

ANDRÉA DE OLIVEIRA DA ROCHA FRANCO

VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS ACUMULAÇÕES DE
DIATOMÁCEAS (MANCHAS MARRONS) EM UMA PRAIA TROPICAL DE
MESOMARÉ – PRAIA DO FUTURO (FORTALEZA CEARÁ)

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Dra. Maria Odete Parente
Moreira
Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira
Soares.

FORTALEZA – CEARÁ

FEVEREIRO/2013

ANDRÉA DE OLIVEIRA DA ROCHA FRANCO

VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS ACUMULAÇÕES DE
DIATOMÁCEAS (MANCHAS MARRONS) EM UMA PRAIA TROPICAL DE
MESOMARÉ – PRAIA DO FUTURO (FORTALEZA CEARÁ)

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dra. Maria Odete Parente Moreira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. Wilson Franklin Junior (Membro externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro (Membro interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus.

Ao meu Pai, Raimundo Nonato da Rocha Franco, a minha Mãe, Francisca Elza de Oliveira e ao meu Irmão, Artur de Oliveira da Rocha Franco, pelo apoio indispensável durante essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa.Dra. **Maria Odete Parente Moreira**, pela confiança em mim depositada; pelos conhecimentos passados, não só neste trabalho, mas durante todos esses anos e pela sua aceitação e respeito em relação as minhas necessidades de participação e atuação, em diversas esferas da Universidade, como no movimento estudantil e no desenvolvimento de projetos em outras áreas da Oceanografia e em Educação Ambiental.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. **Marcelo de Oliveira Soares**, por abraçar esse projeto e apoiá-lo de forma incondicional, pelas contribuições feitas durante o processo de tratamento dos dados estatísticos e correção.

A todos que auxiliaram durante as coletas e filtrações das amostras, em especial aos colegas e amigos do Laboratório de Plâncton LABOMAR/UFC: **Davi Marques Braga** (Eng. Ambiental - CEFET) pela dedicação e compromisso com o trabalho; à Engenheira de Pesca **Carolina Coelho Campos** sempre disposta a ajudar e a graduanda (Oceanografia) **Nivia Maria Oliveira Santos**.

À Profa. Dra. **Sandra Tédde Santaella** (Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água LABOMAR/UFC) pela cooperação e espírito investigativo aceitando participar deste projeto e orientar a amiga **Rayza Ponce Leon Araruna** (Oceanografia) com as análises de nutrientes da Praia do Futuro. À **Rosa Maria Lucena** pelo apoio e gentileza na qual sempre fui recebida no Laboratório de Efluentes e Qualidade de Água.

À mestre, **Hortênsia de Sousa Barroso**, que acompanhou e participou ativamente da minha iniciação na taxonomia e ecologia do fitoplâncton. E pela a sua intervenção junto a Profa. Dra. **Vânia Maria Maciel Melo** (Laboratório de Ecologia Microbiana e Biotecnologia (Lembitech)/ UFC), que gentilmente cedeu o uso do espectrofotômetro para que fossem realizadas as análises de clorofila *a*, a quem também agradeço.

Ao Dr. **Leonardo Hislei Uchôa Monteiro** pela cessão das fotografias aéreas, instrução e demonstração da metodologia de coleta dos parâmetros de ondas empregados neste estudo.

À Profa. Msc. **Kamila Vieira de Mendonça** pela disponibilidade em ajudar e tirar dúvidas a cerca dos testes estatísticos.

Ao Prof. Dr. **Alberto Jorge Pinto Nunes** (Centro de Estudos em Aquicultura Costeira. – CEAC/ LABOMAR/UFC) pelo empréstimo do oxímetro.

Ao Prof. Dr. **Antonio Geraldo Ferreira** pela auxílio na busca dos dados meteorológicos.

À pesquisadora Dra. **Tatiane Martins Garcia**, e à Engenheira de Pesca Msc. **Erika Maria Targino Mota** pela convivência amigável no Laboratório, conselhos e discussões de cunho científico.

Ao Msc. **Francisco Gleidson da Costa Gastão**, Técnico do Laboratório de Dinâmica Costeira, pelo empréstimo, sempre que possível, da mira para as coletas.

Ao Prof. Dr. **Rivelino Cavalcante** e a Profa. Dra. **Maria Oziléa Bezerra Menezes** pelo empréstimo de equipamentos.

À Profa. Dra. **Lidriana de Souza Pinheiro** pelas sugestões feitas a cerca dos resultados hidrodinâmicos e por aceitar participar da banca.

Ao Msc. **Wilson Franklin Junior** por aceitar participar da banca e avaliar este trabalho.

Aos amigos da turma e vida acadêmica pelo companheirismo e amizade ao longo do curso: **Clarissa Dantas Morestz-sonh, Lucas Antunes Amorim, Francisco Jailton Nogueira Filho, Ítalo Góis Miranda, Andréa da Consolação de Oliveira, Cecília Perdigão Barreto, Rayza Ponce Leon Araruna, José de Oliveira Cavalcante Filho, Pedro Paulo de Freitas, Bruno Nogueira Catunda, Francisco Bruno Moreira Carmo, Liana Pacheco Bittencourt e Diógenes Passos Fontenele.**

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e a Universidade Federal do Ceará (UFC) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

RESUMO

Acumulações de diatomáceas, em zonas de *surf* de praias arenosas, são manchas viscosas de cor marrom, concentradas na superfície da água. Contudo, essas manchas não são florações ou *blooms* de microalgas, pois a sua formação envolve a combinação de condições físicas e hidrodinâmicas adequadas com processos de migração das diatomáceas de *surf*. O objetivo do presente estudo é verificar a existência de um padrão temporal e/ou espacial das ocorrências das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro (Fortaleza, Ceará), identificar quais as condições ambientais que favorecem a sua formação e quais as espécies de diatomáceas responsáveis por sua composição. Distinto dos estudos pretéritos realizados na área, foi adotada uma sistemática de coleta que considera as variações temporais, espaciais e do nível de maré. As coletas foram realizadas mensalmente (Julho/ 2011 a Junho/ 2012), em duas estações de coleta, na baixa-mar (BM) e preamar (PM) de sizígia, do mesmo dia. As estações foram posicionadas equidistantes dos limites da Praia do Futuro: 3°43'27''S e 38°27'34''O (E1) e 3°45'19''S e 38°26'37''O (E2). A cada amostragem foram feitas medições *in situ* de salinidade, temperatura, altura de arrebentação e período de onda, além da coleta de água para análises quali-quantitativa e biomassa (Clorofila *a*) do fitoplâncton total. As manchas são mais frequentes no período chuvoso e estão associadas aos eventos de alta energia das ondas, como a entrada de *swell* na costa. A frequência de ocorrência das acumulações foi desigual ao longo da praia sendo influenciada, principalmente pelo estado morfodinâmico, a E1 (67 %) esta localizada no setor da praia com predomínio dos estados morfodinâmicos de dissipativo a ultradissipativo, enquanto a E2 (33%) é caracterizada pelos estágios morfodinâmicos intermediários, o que reduz a ressuspensão das células. A biomassa das acumulações apresentou correlação inversa com a amplitude de maré, pois maiores amplitudes geram correntes de maré mais intensas, que promovem a dispersão das acumulações. As diatomáceas de *surf* encontradas nas acumulações da Praia do Futuro foram: *Asterionellopsis glacialis*, *Anaulus cf australis* e *Aulacodiscus kittonii*, contudo, as espécies responsáveis pelo fenômeno foram as duas primeiras, pois *A. kittonii* só ocorreu com abundância inferior a 1%. A sucessão gradual observada durante a década 90, de substituição do predomínio de *A. glacialis* por *A. cf. australis* parece estar completa, já que durante todo o período de estudo, apenas no mês de Maio *A. glacialis* predominou.

Palavras-chaves: diatomáceas de *surf*; *Asterionellopsis glacialis*; *Anaulus cf australis*.

ABSTRACT

Diatoms accumulations in surf zones of sandy beaches are viscous brown patches, concentrated on the water surface. However, these patches are not blooms of microalgae, since its formation involves a combination of physical and hydrodynamic processes with migration of surf diatoms. The aim of this study is to verify the existence of a temporal and spatial pattern of the occurrences of diatoms accumulations in Praia do Futuro (Fortaleza, Ceará), identify which environmental conditions favor their formation and which species of diatoms are responsible for their composition. This study differs from previous research as it adopted a collection methodology that considers temporal, spatial and tidal level variations. Samples were collected monthly (July /2011 to June /2012), in two sampling stations at low tide (LT) and high tide (HT) of spring tide, on the same day. Sampling stations were positioned equidistant from the boundaries of Praia do Futuro: 3 ° 43'27" S and 38 ° 27'34" W (S1) and 3 ° 45'19" S and 38 ° 26'37" W (S2). In situ measurements of salinity, temperature, and height and period of surf wave were made at each sampling, in addition to collecting water for qualitative and quantitative analyzes of total phytoplankton and biomass (Chlorophyll *a*). The patches are more frequent during the rainy season and are associated with events of high energy waves, such as the entry of swell on the coast. The occurrence frequency of accumulations was irregular along the beach, being influenced mainly by the morphodynamic state, the S1 (67%) is located at the beach sector with a predominance of morphodynamic states from dissipative to ultradissipative, while S2 (33%) is characterized by intermediate morphodynamic stages, reducing the resuspension of the cells. Biomass accumulations showed inverse correlation with tidal range, as higher amplitudes generate more intense tidal currents, promote the dispersion of accumulations. The surf diatoms found in accumulations at Praia do Futuro were: *Asterionellopsis glacialis*, *Anaulus cf australis* and *Aulacodiscus kittonii*, however, the species responsible for the phenomenon were: *Anaulus cf australis* and *Asterionellopsis glacialis*, since *A. kittonii* always occurred with less than 1% abundance. The gradual succession observed during the late 90's, the replacement of *A. glacialis* predominance by *Anaulus cf australis*, seems to be complete, as during all the research period, *A. glacialis* only was dominant in May.

Keywords: Surf diatoms; *Asterionellopsis glacialis*; *Anaulus cf. australis*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Mapa de Ocorrência das Acumulações de Diatomáceas no Mundo	22
Figura 02 - Mapa da Praia do Futuro (Fortaleza – Ceará – Brasil) com a localização das estações de coleta: E1 (3°43'27''S e 38°27'34''O) e E2 (3°45'19''S e 38°26'37''O).....	26
Figura 03 – Demonstração da medida da altura da onda na zona de arrebentação (Hb), através da leitura da mira.....	30
Figura 04 – Precipitação pluviométrica acumulada mensalmente (mm), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	37
Figura 05 – Precipitação pluviométrica acumulada semanalmente (mm), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	37
Figura 06 – Médias mensais da temperatura do ar (°C), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).....	39
Figura 07 – Médias semanais da temperatura do ar (°C), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).....	39
Figura 08 – Medições diárias da temperatura do ar (°C), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), calculado em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).....	40
Figura 09 - Médias mensais da velocidade dos ventos ($m \times s^{-1}$), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).....	41
Figura 10 – Médias semanais da velocidade dos ventos ($m \times s^{-1}$), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).....	41
Figura 11 – Medições diárias da velocidade dos ventos ($m \times s^{-1}$), nos dias de coleta, durante o período de estudo julho de 2011 a junho de 2012, calculadas em separado para	

os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).....	42
Figura 12 – Frequência de ocorrência (%) da direção predominante dos ventos incluindo: (A) todos os horários, dias e meses do período de estudo; (B) todos os turnos (manhã e tarde) dos dias do período seco; (C) todos os turnos (manhã e tarde) dos dias do período chuvoso; (D) apenas as referentes aos turnos da manhã (BM) de todos os dias do período de estudo e (E) apenas as referentes aos turnos da tarde (PM) de todos os dias do período de estudo.....	43
Figura 13 – Frequência de ocorrência (%) da direção predominante dos ventos, separados por período do ano (seco e chuvoso) e nestes por turno do dia (manhã - BM e tarde - PM): (A) referente ao turno da manhã (BM) de todos os dias do período seco; (B) referente ao turno da tarde (PM) de todos os dias do período seco; (C) referente ao turno da manhã (BM) de todos os dias do período chuvoso; (D) referentes ao turno da tarde (PM) de todos os dias do período chuvoso.....	44
Figura 14 – Médias mensais das salinidades medidas <i>in situ</i> , durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012) e seus respectivos desvios padrões.....	46
Figura 15 – Salinidades medidas <i>in situ</i> , durante as baixa-mares, na E1 e E2, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	46
Figura 16 – Salinidades medidas <i>in situ</i> , durante as preamares, na E1 e E2, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	47
Figura 17 – Salinidades medidas <i>in situ</i> , nos dois níveis de maré (BM e PM), na E1 e na E2, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	47
Figura 18 – Temperaturas da água medidas <i>in situ</i> , nas duas estações de coleta (E1 e E2), durante a baixa-mar, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	48
Figura 19 – Temperaturas da água, medidas <i>in situ</i> , nas duas estações de coleta (E1 e E2), durante a preamar, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	48
Figura 20 – Temperaturas da água medidas <i>in situ</i> , nas duas estações de coleta (E1 e E2), em ambos os níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	49
Figura 21 – Médias de Hb determinadas <i>in situ</i> , em ambas as estações de coleta (E1 e E2) e nos dois níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	49

