

## CAPÍTULO 4

# COMPOSIÇÃO DAS MICROALGAS DAS PRAIAS TURÍSTICAS DA ILHA DO MARAJÓ, DURANTE UM EVENTO DE MORTANDADE DE PEIXES (PARÁ, BRASIL)

*Data de aceite: 02/05/2024*

### **Eliane Brabo de Sousa**

Doutorado em Saúde Coletiva. Instituto  
Evandro Chagas

### **Aline Lemos Gomes**

Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca.  
Instituto Evandro Chagas

### **Celly Jenniffer da Silva Cunha**

Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca.  
Instituto Evandro Chagas

### **Elivam Rodrigues Vale**

Mestrado em Doenças Tropicais. Instituto  
Evandro Chagas

### **Adaelson Campelo Medeiros**

Doutorado em Saúde Coletiva. Instituto  
Evandro Chagas

### **Vanessa Bandeira da Costa Tavares**

Mestrado em Biologia Ambiental. Instituto  
Evandro Chagas

### **Samara Cristina Campelo Pinheiro**

Doutorado em Saúde Coletiva. Instituto  
Evandro Chagas

**RESUMO:** As microalgas das praias da Amazônia brasileira são pouco estudadas e sua dinâmica possivelmente está relacionada com a sazonalidade e contribuições das descargas de rios e estuários, com maior influência sobre os níveis de salinidade dos ambientes. Desta forma, o estudo teve como objetivo determinar a qualidade das águas, a composição, a densidade, a abundância, os índices ecológicos aplicados as microalgas de três praias estuarinas da Ilha do Marajó (Pará, Brasil). As coletas ocorreram nas praias de Joanes, Grande e praia do Pesqueiro durante maré de enchente, em setembro de 2022. Foram estabelecidos três pontos de coleta em cada praia, onde as microalgas foram coletadas através da filtragem de 200 litros de água em rede de plâncton de 45  $\mu\text{m}$  e diretamente na coluna sub- superficial da água para análise de densidade das microalgas, as quais foram analisadas através de microscopia óptica. A turbidez, cor verdadeira, alcalinidade, fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito, sulfato e microbiológicos, foram coletados e analisados conforme métodos de padrão internacional de análise ambiental de água. Os fatores pH, salinidade, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio

dissolvido e potencial de oxirredução foram analisados por sonda multiparamétrica. As águas das praias apresentaram fora dos padrões de qualidade através das variáveis ambientais oxigênio dissolvido ( $< 4,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ), elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal (23,6, 12,3 e  $15,6 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente Joanes, Grande e Pesqueiro), e por apresentarem virtualmente material flutuante e resíduos sólidos. O ponto localizado na vila dos pescadores, na praia do Pesqueiro, apresentou elevados valores de coliformes termotolerantes ( $1.226,2 \text{ NMP.100 mL}^{-1}$ ). As diatomáceas foram as mais representativas na composição das microalgas. A praia do Pesqueiro apresentou a maior densidade das microalgas ( $158,2 \pm 120,0 \times 10^3 \text{ ind.L}^{-1}$ ) com a Dominância da diatomácea *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg, a qual provocou menor diversidade, maior dominância e a menor equitabilidade das microalgas nesta praia. As espécies de microalgas refletiram a influência do Oceano Atlântico e da Baía do Marajó sobre as águas das praias. Faz-se necessário um monitoramento ambiental na região de estudo, visto apresentar alguns parâmetros sanitários alterados e um estudo para identificar possíveis fatores sazonais naturais e/ou antrópicos que influenciam na mortalidade de peixes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitoplâncton. Índices Ecológicos. Qualidade da água

## INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ambientes de importância ecológica, social, econômica e de saúde, tanto no aspecto das suas águas quanto dos sedimentos arenosos, onde são colonizadas intensamente por uma diversidade microbiana, incluindo bactérias e fungos patogênicos (BRANDÃO et al., 2022). Ecologicamente as praias são importantes no controle de erosão, na estabilização de linha costeira e mantenedoras de muitos microhabitats e, conseqüentemente, de mosaicos de ecossistemas de alta relevância ambiental, onde ocorrem os ciclos biogeoquímicos locais (OKAMOTO et al., 2022; MARIA et al., 2016).

Os produtores primários das praias arenosas são formados principalmente por macro e microalgas bentônicas (VAN ALSTYNE et al., 2015; JONES et al., 2020; BERGES et al., 2021) e microalgas do fitoplâncton que interagem com as microalgas bentônicas na interface água-areia contribuindo para a diversidade e a dinâmica trófica local (SOUSA et al., 2008; 2009).

Devido a extensão dos rios e diversidade de ecossistemas, as microalgas das praias da Amazônia brasileira são pouco estudadas e sua dinâmica possivelmente está relacionada com a sazonalidade e contribuições das descargas de rios e estuários, com maior influência sobre os níveis de salinidade dos ambientes (SOUSA et al., 2008; 2009; COSTA et al., 2011; MATOS et al., 2016a; MATOS et al., 2016b).

