativa entre a razão de clorofila-a/feopigmentos com teor de umidade do substrato.

6. Referências

- CLOUGH, B. F. **Coastal and Estuarine Studies. Tropical Mangrove Ecosystems.** American Geophysical Union, 1992. 329p.
- CUZZUOL, G. R. F.; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 227-234, 2001.
- DAVID, C. J. **Contribuição para o estudo da distribuição do microfitobentos da região estromarés de praias da Baixada Santista, Estado de São Paulo.** 1997. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DAVID, C. J. **Distribuição da biomassa microfitobentônica na baía de Santos (SP, Brasil), com ênfase na região do emissário submarino, aspectos da produção primária e da florística.** 2003. Instituto Oceanográfico - Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DAY Jr., J.W.; HALL, C. A. S.; KEMP, W. M.; YNZ-ARANCIBIA, A. **Estuarine ecology.** New York: John Wiley & Sons, 1989, 558p.
- FONSECA, G.; NETTO, A. S.; Shallow sublittoral benthic communities of the laguna estuarina system, South Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, n. 1, p. 41-54, 2006.
- FRANCO, A. O. R.; MORETZ-SOHN, C. D.; CARMO, F. B. M.; FONTENELE, D. P.; CAVALCANTE, R. M.; PINHEIRO, L. S. Avaliação das condições ambientais do estuário Pacoti, Costa Cearense (NE - Brasil). **Evidências baseadas na análise de testemunho sedimentar.** In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2011.
- HENRIQUES, T. B.; FONSECA, C. 2011. Análise da compactação do solo e sua influência na estrutura dos bosques de manguezais do Sistema Estuarino de Santos - SP. In: CONIC, Santos, 2011.
- JUNIOR, C. C. Gradiente de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de

- Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, n. 2, 2009.
- LOASSACHAN, N.; ICHIMI, K.; TADA, K. Evidence of Microphytobenthic Roles on Coastal Shallow Water of the Seto Inland Sea, Japan. **Journal of Oceanography**, vol. 65, p. 361-372, 2009.
- MACINTYRE, H. L., CULLEN, J. J. Fine-scale vertical resolution of chlorophyll and photosynthetic parameters in shallow-water benthos. **Marine Ecology Progress Series**. vol. 122, p. 227-237, 1995.
- MACINTYRE, H. L.; GEIDER, R. J.; MILLER, D. C. Microphytobenthos: The Ecological Role of the "Secret Garden" of Unvegetated, Shallow-Water Marine Habitats. I. Distribution, Abundance and Primary Production. **Estuaries**, vol. 19, p. 186-201, 1996.
- MARGEM, H.; MACHADO, M. C. Abundância Das Clorofilas A, B e C e Feopigmentos Do Microfitobentos Da Areia De Duas Praias Expostas Do Litoral Do Rio De Janeiro (Brasil). In: IX CONGRESO LATINO AMERICANO SOBRE CIENCIAS DEL MAR, Colombia, 2001.
- MIDDELBURG, J. J. *et al.* The fate of intertidal microphytobenthos carbon: An in situ ¹³C-labeling study. **American Society of Limnology and Oceanography**, 2000.
- MILLER, D. C.; BOCK, M. J.; TURNER, E. J. Deposit and suspension feeding in oscillatory flows and sediment fluxes. **Journal of Marine Research**, v. 50, p. 489-520, 1992.
- MUROLO, P. P. A. M. *et al.* Spatio-Temporal Variations of Microphytobenthos in the Botafogo and Siri estuaries (northeast - Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, vol. 54, 2006.
- ODUM, P. E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara S.A., 1983, 434p.
- PLANTE-CUNY, M.R. Évaluation par spectrophotométrie des teneurs en chlorophylle "a" fonctionnelle et en phéopigments des substrats meubles marins. **Office de la recherche scientifique et technique outre-mer**, 1974.
- PLANTE-CUNY, M.R. Pigments photosynthétiques et production primaire des fonds meubles néritiques d'une région tropicale (Nosy-Bé, Madagascar). **Station Marine d'Endouane et Centre d'Océanographie**, 1978.
- PLANTE-CUNY, M.R.; BODOY, A. Biomasse et production primaire du phytoplancton et du microphytobenthos de deux biotopes sableux (Golfe de Fos, France). **Oceanologica ACTA**, vol.10, n. 2, 1987.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G. The Cananéia Lagoon Estuarine System, São Paulo, Brazil. **Estuarine Research Federation**. vol.13, n. 2, p. 193-203, 1990.
- SCHMIEGELOW, J. M. M. **Manguezais do Sistema Estuarino de Santos(SP): Estrutura e Produção de Serapilheira**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, M. A. B.; BERNINI, E.; CARMO, T. M. S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, vol. 19, n. 3, p. 465-471, 2005.
- SOUSA, E. C. P. M.; DAVID, C. J. Variação diária dos pigmentos fotossintetizantes do microfitobentos da Praia de Aparecida, Santos, (23 58'48S- 46 19'00W), São Paulo, Brasil. **REVISTA BRASILEIRA DE BIOLOGIA**, São Paulo, v. 56, n. 1, p. 147-154, 1996.
- SOUZA, E. C. P. M. **Produção primária bentônica da zona entre marés em praias da Baixada Santista**. 1979. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.
- SOUZA, E. C. P. M. **Estudos sobre a variação da produção primária bentônica da região entre-marés de praias da Baixada Santista**. 1985. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- SOUZA, E. C. P. M.; EICHLER, B. B.; PETROSINO, M.; TREUHERZ, A. S. Métodos de amostragem e avaliação quantitativa do microfitobentos e foraminíferos marinhos. **Relatório Técnico do Instituto Oceanográfico**, v.39, p. 1-8, 1997.
- SUGUIO, K. 2003. **Geologia Sedimentar**. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003, 400p.