Figura 22 – Médias de Hbs medidas <i>in situ</i> , na E1, em ambos os níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.....	50
Figura 23 – Médias de Hbs medidas <i>in situ</i> , na E2 em ambos os níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.....	50
Figura 24 – Médias de Hbs medidas <i>in situ</i> , em ambas as estações de coleta (E1 e E2), na baixa-mar (BM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.....	51
Figura 25 – Médias de Hbs medidas <i>in situ</i> , em ambas as estações de coleta (E1 e E2), na preamar (PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.....	51
Figura 26 – Variação da maré nos dias das coletas, durante o período seco: (A) julho de 2011; (B) agosto/2011; (C) setembro/2011; (D) outubro/2011; (E) novembro/2011; (F) dezembro/2011.....	52
Figura 27 – Variação da maré nos dias das coletas, durante o período chuvoso: (A) janeiro/2012; (B) fevereiro/2012; (C) março/2012; (D) abril/2012; (E) maio/2012; (F) junho/2012.....	53
Figura 28 – Frequência de ocorrência (%) das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), em relação a diferentes aspectos: A – número total de amostragens; B – sazonalidade das acumulações (períodos seco e chuvoso); C – variação espacial das acumulações (E1 e E2); e D – variação das frequência de ocorrência (%) em relação aos níveis de maré.....	54
Figura 29 – Concentração de Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) em ambas as estações (E1 e E2) e níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	56
Figura 30 - Principais espécies componentes das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro - <i>Anaulus cf. australis</i> (A) - Escala 10 μm ; e <i>Asterionellopsis glacialis</i> (B) - Escala 20 μm	58
Figura 31 – Abundância relativa (%) das Diatomáceas de <i>Surf</i> (<i>A. glacialis</i> , <i>A. cf. australis</i> e <i>A. kittonii</i>) e de outras Microalgas nas Acumulações de Diatomáceas da Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	59

Figura 32 – Densidade (10^6 Células \times L ⁻¹) de <i>A. kittonii</i> , nas ocasiões em que ocorreram na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	59
Figura 33 – Densidade (10^6 Células \times L ⁻¹) de <i>A. cf australis</i> , nas ocasiões em que ocorreram na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	60
Figura 34 – Densidade (10^6 Células \times L ⁻¹), de <i>A. glacialis</i> , nas ocasiões em que ocorreram na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	60
Figura 35 – Abundância relativa (%) dos grandes grupos de microalgas, que compuseram as comunidades fitoplanctônicas por ocasião das acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	61
Figura 36 – Densidade do fitoplâncton total (10^8 Células/ organismos \times L ⁻¹) nas acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	62
Figura 37 – Abundância relativa (%) das diatomáceas de <i>surf</i> (<i>A. glacialis</i> , <i>A. cf australis</i> e <i>A. kittonii</i>) e de outras microalgas que compuseram o fitoplâncton das amostras com biomassa elevada, porém, na ausência de acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro.....	62
Figura 38 – Abundancia Relativa (%) dos grupos de microalgas que compuseram o fitoplâncton das amostras com biomassa elevada, porém, na ausência de acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).....	63
Figura 39 – Fotografia aérea com varias manchas formadas ao longo da Praia do Futuro (Fortaleza – CE).....	68
Figura 40 – Resultados do ACP, mostrando a relação entre as variáveis: Clorofila <i>a</i> , AM (amplitude de maré), Hb (altura de arrebentação da onda), PL (pluviosidade), Sal (salinidade), T (período de onda), TA (temperatura) e Vv (Velocidade dos ventos). A – Todas as amostras; B – Todas as amostras apenas com a clorofila <i>a</i> e os parâmetros hidrodinâmico e meteorológicos. C – Todas as amostras com manchas; D – Todas as amostras com manchas apenas relacionando a clorofila <i>a</i> e os parâmetros hidrodinâmico e meteorológicos.....	69
Figura 41 – Foto aérea de acumulação de diatomáceas na Praia do Futuro (Fortaleza – CE).....	70

Figura 42 – Concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) de ambas as estações, durante a baixa-mar.....	72
Figura 43 – Concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) de ambas as estações, durante a preamar.....	72
Figura 44 – Concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) da E1 em ambos os estágios de maré.....	73
Figura 45 – Concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) da E2 em ambos os estágios de maré.....	73
Figura 46 – Resultados do ACP das amostras sem acumulações de diatomáceas, mostrando a relação entre as variáveis: Clorofila <i>a</i> , AM (amplitude de maré), Hb (altura de arrebentação da onda), PL (pluviosidade), Sal (salinidade), T (período de onda), TA (temperatura) e Vv (Velocidade dos ventos).....	75
Figura 47 – Agrupamento das amostras com acumulações de diatomáceas segundo a abundância relativa de <i>A. glacilais</i> , <i>A.cf austrais</i> e outras microalgas.....	78
Figura 48 – Abundâncias relativas das microalgas em acumulações de diatomáceas, exceto <i>A. glacilais</i> e <i>A.cf austrais</i> , com ênfase em <i>A. kittonii</i>	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Calendário das Coletas na Praia do Futuro.....	29
Tabela 02 – Classificação das ondas segundo o período.....	31
Tabela 03 – Direção predominante dos ventos nos dias de coleta.....	45
Tabela 04 - Percentual da ocorrência de <i>Swell</i> ($T > 9$) e <i>Sea</i> ($T < 9$).....	52
Tabela 05 - Amostragens com ocorrência de acumulações de diatomáceas ou manchas e suas respectivas amostras coletadas.....	55
Tabela 06 – Classificação das praias segundo a maré.....	64
Tabela 07 – Correlações da Clorofila <i>a</i> com os parâmetros abióticos de todas as amostras.....	66
Tabela 08 – Correlações da Clorofila <i>a</i> com os parâmetros abióticos das amostras com mancha.....	66
Tabela 09 - Correlações da Clorofila <i>a</i> com os parâmetros abióticos das amostras sem mancha.....	66
Tabela 10 – Desvio padrão das análises de clorofila <i>a</i>	71

LISTA DE SIGLAS

Ab	Abundância Relativa
ACP	Análise de Componentes Principais
BM	Baixa-mar
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
E1	Estação de Coleta 1
E2	Estação de Coleta 2
FO	Frequência de Ocorrência
E	Leste
ESE	Este-sudeste
ENE	Este-nordeste
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
Hb	Altura da onda na arrebentação
Hs	Altura significativa da onda
NE	Nordeste
Na	Número de amostras nas quais determinado táxon ocorreu
No	Número de organismos de determinado táxon na amostra
Nt	Número total de organismos na amostra
Nta	Número total de amostras
PM	Preamar
SE	Sudeste
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará
T	Período médio de onda
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	23
2.1. Hipóteses.....	23
2.2. Objetivo Geral.....	23
2.3. Objetivos Específicos.....	23
3. MATERIAIS E METODOS.....	25
3.1. Área de Estudo.....	25
3.2. Estratégia de Amostragem.....	27
3.3. Parâmetros Físico-Químicos da água.....	28
3.4. Levantamento Hidrodinâmico.....	28
3.5. Levantamento Meteorológico.....	31
3.6. Registro de ocorrência das manchas.....	32
3.7. Biomassa fitoplanctônica - (Clorofila <i>a</i>).....	32
3.8. Comunidade Fitoplanctônica.....	33
3.8.1. Metodologia de coleta do fitoplâncton total (garrafa).....	33
3.8.2. Metodologia de coleta do microfitoplâncton (rede).....	33
3.8.3. Análises Quali-quantitativa do Fitoplâncton.....	33
3.8.3.1. Densidade do Fitoplâncton (número de células e/ou organismos $\times L^{-1}$).....	34
3.8.3.2. Abundância Relativa (%).....	35
3.8.3.3. Frequência de Ocorrência (%).....	35
3.9. Análise e Tratamento dos Dados.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1. Condições Meteorológicas.....	36
4.1.1. Pluviometria.....	36
4.1.2. Temperatura do Ar.....	38
4.1.3. Velocidade dos Ventos.....	40
4.1.4. Direção Predominante dos Ventos.....	42
4.2. Parâmetros Abióticos da Água.....	45
4.2.1. Salinidade.....	45
4.2.2. Temperatura da Água.....	47
4.3. Condições Hidrodinâmicas.....	49
4.3.1. Altura de Arrebentação da Onda (Hb).....	49

4.3.2. Período de Onda.....	51
4.3.3 Amplitude de Maré.....	52
4.4. Fitoplâncton.....	53
4.4.1. Frequência de Ocorrência das Acumulações de Diatomáceas.....	53
4.4.2. Biomassa Fitoplanctônica (Clorofila <i>a</i> - $\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$).....	55
4.4.3. As Diatomáceas de <i>Surf</i>	56
4.4.4. Densidade (número de células e/ou organismos $\times \text{L}^{-1}$) e Abundância Relativa (%) do Fitoplâncton Total nas Acumulações de Diatomáceas.....	58
4.5. Condições meteorológicas e oceanográficas que favorecem a formação das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro.....	63
4.6 Variações da biomassa fitoplanctônica em uma praia tropical de mesómaré urbana com acumulações de diatomáceas.....	69
4.7 Sucessão Ecológica e Densidade das Diatomáceas de <i>Surf</i> em Acumulações.....	76
5. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	83

1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ecossistemas de transição entre os oceanos e continentes. São ambientes dinâmicos onde ocorre forte interação entre as ondas, marés e ventos que dispersam energia, principalmente, na forma de transporte de água e sedimentos, determinando a estrutura física da praia. Por essa razão, as praias, de modo geral, são essenciais na proteção do litoral contra a erosão, além de serem áreas importantes de lazer e desenvolvimento de atividades turísticas (MUEHE, 1995; McLACHLAN & BROWN, 2006).

Os principais produtores primários de praias arenosas são microrganismos fotossintetizantes (microalgas), sejam esses fitoplanctônicos, que habitam a coluna d' água e são transportados passivamente pelos movimentos da água, ou componentes do microfítobentos, que habitam os sedimentos e podem ser suspensos para a coluna d' água (McLACHLAN & BROWN, 2006; VELOSO & NEVES, 2009).

As microalgas bentônicas tendem a ser mais abundantes em praias com regime de ondas de baixa energia ou em sublitoral (*offshore*), onde podem se concentrar na superfície dos sedimentos. Em praias de alta energia o fitoplâncton da zona de surf se torna mais importante. Em condições intermediárias, tanto as microalgas bentônicas como as planctônicas podem estar presentes, ou então nenhuma das comunidades ser bem representada. Nas praias arenosas, geralmente, as comunidades de microalgas, sejam bentônicas ou planctônicas, são dominadas por diatomáceas (McLACHLAN & BROWN, 2006).

Acumulações de diatomáceas são descolorações ou manchas viscosas de cor marrom, que se concentram na superfície da água do mar e podem estar associadas à espuma gerada na quebra das ondas. O fenômeno é observado em diversas praias arenosas do mundo, sendo causado por altas densidades de diatomáceas (CAMPBELL, 1996).

Essas descolorações podem se estender por dezenas de quilômetros, como nas praias da costa oeste da América do Norte (LEWIN & RAO, 1975) e ao sul da costa leste da América do Sul (ODEBRECHT *et al.*, 1995). Entretanto, na costa sul da África e no Nordeste Brasileiro as descolorações formam manchas mais localizadas (CAMPBELL & BATE, 1997; PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1997).

As acumulações de diatomáceas não são florações ou *blooms* de microalgas, visto que as florações são fenômenos sazonais, resultantes do crescimento exponencial

da população (taxa de divisão celular) de microalgas, associado ao teor de nutrientes e à temperatura da água (McLACHLAN & BROWN, 2006).

Por sua vez, as acumulações de diatomáceas são ocorrências semi-permanentes da zona de *surf* de praias expostas, onde a taxa de divisão celular é constante (TALBOT & BATE, 1986). Portanto, a concentração das células e a formação das manchas na zona de *surf* envolvem a combinação de condições físicas e hidrodinâmicas adequadas com processos de migração das diatomáceas de *surf* (TALBOT & BATE, 1986; TALBOT & BATE, 1987; TALBOT & BATE, 1988a; TALBOT & BATE, 1988b).

Apenas seis espécies de diatomáceas são identificadas como capazes de formar acumulações na zona de *surf* de praias arenosas no mundo: (1) *Anaulus australis* Drebes & Schulz (anteriormente identificado como *A. birostratus* (Grunow) Grunow ou *A. mediterraneus* (Grunow)); (2) *Aulacodiscus africanus* Cottam; (3) *Aulacodiscus kitonii* Arnott; (4) *Asterionella socialis* Lewin & Norris; (5) *Attheya armatus* (T. West) Crawford; e (6) *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round. Essas ocorrências foram registradas na costa da África do Sul, Nova Zelândia, Austrália, Venezuela, costa oeste dos Estados Unidos, costa oeste da Tasmânia e praias do sul e sudeste do Brasil, com as acumulações apresentando-se como monoespecíficas ou com duas espécies dominantes (CAMPBELL, 1996).