As praias amazônicas são pouco estudadas quanto a sua balneabilidade, qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, a exemplo das praias da ilha do Marajó, Norte do Brasil. O Marajó (Amazônia, Pará, Brasil) é uma grande extensão de terra recortada por inúmeros rios e estuários que lhe conferem a categoria de arquipélago, devido a formação de várias ilhas e ilhotas próximas, sendo a sua maior porção denominada

de Ilha do Marajó. O estudo teve como objetivo determinar a qualidade das águas, a composição, densidade, abundância e índices ecológicos aplicados as microalgas de três praias estuarinas da ilha do Marajó, durante um evento de mortandade de peixes no mês de estiagem amazônica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A área de estudo compreende três praias arenosas, sendo as praias de Joanes e Grande localizadas no município de Salvaterra e a praia do Pesqueiro localizada no município de Soure, ambos os municípios encontram-se na porção leste da Ilha do Marajó (Pará, Brasil) e constituem uma região estuarina compreendida pela Baía do Marajó, com influência do Oceano Atlântico e adjacências, sendo o Rio Paracauari, a principal drenagem que separa os municípios (Figura 1).

O clima é tropical quente e úmido com baixas oscilações de temperatura, com médias anuais de 26°C, sendo as mínimas maiores que 18°C e as máximas menores do que 33°C. As precipitações oscilam entre 2000 mm e 3000 mm anuais (AB' SABER, 2006), aumentando a partir do mês de dezembro e atingem seu pico nos meses de fevereiro e março.

A vegetação é do tipo costeiro-marinha do bioma amazônico, isto é, composta por floresta de terra firme (primária, secundária, capoeira), manguezais, restingas e campos inundáveis (SANTOS, 2012). A hidrologia é caracterizada por inúmeros estuários, Baía do Marajó e Oceano Atlântico. Nesta Região atuam o regime de meso a macromarés, cuja variação das marés de sizígia alcança valores máximos de 3,6 a 4,7 m (DHN, 2001).

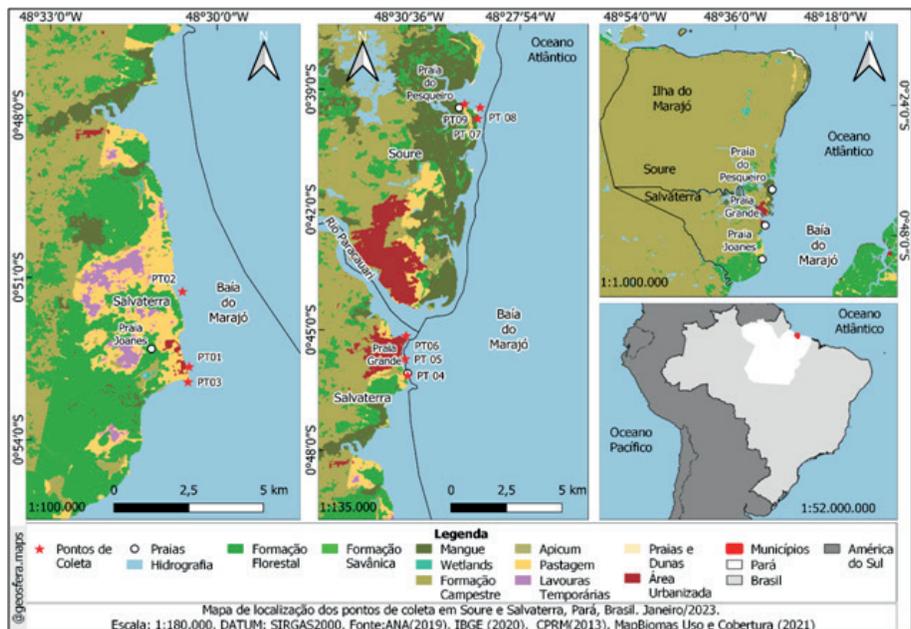


Figura 1- Mapa de localização da área de estudo, praias de Joanes e Grande, município de Salvaterra, e praia do Pesqueiro, município de Soure (Ilha do Marajó, Pará, Brasil).

Fonte: Sousa et al. (2023).

## Coleta de dados

Foram estabelecidos três pontos de coleta na praia de Joanes (PT 01, PT 02 e PT 03), praia Grande (PT 04, PT 05 e PT 06) e praia do Pesqueiro (PT 07, PT 08 e PT 09). As coletas ocorreram em marés de enchente em setembro de 2022, durante um evento de mortandade de peixes.

Os procedimentos utilizados para as análises físico-químicas e exames microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*) seguiram a padronização do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2017). Os fatores pH, salinidade, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e potencial de oxirredução foram analisados in loco por sonda multiparamétrica modelo HI9829 da Hanna®, sendo as análises de turbidez, cor verdadeira, fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e sulfato realizadas nos equipamentos da Hach® modelos DR 3900 (espectrofotômetro) e 2100P (turbidímetro). A alcalinidade foi determinada por titulometria.

As microalgas foram coletadas com rede de plâncton de 45 µm, sendo filtrados 200 litros de água, e fixadas com formol neutralizado a 2% conforme o método 10200 B (APHA, 2017). As amostras foram analisadas através da microscopia óptica (Axiolab A1., acoplado a câmera AxioCam ERc5s). Foram confeccionadas lâminas permanentes para identificar as diatomáceas seguindo a metodologia de acidificação e montagem de lâminas da APHA (2017).

As espécies de microalgas foram identificadas e classificadas conforme as chaves de Round, Crawford e Mann (2007), Bicudo e Menezes (2017) e Komárek e Anagnostidis (2005). As microalgas também foram coletadas diretamente na subsuperfície da água com frascos de polipropileno e fixadas com formol neutro a 2%. Estas amostras foram sedimentadas e contadas considerando o método 10200 C (APHA, 2017) e analisadas em Microscópio Invertido Axiovert 40C, sendo a densidade expressa em indivíduo por litro (ind.L<sup>-1</sup>).