Considerando-se todas as espécies e áreas de ocorrência citadas anteriormente, a formação de acumulações de diatomáceas em praias da África do Sul por *Anaulus australis* é uma das mais bem estudadas e envolve um complexo processo de migração e/ou advecção vertical e horizontal das células relacionado com a hidrodinâmica da zona de *surf* (TALBOT & BATE, 1986; TALBOT & BATE, 1988a; TALBOT & BATE, 1988b).

Na migração vertical, as células de *Anaulus australis* são retiradas dos sedimentos pela ação da turbulência das ondas e devido à capacidade de produzirem mucilagem, durante a divisão celular, após serem retiradas do substrato conseguem se aderir às bolhas de ar produzidas, principalmente, na quebra das ondas, formando uma espuma semi-permanente, mancha. No fim da tarde, as células perdem a flutuabilidade e retornam ao substrato, se aderindo às partículas dos sedimentos (TALBOT & BATE, 1986; TALBOT & BATE, 1988a; McLACHLAN & BROWN, 2006). No caso da migração horizontal (*onshore/offshore*), as diatomáceas acumuladas na superfície são transportadas em direção à praia por ondas e correntes. No fim da tarde as células perdem a flutuabilidade, resultando em uma dispersão das manchas. Parte da nova

biomassa produzida na acumulação pode ser transportada de volta para além da zona de *surf* pelas correntes de retorno e depositada atrás da linha de arrebentação (*offshore*), zona calma, formando estoques de células no substrato. Em condições hidrodinâmicas adequadas, que promovem o alargamento da zona de *surf*, estas células são novamente retiradas do substrato pela turbulência das ondas e acumuladas na superfície formando novas manchas (TALBOT & BATE, 1987; TALBOT & BATE, 1988b).

As diatomáceas de *surf* *Aulacodiscus kittoni*, *Asterionellopsis glacialis* e *Anaulus australis* apresentam muita semelhança na preferência de habitats (sedimento e/ou coluna d' água), em determinadas condições hidrodinâmicas, sendo os processos de acumulação destas espécies, provavelmente, semelhantes (TALBOT & BATE, 1988a; RÖRIG & GARCIA, 2003).

Nem todas as praias apresentam acumulações nas zonas de *surf* (CAMPBELL & BATE, 1997). O fenómeno somente é observado em praias expostas com moderada à alta energia das ondas, com zona de *surf* larga, presença de correntes de retorno bem desenvolvidas e extensas feições arenosas, com aquíferos ricos em nutrientes (aporte de nutrientes por águas subterrâneas). A ausência de uma dessas características implica na ausência de acumulações de diatomáceas (CAMPBELL, 1996; CAMPBELL & BATE, 1997).

As acumulações de diatomáceas foram registradas pela primeira vez na Praia do Futuro (Fortaleza, Ceará) em fevereiro de 1990, nas quais foi observada a predominância das diatomáceas *Asterionella japonica* e *Eunotogramma* sp. (LIMA VERDE & TAHIM, 1990), posteriormente identificadas, respectivamente, como *Asterionellopsis glacialis* e *Anaulus* sp. (PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1997). Estudos taxonômicos comparativos com base na morfologia, realizados com amostras de diferentes locais do litoral do Brasil, incluindo amostras coletadas na Praia do Futuro, identificaram a última como *Anaulus australis* (RÖRIG *et al.*, 2006).

Inicialmente, o fenómeno foi localmente considerado como floração de microalgas, com aparência de manchas de óleo, marrons amareladas, cujos primeiros registros de ocorrência foram verificados apenas durante o período chuvoso. No entanto, a partir de 1995 estas manchas passaram a ser observadas também durante o período seco (FORTE *et al.*, 1995).

Asterionellopsis glacialis e *Anaulus* sp. foram as espécies identificadas como predominantemente responsáveis pela formação das acumulações na Praia do Futuro de março de 1995 a maio de 1998, com densidades máximas de, respectivamente, 8,53

$\times 10^9$ cel. $\times L^{-1}$ (Janeiro de 1996) e $6,93 \times 10^9$ cel. $\times L^{-1}$ (Abril de 1998). Dois aspectos divergentes deste padrão foram observados. O primeiro foi em março de 1995 quando *Oscillatoria* sp. ($25,4 \times 10^9$ cel. $\times L^{-1}$) predominou. O segundo foi quando *Aulacodiscus kittonii*, com abundância relativa de 76% e densidade de $0,38 \times 10^9$ cel. $\times L^{-1}$ foi, pela primeira vez, registrado como componente da mancha em julho de 1998, juntamente com *Anaulus* sp. ($0,12 \times 10^9$ cel. $\times L^{-1}$) (FORTE *et al.*, 1996; PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998).

Os resultados de quatro anos de monitoramento das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro sugerem a existência de uma sucessão fitoplanctônica específica nas manchas, porém, sem padrão anual definido, mas com significativa redução da densidade (número de células $\times L^{-1}$), abundância relativa (%) e frequência de ocorrência (%) da diatomácea penada, *Asterionellopsis glacialis*, ao longo dos anos (PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998).

Mesmo após vinte e três anos do primeiro registro de ocorrência, as manchas na zona de rebentação da Praia do Futuro ainda provocam inquietação e constantes buscas de informação pela sociedade, mídia e técnicos da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) / Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente (Conpam)/ Governo do Estado do Ceará. Este fato é decorrente da importância socioeconômica e turística da Praia do Futuro, a qual é muito utilizada para o lazer, veraneio e atividades esportivas em Fortaleza, porém, o último trabalho referente a esse assunto foi o realizado por Pereira da Costa *et al.* (1998).

O presente estudo justifica-se pela atualização das informações sobre as espécies que compõem a mancha, bem como sobre a sua densidade (número de células e/ou organismos $\times L^{-1}$) e abundância relativa (%), incluindo a biomassa (concentração de Clorofila *a* - $\mu g \times L^{-1}$), a qual até então não havia sido avaliada. Além disto, distinto dos estudos pretéritos, o presente estudo adotou uma sistemática de coleta que considera as variações temporais, espaciais e de maré, que permitirá identificar as condições ambientais que favorecem a formação, distribuição e frequência de ocorrência (%) do fenômeno.

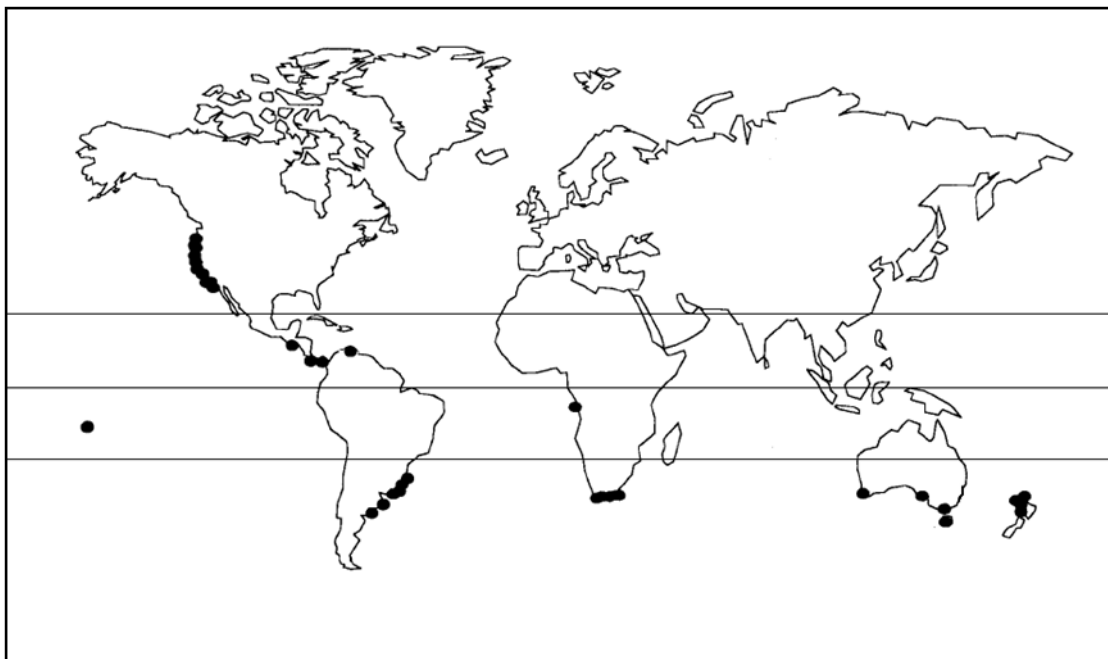
Teorias sobre a distribuição global do fenômeno restringiam a ocorrência das acumulações de diatomáceas em faixas relacionadas à latitude, excluindo a zona costeira tropical e equatorial. Contudo, as acumulações devem ocorrer sempre que as condições ambientais forem adequadas, independente da latitude (CAMPBELL, 1996).

As acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro (3° 41' S) tratam-se da ocorrência registrada em latitudes mais baixas no mundo, sendo a única na região do Atlântico Sul Equatorial; tornando esta pesquisa inédita, já que aborda os fatores que favorecem o fenômeno nesta região do planeta. Por tanto, o presente estudo se torna essencial e justificável para:

(1) A consolidação de um modelo de distribuição global do fenômeno, pois as revisões mais recentes não citam o fenômeno para costa tropical das Américas no hemisfério sul (FIGURA 01).

(2) O entendimento das acumulações em condições tropicais e de mesomarés, uma vez que a maioria dos estudos sobre o processo de acumulação de diatomáceas é referente às praias subtropicais e temperadas de micromarés, como as praias da África do Sul, Washington (EUA) e sul do Brasil (TALBOT & BATE, 1986; TALBOT & BATE, 1988a; TALBOT & BATE, 1988b; LEWIN *et al.*, 1989; ODEBRECHT *et al.*, 1995; RÖRING & GARCIA, 2003).

Figura 01 - Mapa de Ocorrência das Acumulações de Diatomáceas no Mundo.



Fonte: adaptado de Campbell (1996).

2. HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1. Hipóteses

Tendo em vista tudo o que foi posto, tanto em relação aos conhecimentos existentes sobre as acumulações de diatomáceas em praias arenosas, inclusive na Praia do Futuro (Fortaleza-CE), quanto às lacunas existentes, principalmente em relação ao conhecimento das ocorrências em regiões tropicais de mesomare, várias indagações surgiram conduzindo à elaboração das seguintes hipóteses:

hipótese 1: a frequência de ocorrência do fenômeno e a dominância das espécies que compõem as manchas varia com as mudanças climáticas e oceanográficas durante o ano;

hipótese 2: a densidade celular e a biomassa do fitoplâncton, incluindo as ocasiões de acumulações de diatomáceas, são maiores no período chuvoso;

hipótese 3: a formação das acumulações de diatomáceas e conseqüentemente as maiores densidades de células estão associadas às alturas de arrebentação das ondas (H_b) e/ou entradas de *swell* no litoral;

hipótese 4: devido a Praia do Futuro estar sujeita a regime de mesómare, a amplitude da maré influencia no processo de formação das acumulações de diatomáceas.

2.2. Objetivo Geral

Verificar se existe um padrão temporal e/ou espacial das ocorrências das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro e identificar quais as condições ambientais que favorecem a formação das acumulações, assim como quais as espécies que as compõem.

2.3. Objetivos Específicos

2.3.1. Verificar se as ocorrências das acumulações na Praia do Futuro são persistentes ou se seguem um padrão de distribuição sazonal ao longo de um ano.

- 2.3.2. Quantificar a biomassa e a densidade celular das acumulações ao longo de um ano.
- 2.3.3. Identificar as espécies responsáveis pela formação das acumulações (manchas) na zona de surf da Praia do Futuro e verificar o comportamento (frequência de ocorrência e abundância relativa) destas nas acumulações ao longo do ano.
- 2.3.4. Determinar quais as condições meteorológicas e oceanográficas que favorecem a formação das acumulações de diatomáceas e se também influenciam nas variações de biomassa, densidade celular e dominância de uma ou mais espécies formadoras das manchas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

A Praia do Futuro está localizada no município de Fortaleza, capital do Ceará, Nordeste Brasileiro (FIGURA 02). A região é caracterizada por um período chuvoso, durante o primeiro semestre do ano, que concentra em média 80% da precipitação anual total, enquanto os 20% restantes se distribuem de julho a dezembro, no período seco (BRABO *et al.*, 1993).

Devido a sua localização em baixas latitudes, o Ceará está sujeito às influências da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com predomínio dos ventos alísios. A velocidade dos ventos varia sazonalmente, com os menores valores no período chuvoso de fevereiro a maio e os maiores entre os meses de agosto a novembro (período seco), atingindo valores de $7,2 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ em setembro. A direção predominante dos ventos é SE e E (MORAIS, 1980; MAIA, 1998; SILVA *et al.*, 2011).

Os ventos exercem uma forte influência nas características das ondas que incidem na Praia do Futuro, e conseqüentemente nas correntes costeiras que dependem da ação das ondas e marés. A direção predominante das ondas apresenta forte correlação com a direção dos ventos, sendo predominantes as ondas em E, ESE e ENE, enquanto que a altura significativa da onda (H_s) está relacionada com a velocidade dos ventos. Tanto as alturas significativas como os períodos médios de onda apresentam pouca variação ao longo do ano. O clima de onda da Praia do Futuro é dominado pelas ondas do tipo *sea* com frequência de 99,3%, enquanto 0,51% correspondem ao tipo *swell* e 0,15% não puderam ser classificadas. A ocorrência de *swell* na costa cearense está associada aos fenômenos meteorológicos extratropicais, os quais são mais frequentes em Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril (MAIA, 1998; SILVA *et al.*, 2011).