As praias foram avaliadas conforme as definições, a classificação do tipo de água e as condições de qualidade das águas contidas nas normativas do Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução CONAMA 357/2005 e Resolução CONAMA 274/2000.

## **Análise de dados**

Foi realizado o cálculo do índice de constância de Dajoz (1978) e a Abundância relativa de cada táxon conforme o método de Lobo e Leighton (1986). Os índices de diversidade, equitabilidade e dominância das espécies foram baseados nos índices de Shannon (1948), Pielou (1977) e Simpson (1949), respectivamente. Foi realizada a análise de variância ANOVA One-way para identificar se haviam diferenças das microalgas entre as praias. Além do teste de PERMANOVA One -way com variáveis físico-químicas normalizadas e usando a distância Euclidiana com 999 permutações, aceitando  $p < 0,05$  como variação significativa. Os dados foram analisados com o programa Past 4.16c (HAMMER et al., 2024).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram identificados 73 táxons, sendo 29 genéricos e 44 infra-genéricos, distribuídos em seis classes. As diatomáceas se destacaram através das classes Coscinodiscophyceae e Bacillariophyceae com 47% e 31% de representatividade na composição total, respectivamente.

Embora os cursos d'água de águas brancas amazônicas sejam pouco estudados se sabe que as diatomáceas dominam a composição, diversidade e abundância e, juntamente, com os fitoflagelados contribuem para as altas densidades de microalgas (PAIVA et al., 2006; SOUSA et al., 2015; SENA et al., 2015; MATOS et al., 2016a; ROCHA NETO et al., 2016; PIRES et al., 2024).

O regime fluvial da região do presente estudo é influenciado, principalmente, pelas chuvas e marés, cujos canais contribuem com sedimentos arenosos para as praias (RIBEIRO et al., 2007). Entretanto, em alguns meses do ano as águas ficam salobras, pois recebem influência da cunha salina proveniente do Oceano Atlântico. Neste sentido, as águas das praias foram classificadas como salobras, classe 1 (BRASIL, 2001).

A maioria das espécies (60%) ocorreu de forma Acidental, 22% Acessórias e somente 18% das espécies foram consideradas Constantes. As espécies Acidentais em grande parte foram compostas por espécies bentônicas entre cianobactérias filamentosas e diatomáceas das classes Fragilariophyceae e algumas Bacillariophyceae.

Algumas espécies Acidentais foram Abundantes na praia de Joanes, tais como: *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Achnanthydium* sp. e *Cymatosira* sp. (Figura 2), as quais são bentônicas e podem ser encontradas em águas doces e salobras (NOVAIS et al., 2011; GARCIA, 2016). Esse aspecto acidental, possivelmente se deve aos movimentos das ondas que arrastam espécies do substrato para a superfície da água, contribuição já reportada em praias costeiras amazônicas (SOUSA et al., 2008; SOUSA et al., 2009).

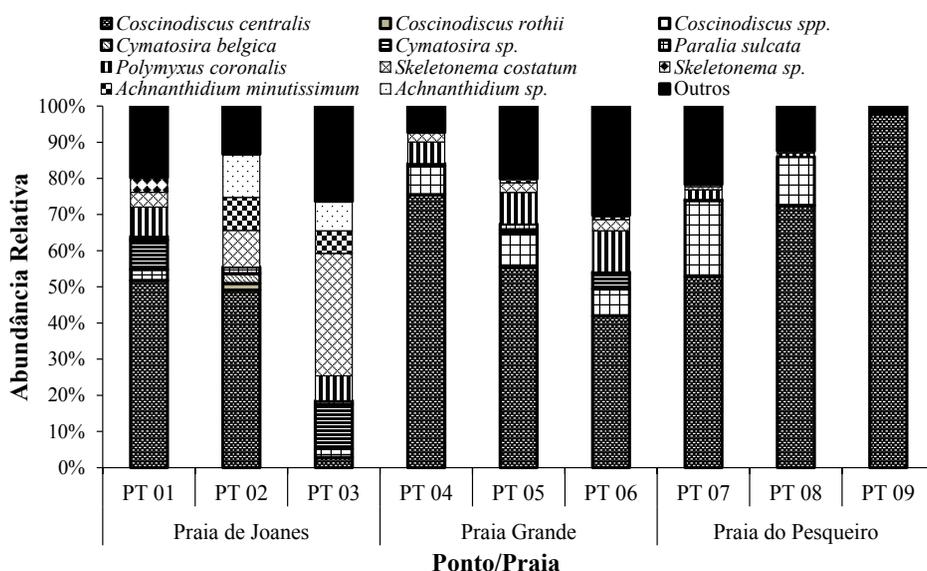


Figura 2- Abundância Relativa das Microalgas das praias turísticas da Ilha do Marajó (Amazônia, Pará).

Fonte: Sousa et al. (2023).

As espécies *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve e *Polymyxus coronalis* L.W.Bailey tiveram mais de 90% de Constância (Tabela 1). As espécies *C. centralis* e *S. costatum* são comuns na região costeira amazônica (SOUSA et al., 2008; SOUSA et al., 2009; COSTA et al., 2011), cuja água da baía do Marajó, águas do Rio Pará e das regiões costeiras do Nordeste paraense se misturam com maior ou menor intensidade, no denominado Golfão Marajoara, em determinados meses do ano.