A Praia do Futuro está sujeita a um regime de mesomarés, semi-diurna, com desigualdade de amplitude e período médio de 12,4 horas (MORAIS, 1980). Em relação às correntes costeiras na Praia do Futuro, estas podem ser paralelas à costa, com velocidades variando de $0,24$ a $0,31 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$, ou normal à costa, com velocidades variando de $0,23$ a $0,58 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. A direção predominante varia com a profundidade. Em profundidades superiores a -10m a corrente será sempre paralela à costa.

Figura 02 - Mapa da Praia do Futuro (Fortaleza – Ceará – Brasil) com a localização das estações de coleta: E1 ($3^{\circ}43'27''S$ e $38^{\circ}27'34''O$) e E2 ($3^{\circ}45'19''S$ e $38^{\circ}26'37''O$).



Fonte: Imagem georeferenciada obtida do Google Earth (www.earth.google.com.br), modificada para esse estudo.

Entretanto, próximo à curva batimétrica de -5m, inicialmente a corrente apresenta uma trajetória paralela à costa, mas pode mudar de direção, passando a propagar-se em direção à costa, dependendo da direção do vento. Contudo, em profundidades inferiores a -5m, a corrente é sempre em direção à costa e apresenta os maiores valores de velocidade, possivelmente por influência das ondas (MAIA, 1998). A Praia do Futuro apresenta também correntes de retorno bem desenvolvidas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

Esta praia tem feição retilínea e apresenta ampla variação granulométrica, com seleção progressiva dos sedimentos, indicando a direção predominante do transporte de sudeste para noroeste. (MORAIS, 1980). Apresenta em sua extensão diferentes estágios morfodinâmicos, variando de intermediário (banco/corrente de baixa-mar e terraço de baixa-mar) a dissipativo e ultra-dissipativo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009).

Por se tratar de uma praia arenosa urbana, com intenso fluxo turístico e atividade de comércio, a Praia do Futuro sofre com ocupações irregulares de barracas na faixa de praia; redução da qualidade da água, promovido por lançamentos de esgotos clandestinos na praia ou em galerias pluviais que deságuam na praia e prospecção de areia das dunas para construção civil (MAGINI *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2009; ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

3.2. Estratégia de Amostragem

As coletas foram realizadas na zona de arrebenção da Praia do Futuro, mensalmente, perfazendo o período de um ano (Julho/2011 a Junho/2012). As amostragens foram padronizadas para serem executadas, sempre que possível, na maré de sizígia com a maior amplitude de cada mês, com os picos da maré por volta da 10:00 horas da manhã (BM) e 16:00 horas no período da tarde (PM), de acordo com a tábua de maré para o Porto do Mucuri (Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN/www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas). A padronização dos horários dos picos de maré foi feita com o intuito de realizar todas as coletas em horários e exposições solares aproximadamente semelhantes, uma vez que a maior ou menor penetração da luz solar na coluna d'água depende do ângulo de incidência da mesma. Com isso, procurou-se minimizar os efeitos dos diferentes horários na produção do fitoplâncton (microalgas autotróficas), cujo um dos principais fatores limitante é a luz. Para verificar a influência das marés, as amostragens foram realizadas nas baixa-mares (BMs) e preamares (PMs)

de um mesmo dia, sendo as BMs sempre pela manhã e a PMs durante a tarde (TABELA 01).

Para caracterizar espacialmente a Praia do Futuro, as coletas foram realizadas em duas estações. A praia foi dividida ao meio, em dois setores, e as estações (E1 e E2) localizadas, respectivamente, no centro de cada um deles. Por tanto, as estações ficaram posicionadas de forma equidistante, em relação às extremidades da praia, a qual é delimitada pelo espigão do Titãzinho e pela desembocadura do estuário do rio Cocó. A E1 foi posicionada a aproximadamente 2 km do espigão do Titãzinho, nas coordenadas 3°43'27''S e 38°27'34''O. Enquanto que a E2 ficou localizada a aproximadamente 2 km da desembocadura do estuário do rio Cocó, nas coordenadas 3°45'19''S e 38°26'37''O (FIGURA 02). Durante as BMs as coletas eram iniciadas sempre na E2 para depois serem realizadas na E1. Já nas PMs a sequência das coletas eram invertidas, iniciando-se na E1 e terminando na E2. Essa sequência foi adotada em função da observação da direção resultante da corrente de maré. Principalmente, em relação ao deslocamento das manchas, que foi observado na área investigada, tanto nos trabalhos anteriores como durante observações *in loco*, antes do início das coletas.

3.3. Parâmetros Físico-Químicos da Água

A cada amostragem, foram medidas *in situ* a salinidade e a temperatura da água. No caso da primeira foi utilizado um refratômetro (marca *ATAGO*), com medições em triplicata, realizadas sempre pelo mesmo observador. A temperatura da água foi determinada com auxílio de uma Sonda/Oxímetro com termômetro (marca *Yellow Spring Instruments*, modelo YSI550A12).

3.4. Levantamento Hidrodinâmico

Os dados oceanográficos físicos, referentes aos parâmetros de onda (período e altura de arrebentação), foram obtidos através de observações visuais, seguindo as recomendações de Bascom (1964). Apesar dos erros associados à subjetividade dos observadores, esses métodos fornecem estimativas bastante razoáveis do estado de ondas, sendo muito utilizados em estudos de transporte sedimentar litorâneo (MUEHE, 1996). Contudo, devido aos problemas logísticos durante a primeira amostragem, estes dados não foram medidos no mês de Julho/2011.

Tabela 01 - Calendário das Coletas na Praia do Futuro.

Mês	Dia	Horário	Altura da Maré (m)	Fase da Lua
Julho	Sábado 30/07/2011	03:56	2,9	Lua Nova
		10:17	0,2	
		16:36	2,8	
		22:34	0,4	
Agosto	Segunda 29/08/2011	04:19	3,1	Lua Nova
		10:39	0,0	
		16:54	3,1	
		22:58	0,1	
Setembro	Terça 27/09/2011	04:00	3,1	Lua Nova
		10:17	0,0	
		16:28	3,2	
		22:36	0,0	
Outubro	Quarta 27/10/2011	04:30	3,1	Lua Nova
		10:43	0,1	
		16:53	3,2	
		23:02	0,0	
Novembro	Sexta 25/11/2011	04:17	2,9	Lua Nova
		10:26	0,2	
		16:36	3,1	
		22:53	0,1	
*Dezembro	Quinta 22/12/2011	02:26	2,6	Minguante
		08:39	0,5	
		14:49	2,9	
		21:06	0,3	
Janeiro	Segunda 23/01/2012	04:51	2,7	Lua Nova
		10:45	0,4	
		16:53	3,1	
		23:15	0,1	
Fevereiro	Quarta 08/02/2012	04:56	2,9	Lua Cheia
		10:56	0,3	
		17:00	3,1	
		23:19	0,1	
Março	Quinta 08/03/2012	04:32	3,0	Lua Cheia
		10:36	0,1	
		16:43	3,1	
		23:00	0,0	
*Abril	Quinta 05/04/2012	03:23	2,9	Crescente
		09:28	0,2	
		15:39	3,0	
		21:54	0,1	
Maio	Domingo 06/05/2012	04:30	3,1	Lua Cheia
		10:43	0,0	
		16:58	3,0	
		23:06	0,2	
Junho	Segunda 04/06/2012	04:11	3,1	Lua Cheia
		10:30	0,1	
		16:47	2,9	
		22:53	0,2	

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN); Centro de Hidrografia da Marinha (CHM); Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>

*Devido aos problemas logísticos, as amostragens foram realizadas em marés de quadratura, com maior amplitude de maré e o mais próximo possível do dia para o qual estava planejada a coleta.

Para a medição da altura da onda na arrebentação (Hb) foi utilizada uma régua (mira), posicionada verticalmente o mais próximo possível do recuo máximo da onda, na face de praia. A Hb foi obtida através da leitura da altura, na intersecção com a mira, da linha imaginária, que liga o horizonte com a altura da onda pouco antes de arrebentar (FIGURA 03). Foram realizadas no mínimo doze medições de Hb por amostragem e foi considerada a média de $\frac{1}{4}$ das alturas mais significativas. As medições foram realizadas sempre pelo mesmo observador, para reduzir a subjetividade no método.

O período médio de onda (T) foi determinado com auxílio de um cronômetro digital, através do registro do tempo necessário para a passagem de onze ondas consecutivas, em um determinado ponto fixo, na linha de arrebentação mais externa. O tempo obtido foi dividido por dez, sendo as medições realizadas em triplicata. Posteriormente, através do T, as ondas foram classificadas nos tipos capilares, *sea* ou *swell* (TABELA 02).

Figura 03 – Demonstração da medida da altura da onda na arrebentação (Hb), através da leitura da mira.



Fonte: Imagens do presente estudo.

Nas BMs a amplitude de maré foi determinada através da subtração da altura de pico da PM anterior da altura de pico da referida BM. Nas PMs a amplitude foi calculada pela subtração da altura de pico da referida PM menos a altura de pico da BM anterior. Essa sequência foi adotada nos cálculos com o intuito de evitar valores

negativos e obter apenas a variação entre os níveis de maré. Todos os dados referentes às marés foram obtidos da tábua de maré para o Porto do Mucuripe, publicados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)/ Centro de Hidrografia da Marinha (CHM)/ Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), através da página: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>.

Tabela 02 – Classificação das ondas segundo o período.

T (s)	Tipo de Onda
0 – 0,2	Capilares
0,2 - 9	<i>Sea</i>
9 – 15	<i>Swell</i>
15 - 30	<i>Swell</i> Longo

Fonte: Adaptada de Pond & Pickard (2009).

3.5. Levantamento Meteorológico

Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar (°C) e direção e velocidade ($m \times s^{-1}$) dos ventos foram cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada a 3° 44' S e 38° 34' O. Também foram obtidos dados de precipitação pluviométrica (mm) da Estação Fundação Maria Nilva (3° 78' S e 38° 45' O), estação meteorológica mais próxima a Praia do Futuro, cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior, do Governo do Estado do Ceará. Os dados meteorológicos medidos diariamente foram processados e apresentados de três formas distintas:

(1) como acumulado do mês (precipitação pluviométrica) ou média mensal (temperatura do ar e velocidade do vento);

(2) como acumulado semanal (precipitação pluviométrica) ou média semanal (temperatura do ar e velocidade do vento), considerando os seis dias que antecedem a coleta e o dia da coleta;

(3) medição do dia da coleta (precipitação pluviométrica, temperatura do ar, direção e velocidade do vento).

No caso específico das direções dos ventos, também foram calculadas as frequências de ocorrência (%) de cada uma delas, visando determinar a direção predominante em diferentes escalas de tempo: todo o período de coleta, períodos

sazonais (chuvoso e seco) e medição diária, além da separação pelos períodos do dia, matutinos e vespertinos, correspondentes às BMs e às PMs, respectivamente.

3.6. Registro de Ocorrência de Manchas

Durante as amostragens foram realizadas visualizações, com o registro da ocorrência ou não de manchas (acumulações de diatomáceas), bem como do aspecto e intensidade da coloração das mesmas, na zona de arrebentação da Praia do Futuro.

3.7. Biomassa Fitoplânctônica - (Clorofila *a* - $\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$)

As coletas de água foram feitas em triplicata, na camada superficial, preferencialmente após a quebra das ondas. Os volumes das amostras coletadas variaram de 2 a 5L, em função da coloração da água. As bombonas com as amostras foram armazenadas em caixas térmicas e mantidas resfriadas e no escuro até o momento da filtração, no Laboratório de Plâncton do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), da UFC. As amostragens, armazenamento e conservação durante o transporte até o laboratório seguiram as recomendações e metodologias descritas por Strickland & Parsons (1972) e Edler (1979), empregadas para a estimativa de biomassa do fitoplâncton através da determinação da concentração de Clorofila *a*.

As amostras foram filtradas em sistema a vácuo de multifiltração (Millipore®), utilizando filtros de microfibras de vidro (Whatman®, GF/C) com aproximadamente 1,2 μm de porosidade e 47 mm de diâmetro, no máximo oito horas após a coleta. Posteriormente, os filtros foram colocados para secagem e armazenados em tubo de ensaio de fundo cônico, com tampa, sendo imediatamente congelados (aproximadamente -20°C) e assim mantidos até o momento da extração para análise. Como solvente para a extração da Clorofila *a* foi empregado solução de acetona P.A a 90%, sendo utilizados 10 ml da solução para cada subamostra. Após a adição do solvente, os tubos foram levemente agitados, colocados em repouso e resfriados por 24 horas. Posteriormente, após atingirem a temperatura ambiente, as amostras foram centrifugadas e o sobrenadante retirado para leitura em espectrofotômetro. Os comprimentos de onda empregados foram os de 630, 645, 663 e 750 nm, para que fosse possível utilizar a equação de Jeffrey & Humphrey (1975), a mais recomendada para os cálculos, de concentração da Clorofila *a* por espectrofotometria. Os valores de

absorbância obtidos foram empregados na equação referida e as estimativas finais das concentrações de Clorofila *a* expressas em $\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$. Todo o procedimento laboratorial foi realizado na penumbra, sem iluminação direta sobre as amostras, para evitar a fotodegradação da Clorofila *a*, antes da sua determinação.

3.8. Comunidade Fitoplanctônica

3.8.1. Metodologia de Coleta do Fitoplâncton Total (garrafa)

As amostras de água para contagem e determinação da densidade (número de células e/ou organismos $\times \text{L}^{-1}$), abundância relativa (%) e frequência de ocorrência (%) do fitoplâncton foram coletadas em duplicata na superfície, de preferência após a quebra das ondas e armazenadas em frascos de vidro âmbar. Uma replica foi fixada com Solução de Lugol Acético (1:100 ml) e a outra com Solução de Formaldeído PA, tamponado com Tetraborato de Sódio (1:100 ml), imediatamente após a coleta.

3.8.2. Metodologia de Coleta do Microfitoplâncton (rede)

Para auxiliar nas análises qualitativas foram realizados arrastos horizontais na sub-superfície da zona de arrebentação, de preferência após a quebra das ondas, com rede de plâncton com malha de 20 μm . As amostras foram armazenadas em vidros transparentes de 200 ml e fixadas, imediatamente após a coleta, com Solução de Formaldeído PA, tamponado com Tetraborato de Sódio (1:10 ml).

3.8.3. Análise Quali-Quantitativa do Fitoplâncton

Foram determinadas a composição, abundância relativa (%) e densidade do fitoplâncton total (número de células e/ou organismos $\times \text{L}^{-1}$) das acumulações que ocorreram na zona de surf da Praia do Futuro. Na identificação dos táxons foi dada ênfase para as potenciais formadoras de acumulações, enquanto que o restante da comunidade foi identificada, no mínimo, ao nível de divisão, seguindo o sistema de classificação de Van den Hoek (1995), exceto o grupo das Diatomáceas, que foram classificadas segundo Round *et al.*, (1990).

Para complementar a identificação, foram realizadas análises em microscópio óptico (marca Zeiss, modelo Standard 25), equipado com ocular micrometrada, contraste de fase e objetivas retráteis e de imersão. Foi utilizada bibliografia específica para identificação de cada grupo de algas, destacando-se: Balech (1988), Barroso (2010), Bicudo & Menezes (2005), Chretiennot-Dinnet & Sournia (1990), Cupp (1943), Komárek & Anagnostidis (1989, 2000, 2005), Ricard (1987), Round *et. al.*, (1990), Sournia (1986) e Tomas (1996).

3.8.3.1. Densidade do Fitoplâncton (número de células e/ou organismos $\times L^{-1}$)

Na quantificação da densidade do fitoplâncton (número de células e/ou organismos $\times L^{-1}$), foi empregado o método de Utermöhl, descritos por Elder (1979) e Sournia (1978). As análises foram efetuadas em microscópio invertido (marca Olympus, modelo CK2), porém só foram utilizadas as replicas fixadas com Lugol. Algumas amostras, devido às altas concentrações de células, foram diluídas de forma controlada (SOURNIA, 1978). Contudo, quando adotado o procedimento de diluição, o número de células contadas foi multiplicado pelo fator de correção da diluição para obtenção da densidade real.

Após a sedimentação, as análises foram fracionadas, devido à larga escala dimensional dos organismos, sendo os menores que 50 μ m contados no aumento de 400x e os maiores que 50 μ m no aumento de 200x. Para garantir a obtenção de precisão de mais ou menos 20% e limite de confiança de 95%, foram enumerados no mínimo 100 indivíduos da espécie dominante (WETZEL & LIKENS, 2000). A contagem das Cianofíceas/Cianobactérias filamentosas, encontradas nas amostras do presente trabalho, foi realizada por unidade de tricoma e não por número de célula.

Os resultados foram expressos por grandes grupos (Cianofíceas, Diatomáceas, Clorofíceas, Dinoflagelados e Outros Flagelados) e quando da impossibilidade de identificação, devido principalmente à falta de microscópios de maior e melhor resolução, os organismos foram registrados como não identificados (NID). No caso específico das diatomáceas (Classe Bacillariophyta), grupo no qual estão incluídas as espécies formadoras de manchas, foram realizadas análises mais detalhadas, considerando a separação pelos dois sub-grupos, o das Cêntricas (Classe Coscinodiscophyceae) e o das Penadas (Classes Fragilariophyceae e Bacillariophyceae).

3.8.3.2. Abundância Relativa (%)

A abundância relativa (Ab) de cada táxon (divisões, classes, ordens, famílias, gêneros ou espécies) foi determinada por amostra de acordo com a fórmula abaixo:

$$Ab (\%) = N_o \times 100 / N_t$$

Onde:

N_o = número de organismos de determinado táxon na amostra.

N_t = número total de organismos na amostra.

3.8.3.3 Frequência de Ocorrência (%)

A frequência de ocorrência (FO) de cada táxon (divisões, classes, ordens, famílias, gêneros ou espécies) foi calculada por amostra de acordo com a fórmula abaixo:

$$FO (\%) = N_a \times 100 / N_{ta}$$

Onde:

N_a = número de amostras nas quais determinado táxon ocorreu;

N_{ta} = número total de amostras.

3.9 Análise e Tratamento dos Dados

A análise dos resultados envolveu o uso de recursos estatísticos como Correlação Simples (coeficiente de correlação *Spearman*); Análise de Componentes Principais (ACP) para evidenciar correlações e/ou dependências entre variáveis abióticas e bióticas; o teste qui-quadrado para verificar a relação entre as proporções e análise de similaridade através da Distancia Euclidiana. As análises estatísticas foram realizadas nos *softwares* SPSS Statistic 1.7, PRIMER 6 e no GraphPad 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições Meteorológicas

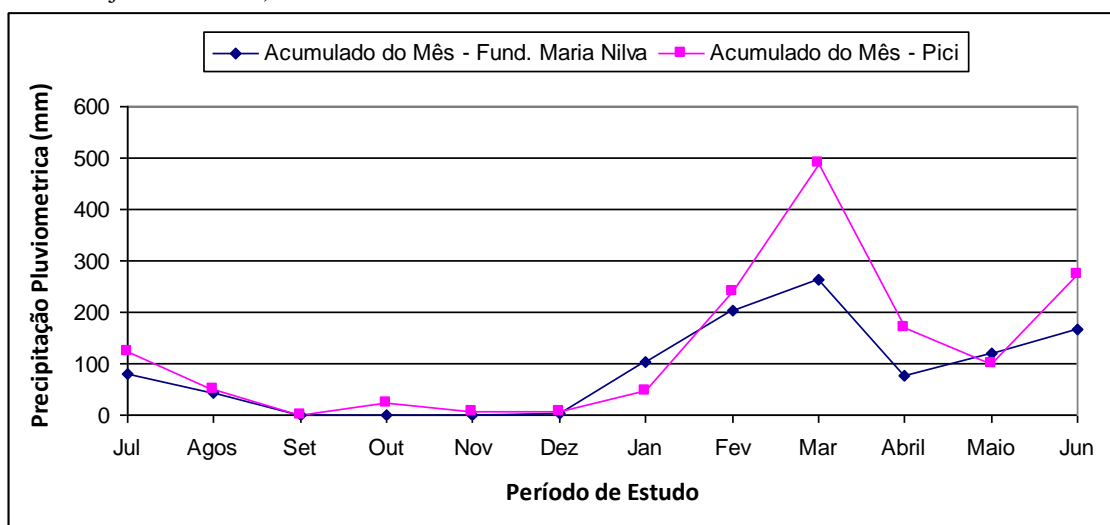
Os dados de temperatura do ar, velocidade e direção dos ventos da Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC), foram medidos diariamente às 09:00 e às 15:00 horas. Como as coletas foram padronizadas, com as baixa-mares (BMs) sempre pela manhã e as preamares (PMs) durante a tarde do mesmo dia, para efeito comparativo, consideramos as medições das 09:00 horas da manhã como referentes às BMs e as feitas no período da tarde (15:00 horas) às PMs, apesar das coletas não terem sido realizadas exatamente no mesmo horário das medições da estação meteorológica.

4.1.1. Pluviometria (mm)

Durante o período de estudo, Julho de 2011 a Junho de 2012, a precipitação pluviométrica acumulada anual medida na Estação Meteorológica do Campus do Pici foi de 1531,4 mm, enquanto, na Estação Fundação Maria Nilva foi 1063,2 mm. Em cada Estação Meteorológica foi acumulado, durante o período chuvoso, respectivamente, 86,25 % e 88,17 % da precipitação anual total. Estes dados demonstram a forte sazonalidade e desigualdade de distribuição da pluviometria ao longo do ano, já observada por outros autores (MORAIS, 1989; MAIA 1998) (FIGURA 04).

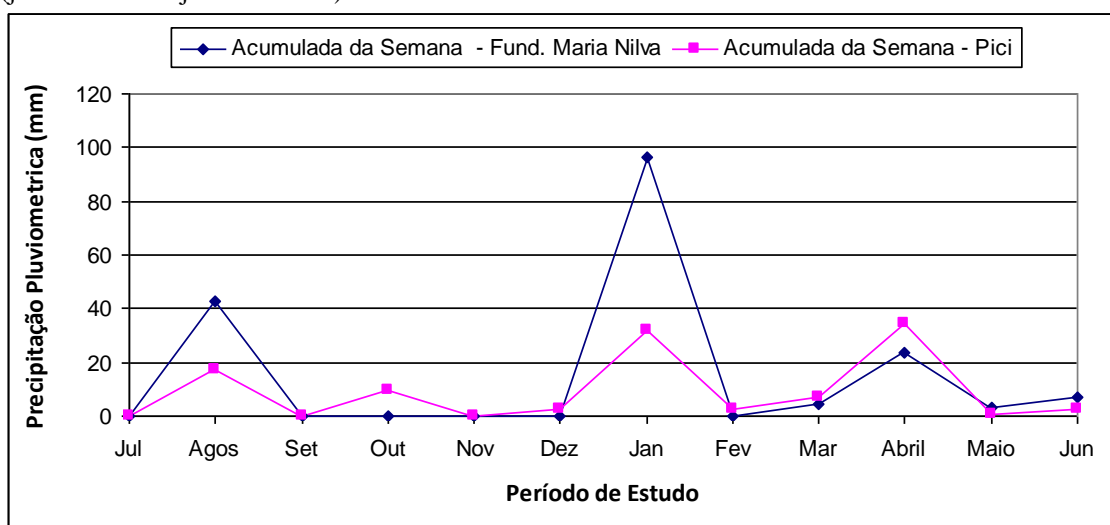
Na Estação Meteorológica localizada no Campus do Pici, a precipitação acumulada nos meses do período de coleta variou de 0 mm (Setembro/2011) a 488 mm (Março/2012), enquanto que na Estação Meteorológica localizada na Fundação Maria Nilva, a variação da precipitação acumulada foi de 0 mm (Setembro, Outubro e Novembro de 2011) a 263,2 mm (Março/2012). Portanto, podemos caracterizar Setembro de 2011 como o mês mais seco do período e o mais chuvoso Março de 2012 (FIGURA 04). As diferenças entre os registros de precipitação pluviométrica acumulada das duas Estações Meteorológicas demonstram as variações que ocorrem na distribuição espacial das chuvas na região metropolitana de Fortaleza-CE, embora os padrões de distribuição sazonais sejam semelhantes (FIGURA 04).

Figura 04 – Precipitação pluviométrica acumulada mensalmente (mm), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC) e Estação Meteorológica da Fundação Maria Nilva, da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior, do Governo do Estado do Ceará. Processamento dos dados feito nesse estudo.

Figura 05 – Precipitação pluviométrica acumulada semanalmente (mm), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC) e Estação da Fundação Maria Nilva, da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior, do Governo do Estado do Ceará. Processamento dos dados feito nesse estudo.

Considerando a precipitação acumulada nos seis dias que antecedem a coleta mais o dia da coleta, acumulado semanal, a precipitação registrada na Estação Meteorológica localizada no Campus do Pici variou de 0 mm (Julho e Setembro de 2011) a 34,40 mm (Abril/2012). Os acumulados semanais da Estação Meteorológica localizada na Fundação Maria Nilva variaram de 0 mm, registrados nos meses de Julho,

Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro de 2011 a 96,4 mm em de Janeiro/2012 (FIGURA 05).

Nos dias de coleta predominou a precipitação pluviométrica nula ou inferior a 1 mm (75% dos dias na Estação localizada no Campus do Pici e 91,6% dos dias na Estação Meteorológica localizada na Fundação Maria Nilva), sendo todos os registros de precipitação pluviométrica acumulada inferiores a 7 mm.

Apesar das diferenças na amplitude de variação pluviométrica de uma estação para a outra, de modo geral, ambas apresentaram um padrão de variação semelhante ao longo do período de estudo, tanto nos acumulados mensais como semanais (FIGURAS 04 e 05).