Por outro lado, *P. coronalis* é uma espécie típica das águas brancas de baixas salinidades, sendo encontrada desde a Baía do Vieira, Afuá-PA (SOUSA et al., 2015), Baía

do Guajará-PA (PAIVA et al., 2006), Rio Arienga-PA (SENA et al., 2015), Foz do Rio Guamá-PA (MONTEIRO et al., 2011; PIRES et al., 2024) e Rio Itapecurú-MA (SÁ et al., 2023), sendo neste último considerada uma espécie indicadora de intrusão da água do mar sobre o estuário, diminuindo sua densidade com o aumento da salinidade.

Taxa	Praia de Joanes			Praia Grande			Praia do Pesqueiro		
	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06	PT07	PT08	PT09
<b>Cyanobacteria</b>									
<i>Geitlerinema</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Phormidium lividum</i> (Hansgirg) Forti	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Phormidium</i> sp.	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Lyngbya</i> sp.	X	-	X	-	-	X	-	-	-
<i>Pseudanabaena</i> sp.	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zygnemaphyceae</b>									
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Closterium</i> sp.	X	X	X	-	-	-	-	X	-
<b>Coscinodiscophyceae</b>									
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs ex Pritchard	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	X	X	X	-	X	-	X	-
<i>Aulacoseira</i> spp.	X	-	-	-	X	-	X	-	-
<i>Bellerochea</i> sp.	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	X	X	-	-	X	X	X	-
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coscinodiscus jonensianus</i> (Greville) Ostensfeld	X	-	X	-	-	X	-	-	X
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus rothii</i> (Ehrenberg) Grunow	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> spp.	X	-	X	X	X	X	X	X	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	-	-	-	-	-	-	-	X	X
<i>Cyclotella</i> sp.	X	-	X	X	-	X	X	-	-
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow	X	-	X	-	-	X	-	-	-

Taxa	Praia de Joanes			Praia Grande			Praia do Pesqueiro		
	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06	PT07	PT08	PT09
<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell	X	-	-	-	X	X	X	-	-
<i>Cymatosira belgica</i> Grunow	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymatosira</i> sp.	X	-	X	-	X	X	X	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<i>Melosira nummuloides</i> C.Agardh	-	X	X	X	X	X	X	X	-
<i>Odontella obtusa</i> Kützing	-	-	X	-	X	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	X	X	X	X	X	X	-	-	-
<i>Polymyxus coronalis</i> L.W.Bailey	X	-	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	X	X	X	X	X	X	X	X	-
<i>Skeletonema</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	X	-	-	-	-	-	X	X	X
<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hasle & G.Fryxell	X	-	X	-	-	X	X	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	X	X	-	X	X	-	X	-
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	-	X	-	-	-	X	-	-	X
<i>Triceratium dubium</i> Brightwell	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Trieres regia</i> (M.Schultze) M.P.Ashworth & E.C.Theriot	-	-	-	-	X	X	-	-	-
<i>Trieres mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Ashworth & Theriot	-	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Trieres sinensis</i> (Greville) Ashworth & Theriot in Ashworth et al.*	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<b>Fragilariophyceae</b>									
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Willians & Round	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilariforma</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragillaria</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère & Peragallo	-	-	-	X	X	-	-	-	-
<i>Thalassionema</i> sp.	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<b>Bacillariophyceae</b>									
<i>Achnanthes</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	-

Taxa	Praia de Joanes			Praia Grande			Praia do Pesqueiro		
	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06	PT07	PT08	PT09
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	-	X	X	-	X	X	-	-	-
<i>Achnantheidium</i> sp.	-	X	X	-	-	X	X	-	-
<i>Cocconeis</i> sp.	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema</i> sp.	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing). Rabenhorst	X	X	X	-	-	X	-	-	-
<i>Gyrosigma</i> sp.	X	-	-	-	X	-	X	-	X
<i>Hantzschia amphioxys</i> var. <i>gracile</i> Hustedt	-	-	-	-	-	-	X	-	X
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia</i> sp.	X	-	X	-	-	X	-	-	-
<i>Haslea trompii</i> (Cleve) Simonsen	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C.Silva	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange- Bertalot	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula directa</i> (W.Smith) Ralfs	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	X	X	X	-	-	X	-	X	-
<i>Navicula transitans</i> Cleve	X	-	-	-	-	X	-	X	-
<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> f. <i>delicatula</i> Heimdal	-	X	X	X	X	X	X	-	X
<i>Nitzschia braarudii</i> G.R.Hasle,	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	-	-	X	-	-	-	X	-	-
<i>Surirella</i> sp.	X	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) G.R.Hasle	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<b>Dinophyceae</b>									
<i>Peridinium</i> sp.	-	-	X	X	X	-	X	-	-
<i>Proocentrum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	-	-	-	-	X	-	X	-	-

Tabela 1. Composição das Microalgas das praias turísticas da Ilha do Marajó (Amazônia, Pará).

A praia do pesqueiro apresentou águas significativamente ( $F=36,94$ ;  $p=0,004$ ) mais neutras, com menor temperatura ( $29,4 \pm 0,29$  °C), maior condutividade elétrica ( $14.996 \pm 429,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), maiores sólidos totais dissolvidos ( $7.503 \pm 217,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e maior salinidade ( $8,7 \pm 0,26$  PSU) (Tabela 2). Lima et al. (2001) ressalta que em decorrência da posição geográfica, a baía do Marajó recebe pouca influencia do Rio Amazonas, fato que concorre para a penetração mais efetiva da cunha salina proveniente do Oceano Atlântico e que influencia a praia do Pesqueiro, mais aberta para este oceano.