4.1.2. Temperatura do Ar (°C)

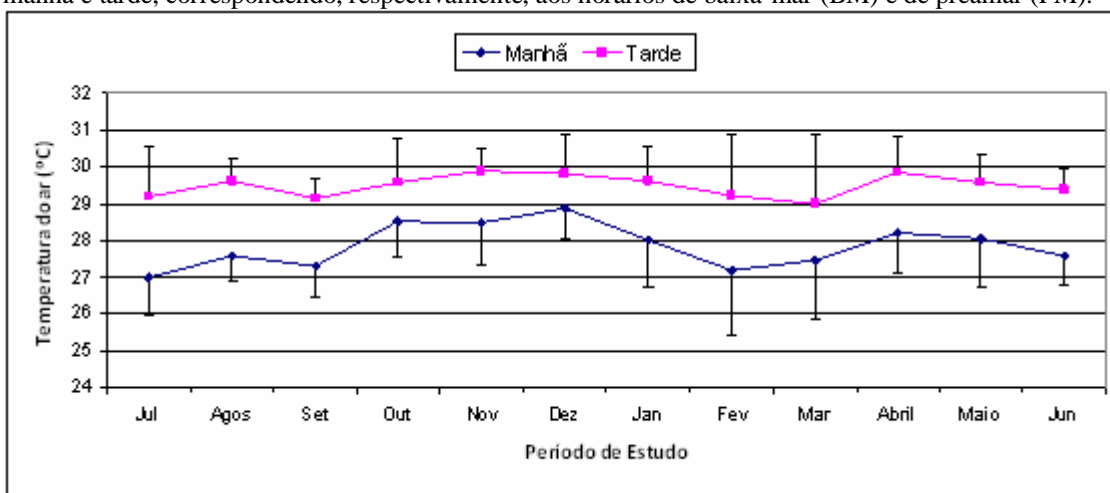
A temperatura média mensal, no período em que foi realizado o estudo, variou de 27 ($\pm 1,02$) a 29,9 ($\pm 0,60$) °C, com mínima e máxima registradas no período seco. Portanto, a amplitude de variação da temperatura média mensal pode ser considerada pequena (4 °C), o que caracteriza a zona equatorial, na qual está localizado o Município de Fortaleza. (FIGURA 06).

Se considerarmos separadamente as temperaturas dos períodos do dia, manhã e tarde a variação se torna ainda menor. Nas manhãs as temperaturas médias mensais variaram de 27 ($\pm 1,02$) °C (Julho/2011) a 28,9 ($\pm 0,82$) °C (Dezembro/2011), com amplitude de 1,9 °C, enquanto que nas tardes a variação foi ainda menor (0,9 °C), com mínima de 29 ($\pm 1,88$) °C (Março/2012) e máxima de 29,9 ($\pm 0,60$) °C (Novembro/2011). As temperaturas médias do ar medidas pela manhã foram sempre mais baixas que as medidas durante a tarde, pois estas são influenciadas pela exposição à radiação solar, variando ao longo do dia. Contudo, ambas apresentaram um padrão de variação semelhante ao longo do ano, com os maiores valores de temperatura registrados nos meses de Outubro, Novembro e Dezembro de 2011 e os menores em Julho e Setembro de 2011, Fevereiro e Março de 2012 (FIGURA 06).

Em relação às médias de temperatura do ar (°C) semanais, seis dias que antecederam a coleta mais o dia da coleta, a amplitude também foi pequena (aproximadamente 4 °C). Entretanto, as médias máxima e mínima ocorreram no período chuvoso, variando de 26,6 ($\pm 2,04$) (Janeiro/2012) a 30,46 °C ($\pm 0,58$) (Maio/2012). Da mesma forma que as temperaturas médias mensais, as médias semanais das manhãs

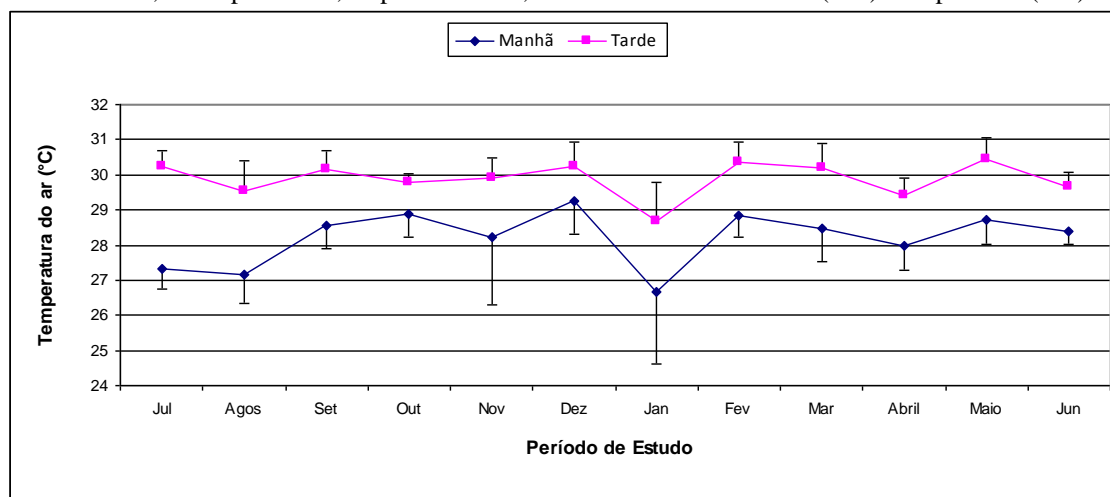
foram menores que as das tardes e ambos os períodos do dia apresentaram o padrão de variação ao longo do ano muito semelhante (FIGURA 07).

Figura 06 – Médias mensais da temperatura do ar (°C), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

Figura 07 – Médias semanais da temperatura do ar (°C), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).

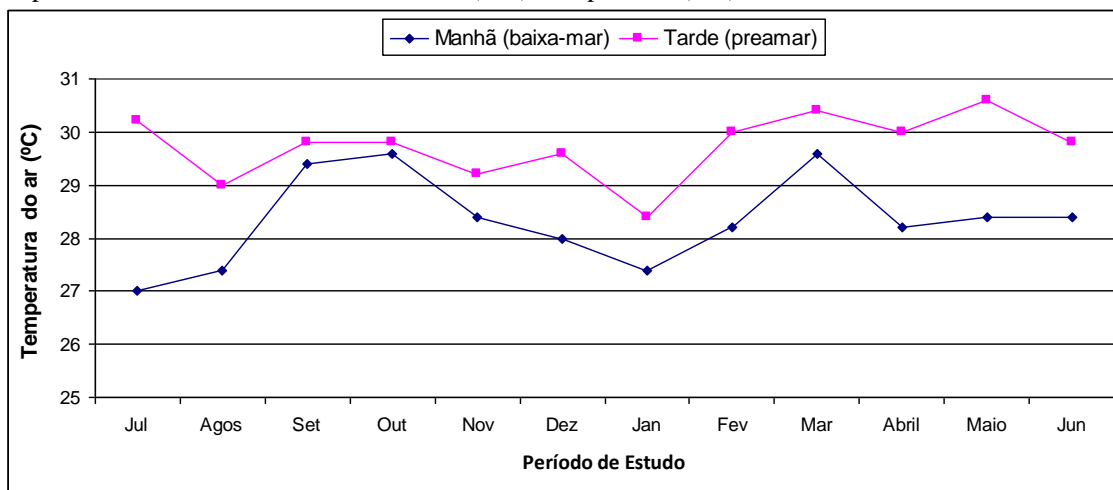


Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

Considerando apenas a temperatura do dia da coleta, a mínima e máxima foram, respectivamente, 27 °C na manhã (BM) de Julho e 30,6 °C na tarde (PM) de Maio, com amplitude de 3,6 °C. As temperaturas durante as manhãs (BM) mantiveram-se sempre menores que as das tardes (PM) (FIGURA 08).

Apesar da pequena amplitude de temperatura e ambos os horários do dia (manhã e a tarde) apresentarem padrões de variação semelhantes entre si. O padrão de variação ao longo do ano comparando as médias mensais, semanais e do dia da coleta são muito distintos (FIGURAS 06, 07 e 08).

Figura 08 – Medições diárias da temperatura do ar (°C), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

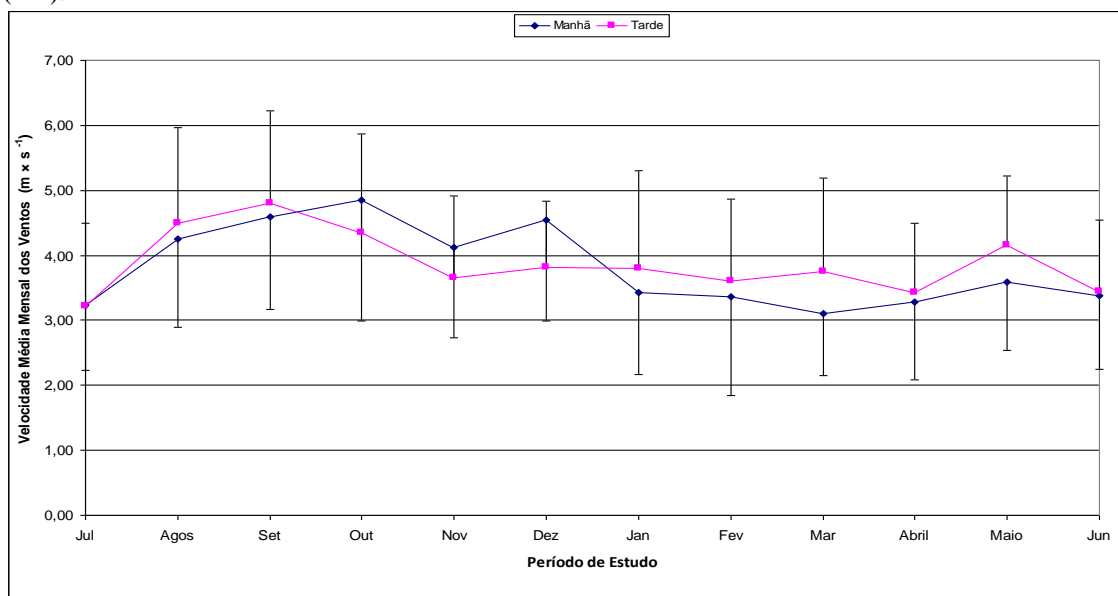
4.1.3. Velocidade dos Ventos ($m \times s^{-1}$)

Durante o período investigado, Julho de 2011 a Junho de 2012, a velocidade média mensal dos ventos variou de 3,10 ($\pm 0,94$) a 4,85 ($\pm 1,85$) $m \times s^{-1}$, respectivamente, nas manhãs (BM) de Março e de Outubro, sendo a velocidade média no período de estudo 3,84 ($\pm 0,54$) $m \times s^{-1}$. A velocidade média dos ventos apresentou uma sazonalidade bem definida, com os ventos mais intensos no período seco (Julho a Dezembro) e os ventos mais fracos no período chuvoso (Janeiro a Junho) (FIGURA 09). Esse padrão corrobora com os dados apresentados por Maia (1998), que analisando a velocidade dos ventos nos anos de 1974 a 1993, observou a existência de um ciclo estacionário (sazonal) anual de variação da velocidade dos ventos.

Durante o período chuvoso a velocidade média mensal dos ventos nas manhãs (BM) foi sempre menor do que nas tardes (PM) (FIGURA 09). Já, durante o período seco a velocidade média dos ventos não apresentou um padrão de variação definido em relação aos dois turnos do dia (manhãs e tardes). Porém, em Julho, Outubro, Novembro e Dezembro de 2011 a velocidade média dos ventos no período matutino (BM) superou

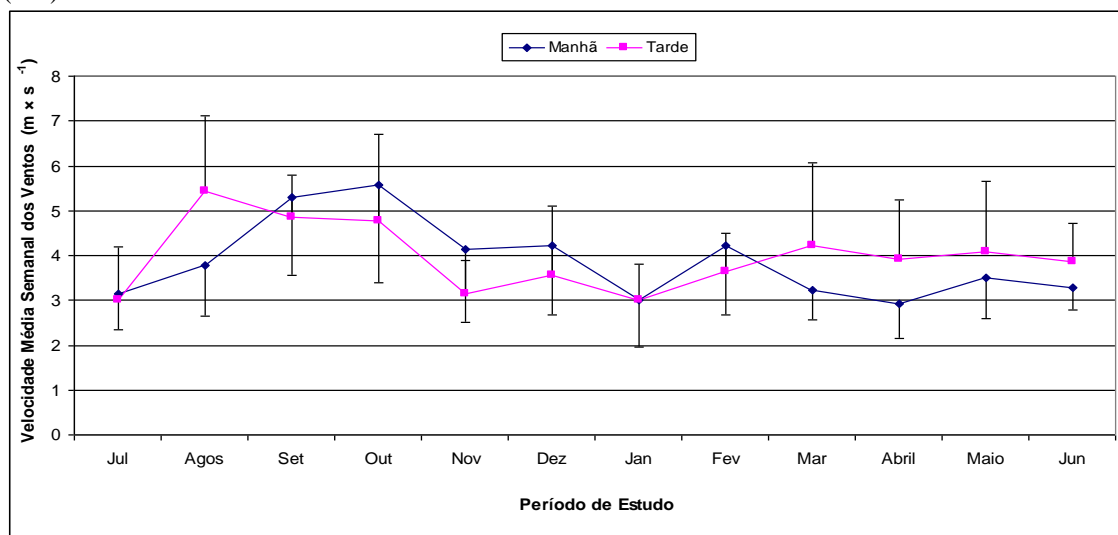
a do período vespertino (PM), enquanto que em Agosto e Setembro ocorreu o inverso (FIGURA 09).

Figura 09 - Médias mensais da velocidade dos ventos ($m \times s^{-1}$), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

Figura 10 – Médias semanais da velocidade dos ventos ($m \times s^{-1}$), durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

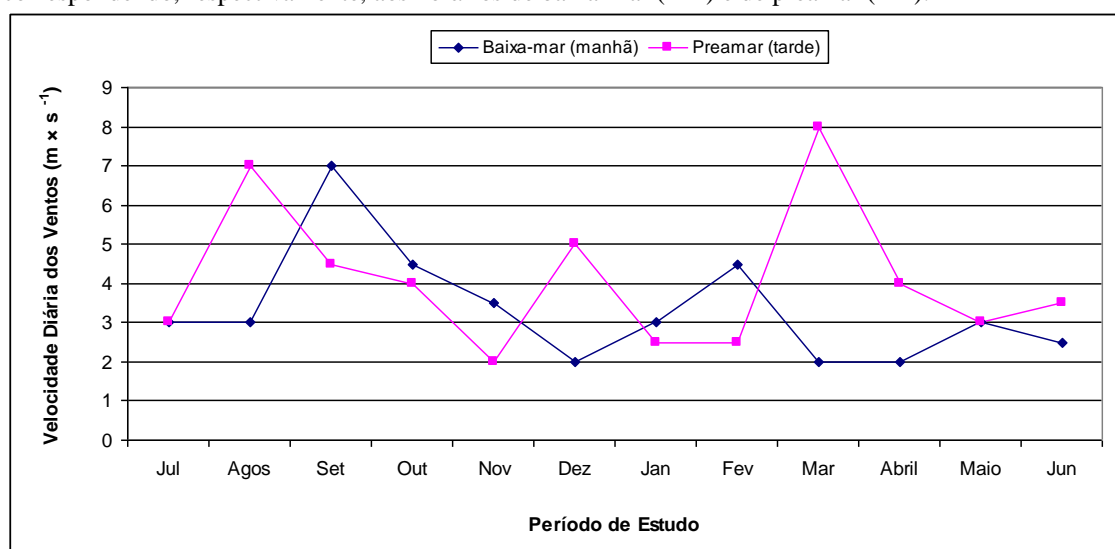
Considerando os seis dias que antecederam as coletas mais o dia da amostragem, as médias semanais das velocidades dos ventos variaram de $2,93 (\pm 0,79) m \times s^{-1}$, nas

manhãs de Abril/ 2012 (BM) a $5,57 (\pm 2,17) \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ nas manhãs de Outubro (BM), com média geral ao longo do período de estudo de $3,91 (\pm 0,80) \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. O padrão geral de variação sazonal da velocidade dos ventos, nessa escala de tempo se manteve como observado para a variação da média mensal, com ventos mais intensos no período seco e os mais fracos no chuvoso (FIGURA 10).

Se consideradas apenas as velocidades dos ventos no dia de coleta, a amplitude de variação entre a máxima e a mínima aumenta consideravelmente. Visto que a mínima foi de $2 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$, registrada tanto na tarde de Novembro (PM), quanto nas manhãs de Dezembro de 2011, Março e Abril de 2012 (BM), e a máxima foi de $8 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ para a tarde de Março (PM), com amplitude máxima de variação de $6 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$, com média geral nesses dias de $3,71 \times \text{s}^{-1}$ (FIGURA 11).

Quando considerados apenas os dias de coleta, apesar da sazonalidade da velocidade dos ventos não ser tão evidente, o período chuvoso apresentou mais dias com velocidades mais baixas, com 66,7 % dos dias nos quais as velocidades foram iguais ou inferiores a $3 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Entretanto, no período seco predominaram velocidades mais altas, sendo superiores a $3 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ em 58,3 % dos dias (FIGURA 11). Em relação aos turnos do dia não foi observado padrão definido

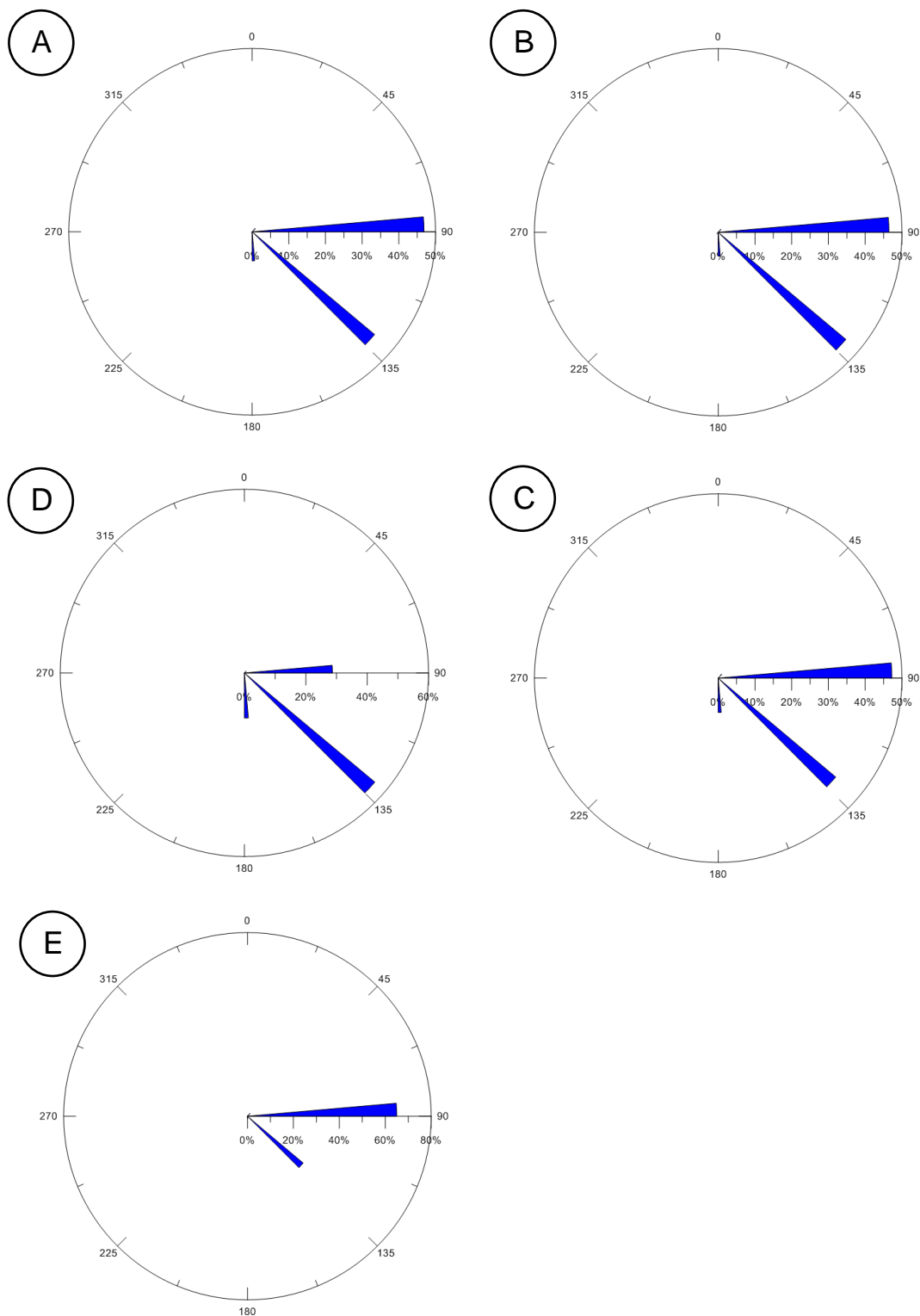
Figura 11 – Medições diárias da velocidade dos ventos ($\text{m} \times \text{s}^{-1}$), nos dias de coleta, durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012, calculadas em separado para os dois turnos do dia, manhã e tarde, correspondendo, respectivamente, aos horários de baixa-mar (BM) e de preamar (PM).



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

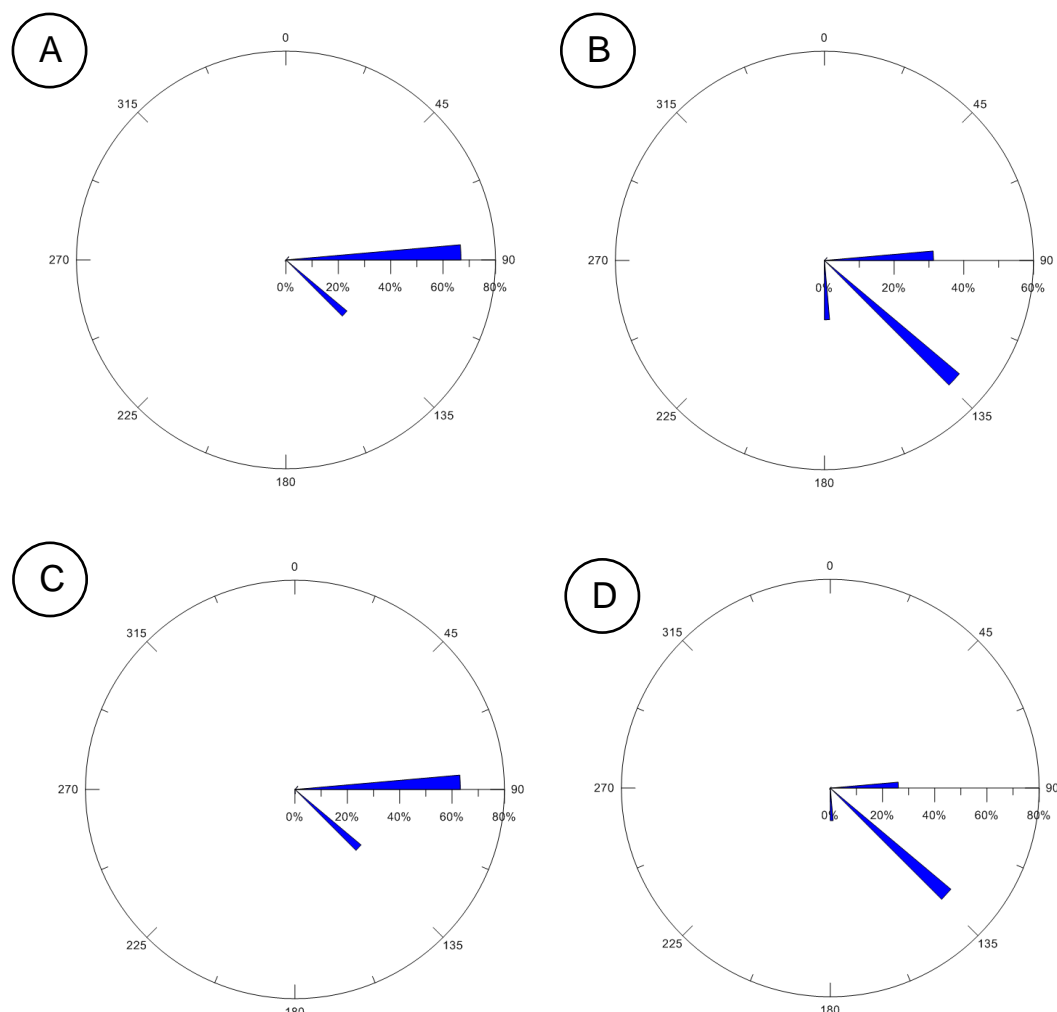
4.1.4. Direção Predominante dos Ventos

Figura 12 – Frequência de ocorrência (%) da direção predominante dos ventos incluindo: (A) todos os horários, dias e meses do período de estudo; (B) todos os turnos (manhã e tarde) dos dias do período seco; (C) todos os turnos (manhã e tarde) dos dias do período chuvoso; (D) apenas as referentes aos turnos da manhã (BM) de todos os dias do período de estudo e (E) apenas as referentes aos turnos da tarde (PM) de todos os dias do período de estudo.



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

Figura 13 – Frequência de ocorrência (%) da direção predominante dos ventos, separados por período do ano (seco e chuvoso) e nestes por turno do dia (manhã - BM e tarde - PM): (A) referente ao turno da manhã (BM) de todos os dias do período seco; (B) referente ao turno da tarde (PM) de todos os dias do período seco; (C) referente ao turno da manhã (BM) de todos os dias do período chuvoso; (D) referentes ao turno da tarde (PM) de todos os dias do período chuvoso.



Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

A direção predominante dos ventos, ao longo do período de estudo, variou entre E e SE, correspondendo no total a 90,3 %, sendo 43,44 % de ventos SE e 46,86% de ventos E (FIGURA 12). Em relação à sazonalidade, a frequência de ocorrência (%) da direção predominante dos ventos praticamente não apresentou variação, com predomínio de ventos de SE e E, correspondendo a 91,85 e 88,73% nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, sendo a diferença entre as frequências de ocorrência dos ventos (%) de SE e de E, em ambos os períodos do ano, inferior a 5% (FIGURA 12).