Parâmetro	Praia de Joanes	Praia Grande	Praia do pesqueiro
	mín-máx ( $\mu \pm \sigma$ ); $M_d$	mín-máx ( $\mu \pm \sigma$ ); $M_d$	mín-máx ( $\mu \pm \sigma$ ); $M_d$
pH	7,8-7,9 (7,9 $\pm$ 0,04); 7,9	7,5-7,9 (7,7 $\pm$ 0,21); 7,7	8,28-8,34 (8,31 $\pm$ 0,03); 8,32
Temperatura (°C)	30,4-39,2 (33,4 $\pm$ 5,0); 30,6	30,1 - 30,4 (30,3 $\pm$ 0,15); 30,4	29,2-29,8 (29,4 $\pm$ 0,29); 29,38
C.E ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	10460-12020 (11043,3 $\pm$ 851,1); 10650	13000- 13300 (13106,7 $\pm$ 167,7); 13020,0	14510-15320 (14996-429); 15160
S.T.D (mg. L <sup>-1</sup> )	5235,0-6011,0 (5509,3 $\pm$ 435,1); 5282,0	6500,0 - 6643,0 (6550,3 $\pm$ 1,26); 3,1	7257-7667 (7503 $\pm$ 217); 7585
O.D (mg. L <sup>-1</sup> )	2,8-3,1 (3,0 $\pm$ 0,12); 2,9	2,6-5,0 (3,6 $\pm$ 1,3); 3,1	2,57-2,85 (2,7 $\pm$ 0,14); 2,73
Turbidez (UNT)	9,5 - 12,5 (11,3 $\pm$ 1,6); 12,0	12,5-24,3 (17,0 $\pm$ 6,4); 14,3	12,7- 27,5 (18,7 $\pm$ 7,8); 16,0
Cor Verdadeira (mg Pt Co. L <sup>-1</sup> )	4,0 -16,0 (8,3 $\pm$ 6,7); 5,0	6,0-13,0 (9,0 $\pm$ 3,6); 8,0	8,0- 20,0 (12,0 $\pm$ 6,9); 8,0
Alcalinidade (mg. L <sup>-1</sup> )	38,0-60,0 (46,3 $\pm$ 11,9); 41,0	50,0- 56,0 (53,0 $\pm$ 3,0); 53,0	56,0-67,0 (60,3 $\pm$ 5,8); 58,0
Fosfato (mg. L <sup>-1</sup> )	61,2-157,4 (94,0 $\pm$ 54,8); 63,5	39,9 -178,7 (613,7 $\pm$ 69,7); 127,3	62,8-206,8 (140,38 $\pm$ 72,6); 151,5
Salinidade (PSU)	6,0- 6,8 (6,2 $\pm$ 0,52); 5,9	7,4- 7,6 (7,5 $\pm$ 0,1); 7,4	8,4- 8,9 (8,7 $\pm$ 0,26); 8,8
ORP (mV)	139,6- 178,7 (152,6 $\pm$ 22,6); 139,6	159,5-195,2 (177,2 $\pm$ 17,8); 176,8	140,7- 183,1 (165,6 $\pm$ 22,18); 173,2
N. Amoniacal (mg. L <sup>-1</sup> )	7,0-35,1 (23,6 $\pm$ 14,6); 28,6	0,01-24,0 (12,3 $\pm$ 12,0); 12,8	0,01- 32,8 (15,6 $\pm$ 16,4); 14,1
Nitrito (mg. L <sup>-1</sup> )	0,012 -0,014 (0,012 $\pm$ 0,001); 0,012	0,01- 0,03 (0,02 $\pm$ 0,002); 0,01	0,011- 0,015 (0,01 $\pm$ 0,002); 0,011
Sulfato (mg. L <sup>-1</sup> )	5,4 - 14,4 (9,8 $\pm$ 4,5); 9,6	7,4 - 9,0 (7,9 $\pm$ 0,8); 7,5	9,1- 14,7 (11,9 $\pm$ 2,8); 12,0

Legenda: mín= mínimo; máx= máximo;  $\mu$ = média;  $\sigma$ = desvio padrão;  $M_d$ =mediana; C.E= condutividade elétrica; STD= sólidos totais dissolvidos; OD= Oxigênio dissolvido; ORP= potencial de oxido-redução; N= nitrogênio.

Tabela 2. Físico-química das águas das praias turísticas da Ilha do Marajó (Amazônia, Pará).

Os parâmetros físico-químicos influenciaram a composição e a densidade das microalgas, principalmente na praia do Pesqueiro, pois este ambiente apresentou significativamente ( $F= 4,7$ ;  $p= 0,01$ ) maior densidade das microalgas ( $158,2 \pm 120,0 \times 10^3$  ind.L<sup>-1</sup>) notadamente nos pontos PT 08 e PT 09, com  $385,0 \times 10^3$  ind.L<sup>-1</sup> e  $75,0 \times 10^3$  ind.L<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3), com a Dominância de *C. centralis* (Figura 2), a qual refletiu nos índices ecológicos nestes pontos, onde foram encontrados o menor índice de diversidade, o maior índice de dominância e o menor índice de equitabilidade (Figura 4).

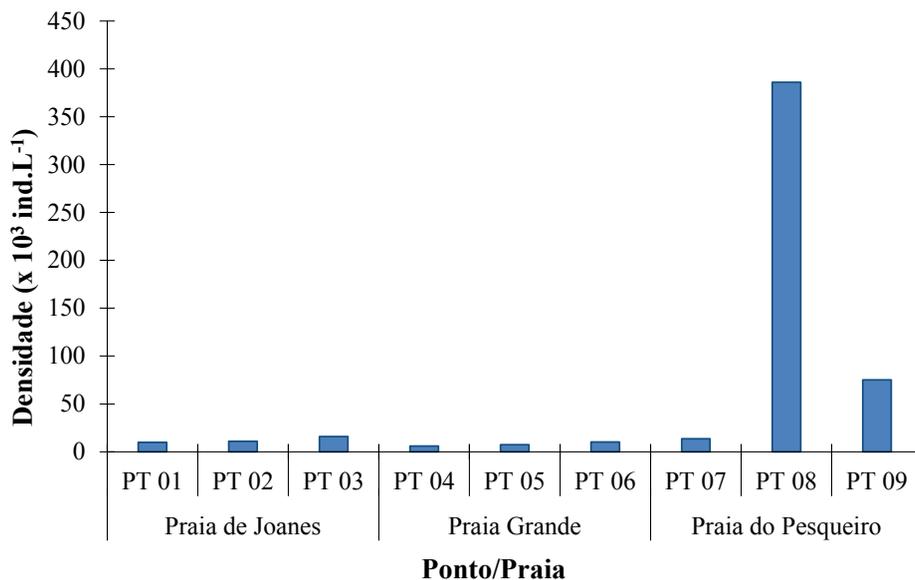


Figura 3- Densidade ( $10^3$  ind.L<sup>-1</sup>) das Microalgas das praias turísticas da Ilha do Marajó (Amazônia, Pará).

Fonte: Sousa et al. (2023).

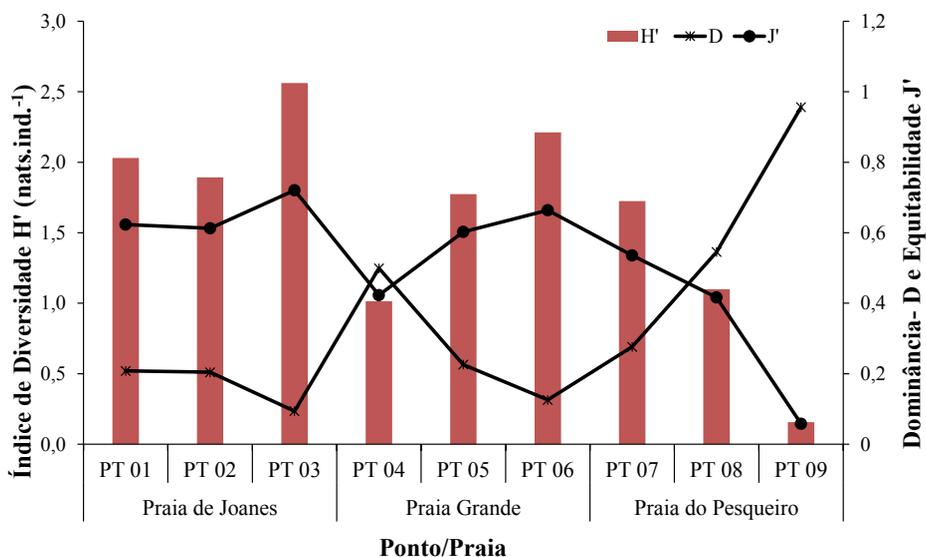


Figura 4- Índices Ecológicos das Microalgas das praias turísticas da Ilha do Marajó (Amazônia, Pará).

Fonte: Sousa et al. (2023).

*Coscinodiscus* é um gênero de larga distribuição no mundo, sendo abundante no fitoplâncton marinho e estuarino (GUIRY E GUIRY, 2023). *C. centralis* é resistente a grandes mudanças de salinidade (CHEN et al., 2023) e isso, talvez, possibilitou suas elevadas densidades na praia do Pesqueiro, a qual sofre maior oscilação de salinidade por estar mais próxima ao oceano do que as demais praias (Tabela 2). Sobre isso, a entrada abrupta das águas oceânicas na Baía do Marajó é apontada como a causa da mortalidade de peixes durante o período de coleta (Figura 5). Episódio semelhante ocorreu em 1982 e foi registrado por Barthem (1985), o qual atribuiu o fenômeno à variação brusca de salinidade no período de transição verão-inverno da região, onde os peixes foram trazidos às praias do Marajó por ação do vento, predominando centenas de amurés (*Gobioides grahamae* Palmer & Wheeler, 1955), nos conteúdos estomacais dos quais foram encontradas espécies de *Coscinodiscus*.

Em relação aos indicadores microbiológicos de qualidade da água avaliados, todas as amostras apresentaram valores de *Escherichia coli* compreendidos dentro dos padrões das resoluções CONAMA N° 357/2005 e N° 274/2000 e somente um ponto, localizado na vila dos pescadores (praia do Pesqueiro, PT 09), apresentou elevados valores de coliformes termotolerantes (1226,2 NMP.100 mL<sup>-1</sup>), ou seja, fora do padrão para classificação classe 1, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para águas salobras, provavelmente devido à questões sanitárias do local e ao formato da praia em uma pequena enseada. Por se

tratar de uma avaliação pontual, as praias do presente estudo não podem ser consideradas impróprias. Uma vez que, tal classificação é normatizada pela resolução CONAMA N° 274/2000 (BRASIL, 2000), que preconiza um monitoramento mínimo de cinco semanas para concluir a condição de balneabilidade, o que caracteriza a limitação do presente estudo.



Figura 5- Imagem da mortandade de peixes nas praias turísticas da Ilha do Marajó (Amazônia, Pará): A- *Gobioides grahamae* Palmer & Wheeler, 1955; B- Peixes em decomposição.

Fonte: A- g1 Pará e TV Liberal (2022); B- O Liberal (2022)

Por outro lado, as águas se apresentaram fora dos padrões de qualidade através das variáveis ambientais oxigênio dissolvido ( $< 4,0 \text{ mg. L}^{-1}$ ), elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal (23,6, 12,3 e 15,6  $\text{mg. L}^{-1}$ , respectivamente Joanes, Grande e Pesqueiro) (Tabela 2), e por apresentarem virtualmente material flutuante e resíduos sólidos conforme o CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Os valores de oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal estiveram associados, possivelmente, a decomposição dos peixes que se estendia por toda extensão das praias (Figura 5). Além disso, as condições sanitárias devem ter contribuído para estes valores, uma vez que estes dois parâmetros estão associados a presença de esgostos, comunidades residentes em palafitas (SUTTI et al., 2016), cenário encontrado na região de estudo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diatomáceas predominaram a composição das microalgas das praias da Ilha do Marajó, as quais recebem influência da Baía do Marajó e do Oceano Atlântico. A praia do Pesqueiro apresentou maior densidade das microalgas sendo *Coscinodiscus centralis* dominante. A mortalidade dos peixes esteve, possivelmente, associada a mudanças de salinidades, a qual não pôde ser investigada neste estudo. Também, faz-se necessário um monitoramento ambiental das praias para identificar possíveis fatores sazonais naturais e/ou antrópicos que influenciam na mortalidade de peixes.

## REFERÊNCIAS

AB' SABER, A. N. **Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-Grossense: patrimônios básicos**. Cotia: Ateliê Editorial, 2006. 182p.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: 23rd ed., 2017. 1545p.

BARTHEM, R. B. Ocorrência, distribuição e biologia dos peixes da Baía do Marajó, Estuário Amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série Zoologia, Belém, v.2, n.1, p.49-69, 1985.

BERGES, J. A.; DRISKILL, A. M.; GUINN, E. J.; POKRZYWINSKI, K.; QUINLAN, J.; VON KORFF, B.; YOUNG, E. B. Role of nearshore benthic algae in the Lake Michigan silica cycle. **PLoS One**. 16(8), e0256838, 2021. doi: 10.1371/journal.pone.0256838.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gênero de algas de águas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições**. São Paulo, SP: Rima Editora, 2017. 508 p.

BRANDÃO, J.; WEISKERGER, C.; VALÉRIO, E.; PITKÄNEN, T.; MERILÄINEN, P.; AVOLIO, L.; HEANEY, C. D.; SADOWSKY, M. J. Climate Change Impacts on Microbiota in Beach Sand and Water: Looking Ahead. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19, 1444. 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031444>.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jan. 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CHEN, C.; HU, X.; GAO, Y.; LIANG, J.; SUN, L. Ion fluxes involved in the adaptation of the estuarine diatom *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg to salinity stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 18, p. 13683, 2023. doi: 10.3390/ijms241813683.

COSTA, V. B.; SOUSA E. B.; PINHEIRO, S. C. C.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Effects of a high energy coastal environment on the structure and dynamics of phytoplankton communities (Brazilian Amazon littoral). **Journal Coastal Research**, v. 64, p. 354-358, 2011.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1978. 472p.

DHN. Tábua das Marés. Marinha do Brasil. Disponível em: <http://www.mar.mil>. Acesso em: 3 fev. 2001; 20 fev. 2001; 13 jun. 2001; 30 ago. 2001; 5 nov. 2001.

GARCIA, M. Taxonomy, morphology and distribution of Cymatosiraceae (Bacillariophyceae) in the littorals of Santa Catarina and Rio Grande do Sul. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 2. e20150139, 2016. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0139>.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. **AlgaeBase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 23 de november 2023.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST - **Paleontological Statistics, ver. 4.16c Past 4 - the Past of the Future** - Natural History Museum (uio.no). searched on april 2024.

JONES, A. G.; QUILLIEN, N.; FABVRE, A.; GRALL, J.; SCHAAL, G.; BRIS, H. L. Green macroalgae blooms (*Ulva* spp.) influence trophic ecology of juvenile flatfish differently in sandy beach nurseries. **Marine Environmental Research**, v. 154, 2020, p. 104843.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprocaryota 2. Teil: Oscillatoriales (Süßwasserflora von Mitteleuropa Freshwater Flora of Central Europe)**. Heidelberg: Springer Spektrum, 2005. 759 p.

LIMA R.R.; TOURINHO M. M.; COSTA J. P. C. **Várzeas flúvio-marinhas da Amazônia brasileira; características e possibilidades agropecuárias**. FCAP, Serviço de Documentação e Informação, Belém. 2001.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. **Revista Biología Marina**, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.

MARIA, T. F.; VANAVERBEKEANN, J.; VANREUSEL, A.; ESTEVES, A. M. Sandy beaches: state of the art of nematode ecology Biological Sciences. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88 (3 Suppl), 2016. DOI 10.1590/0001-3765201620150282.

MATOS, J. B.; OLIVEIRA, S. M. O. de; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. da. Structure and temporal variation of the phytoplankton of a macrotidal beach from the Amazon coastal zone. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, p. 1325-1339, 2016b.

MATOS, J. B.; OLIVEIRA, A. R. G.; TRINDADE, W. N.; LEITE, N. R.; KOENING, M. L.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. A. A. M. Phytoplankton dynamics in three metropolitan beaches of the Amazon littoral (Sao Luis-Maranhao). **Journal of Coastal Research**, v. SI75, p. 413-417, 2016a.

Mau cheiro de peixes mortos impede barracas de funcionarem em praia de Salvaterra. **O liberal**, Belém, 19, setembro de 2022. Disponível em: [<https://www.oliberal.com/belem/mau-cheiro-de-peixes-mortos-impede-barracas-de-funcionarem-em-praia-de-salvaterra-1.589343>]. Acesso em: 19, abril de 2024.

MONTEIRO, M. D. R.; MELO, N. F. C.; ALVES, M. A. M. S.; PAIVA, R. S. Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais**, v. 4, p. 341-351, 2009.

- NOVAIS, M. H.; HLÚBIKOVÁ, D.; MORAIS, M.; HOFFMANN, L.; ECTOR, L. Morphology and ecology of *Achnanthydium caravelense* (Bacillariophyceae), a new species from Portuguese rivers. **Algological Studies**. v. 136/137, p. 131–150, 2011. <https://doi.org/10.1127/1864-1318/2011/0136-0131>.
- OKAMOTO, N.; KEELING, P. J.; LEANDER, B. S.; TAI, V. Microbial communities in sandy beaches from the three domains of life differ by microhabitat and intertidal location. **Molecular Ecology**, v.31, n.11, p. 3210-3227, 2022. doi: 10.1111/mec.16453. Epub 2022 Apr 29.
- PAIVA, R. S.; ESKINAZI, E.; PASSAVANT, J. Z. D. O.; SILVIA, C.; M. D. G. G.; MELO, N. F. A. C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton (Pará, da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 1, p. 133–146, 2006.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1977. 385p.
- PIRES, P. V. B.; SOUSA, E. B.; GOMES, A. L.; CUNHA, C. J. S.; COSTA TAVARES, V. B.; PINHEIRO, S. C. C.; CARNEIRO, B. S.; MELO, N. F. A. C. Effect of seasonality and estuarine waters on the phytoplankton of the Guamá River (Belém, Amazon, Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 96: e20220413. 2024.
- RIBEIRO, F. C. P.; SENNA, C. S. F.; COSTA, B. O. Análise de diatomáceas e relação água doce/água salgada na planície costeira de Soure/PA. In: ANAIS DO XI CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO – ABEQUA, 2007, CD-ROM de resumos expandidos, 2007.
- ROCHA NETO, O. D.; SILVA, B. M. da.; PAIVA, R. S. Variação dos parâmetros físico-químicos, composição e biomassa fitoplanctônica em uma estação fixa na foz do rio Guamá, Belém, Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**, v. 16, n. 1, p: 19 - 28, 2016.
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The diatoms: biology and morphology of the Genera**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 747p.
- SÁ, A. K. D. S.; FEITOSA, F. A. N.; CUTRIM, M.V.J.; FLORES-MONTES, M. J.; COSTA, D.dos S.; CAVALCANTI, L. F. Phytoplankton community dynamics in response to seawater intrusion in a tropical macrotidal riverestuary continuum. **Hydrobiologia**, n. 850, p. 4351-4383, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04851-7>.
- SANTOS, D. C. **Reconhecimento e mapeamento de gêneros de mangue a partir de dados espectrorradiométricos e imagens ikonos na ilha de Marajó - PA**. 2012. 61 f. Dissertação (mestrado em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.
- SENA, B. A.; COSTA, V. B.; NAKAYAMA, L.; ROCHA, R. M. Composition of microphytoplankton of an estuarine amazon river, Pará, Brazil. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 2, p. 1–9, 2015. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p1-9>.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Tecnology Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v.163, n. 688, 1949.
- SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 626-636, 2008.

SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1084-1095, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000400018>>.

SOUSA, E. B.; GOMES, A. L.; CUNHA, C. J. S.; FAIAL, K. C. F.; COSTA, V. B. Dinâmica sazonal do fitoplâncton do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil). **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 34-41, 2015.

SUTTI, B. O.; BORGES, R. P.; GUIMARÃES, L. L.; SCHMIEGELOW, J. M. M Nitrogênio e matéria orgânica em dois rios com diferentes graus de impactos no sistema estuarino de Santos (São Paulo, Brasil). **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 20, n. 1, 2016.

VAN ALSTYNE, K. L.; NELSON, T. A.; RIDGWAY, R. L. Environmental Chemistry and Chemical Ecology of "Green Tide" Seaweed Blooms. **Integrative and Comparative Biology**, v. 55, n. 3, .p. 518–532, 2015. doi:10.1093/icb/icv035

Vídeos mostram dezenas de peixes mortos nas praias do Marajó. **G1 Pará e TV Liberal**, Belém, 19, setembro de 2022. Disponível em: [<https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2022/09/19/videos-mostram-dezenas-de-peixes-mortos-nas-praias-do-marajo.ghtml>]. Acesso em: 19, abril de 2024.