Foi verificado que a variação da dominância entre os ventos SE e E está relacionada com o horário do dia. Já que, no período seco, pela manhã (BM) predominaram os ventos de SE, enquanto que durante as tardes (PM) a maior frequência

de ocorrência (%) foi dos ventos de E. O mesmo padrão também foi observado para o período chuvoso (FIGURA 13).

A direção predominante dos ventos no dia da coleta variou entre SE (41,7 %), E (54,2 %) e S (4,2 %). Mantendo o padrão de predominância dos ventos SE e E (TABELA 03).

Tabela 03 – Direção predominante dos ventos nos dias de coleta.

Ano	Mês	BM	PM
2011	Julho	SE	SE
	Agosto	S	SE
	Setembro	SE	E
	Outubro	E	E
	Novembro	E	E
	Dezembro	E	E
2012	Janeiro	SE	E
	Fevereiro	E	SE
	Março	E	E
	Abril	SE	SE
	Mai	SE	E
	Junho	SE	E

Fonte: Dados brutos cedidos pela Estação Meteorológica do Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará (UFC). Processamento dos dados feito nesse estudo.

4.2. Parâmetros Abióticos da Água

4.2.1. Salinidade da Água

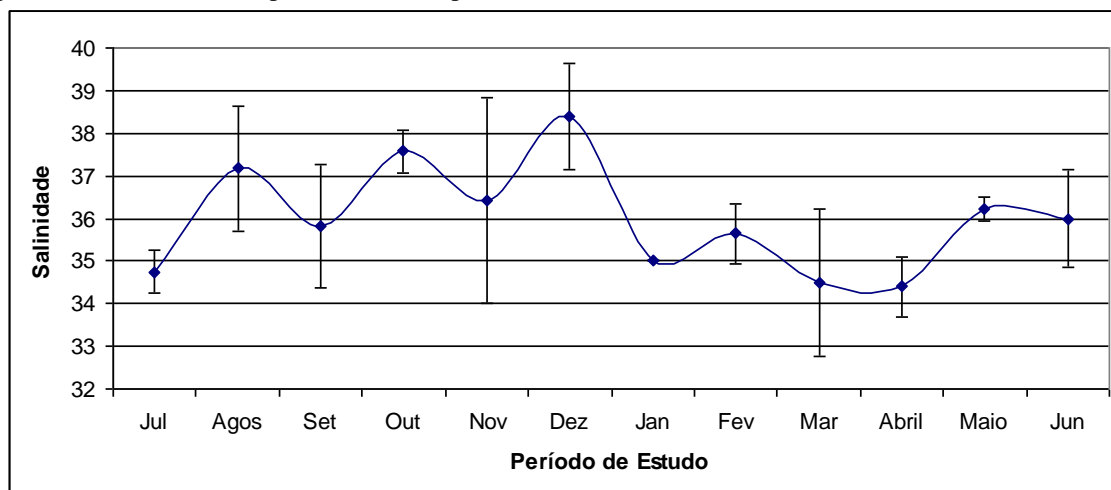
A média mensal das salinidades medidas *in situ* variou de 34,4 (Abril) a 38,4 (Dezembro) e refletiram um padrão sazonal inverso ao da pluviosidade, pois o período seco (Julho a Dezembro) concentrou as maiores salinidades, enquanto que as menores foram observadas durante o período chuvoso (Janeiro a Junho) (FIGURA 14).

Em relação à variação espacial da salinidade da água, de modo geral, na E2 foram observados os maiores valores ou em ambas as estações as salinidades foram iguais. As exceções ocorreram nas PMs Junho, BMs Julho e BMs Maio, quando a salinidade nas águas da E1 superou a das águas na E2 (FIGURAS 15 e 16).

As águas da E2 apresentaram as maiores salinidades, apesar da proximidade do estuário do rio Cocó, aproximadamente 2 km. A distância restringiu a influência das águas do estuário rio Cocó nas salinidades registradas na E2, já que o mesmo apresenta baixa vazão, característica típica dos rios da região semiárida do nordeste brasileiro.

Além disso, as salinidades mais baixas em E1 podem estar refletindo uma maior influência dos aquíferos na zona de *surf*, pois as dunas são mais desenvolvidas neste setor da praia (FIGURA 02).

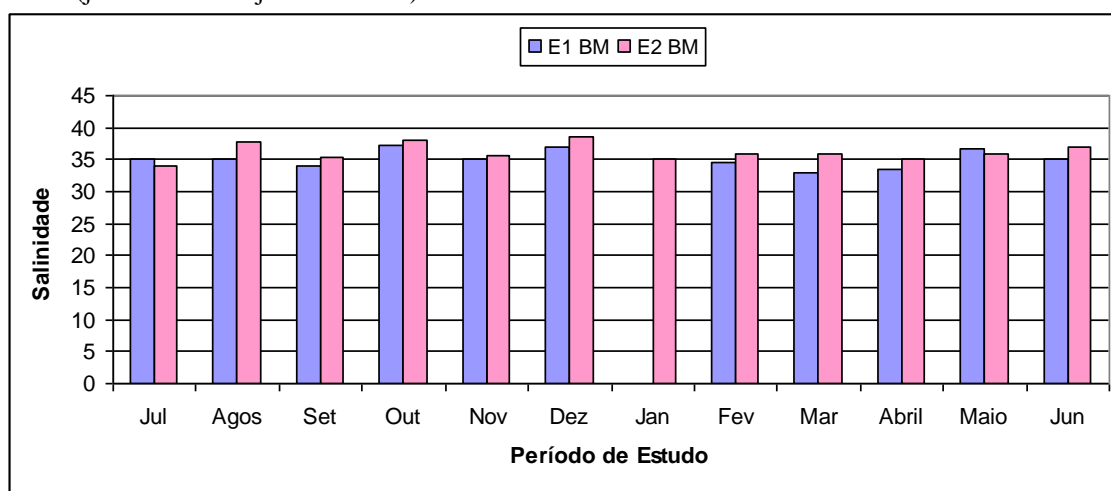
Figura 14 – Médias mensais das salinidades medidas *in situ*, durante o período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012) e seus respectivos desvios padrões.



Fonte: Dados do presente estudo.

Apesar de haver uma galeria pluvial a poucos metros da E1, esta não deve ter influenciado de forma significativa a salinidade, pois mesmo nas coletas, nas quais a galeria estava seca ou não apresentava ligação com o mar, a salinidade das águas na E1 manteve-se sempre menor do que na E2.

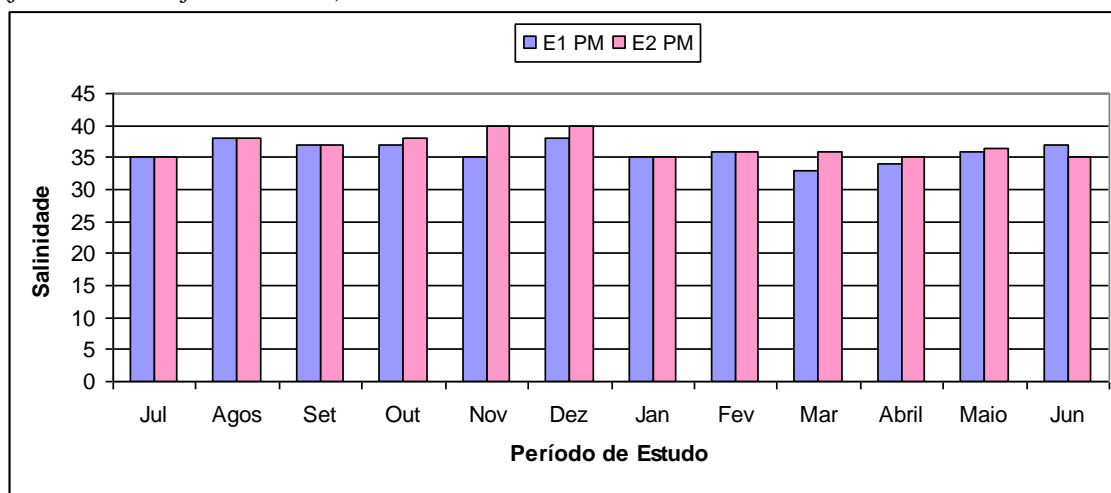
Figura 15 – Salinidades medidas *in situ*, durante as baixa-mares, na E1 e E2, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

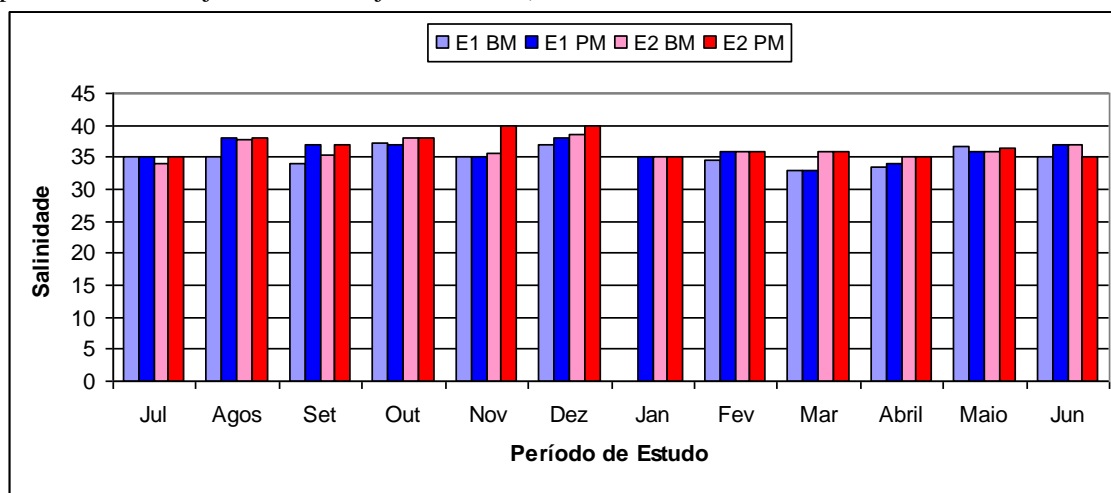
Quando comparamos cada estação separadamente, em relação ao nível de maré, as salinidades foram maiores nas preamares ou iguais em ambos os estágios de maré. Este fato decorre da maior introdução de águas marinhas costeiras durante as preamares. Entretanto, foram observadas exceções na E1 (Maio e Junho de 2012) e na E2 (Junho de 2012) (FIGURA 17).

Figura 16 – Salinidades medidas *in situ*, durante as preamares, na E1 e E2, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 17 – Salinidades medidas *in situ*, nos dois níveis de maré (BM e PM), na E1 e na E2, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

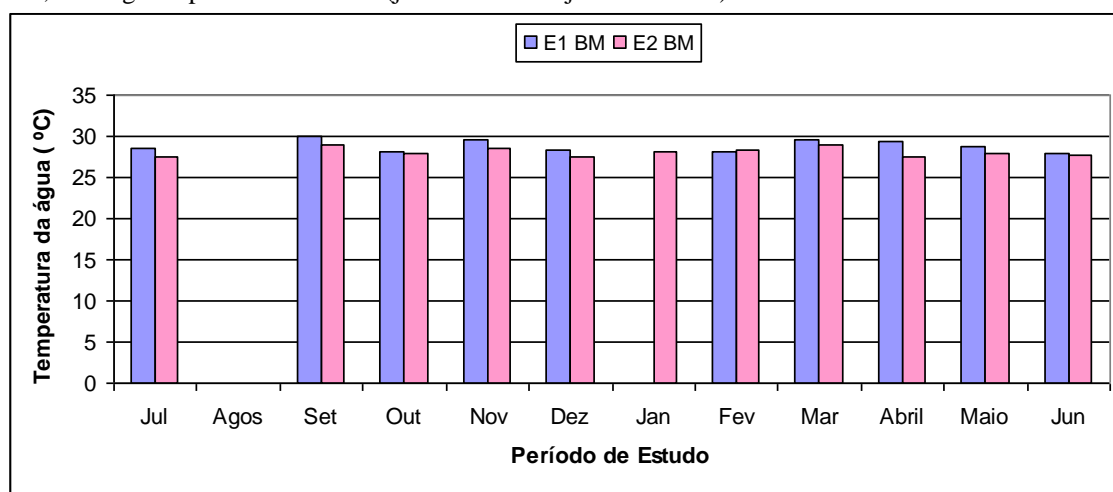
4.2.2. Temperatura da Água

A temperatura da água variou de 26,7 a 29,9 °C, respectivamente, em E2 PM de Agosto e E1 BM de Setembro de 2011, com média de 28, 2 °C. Em relação à variação

espacial, as águas na E1 apresentaram temperaturas mais elevadas do que na E2, exceto na BM de Fevereiro e PM de Janeiro de 2012, quando o inverso foi observado (FIGURAS 18 e 19). Esse padrão pode estar associado ao fato de que as coletas da E1 foram realizadas próximas ao meio dia, horário de maior insolação e temperatura do ar. No período da manhã, a amostragem na E1 foi sempre a última a ser realizada, porém, com a primeira amostragem no período da tarde. Certamente a insolação influenciou diretamente na variação da temperatura da água durante o dia.

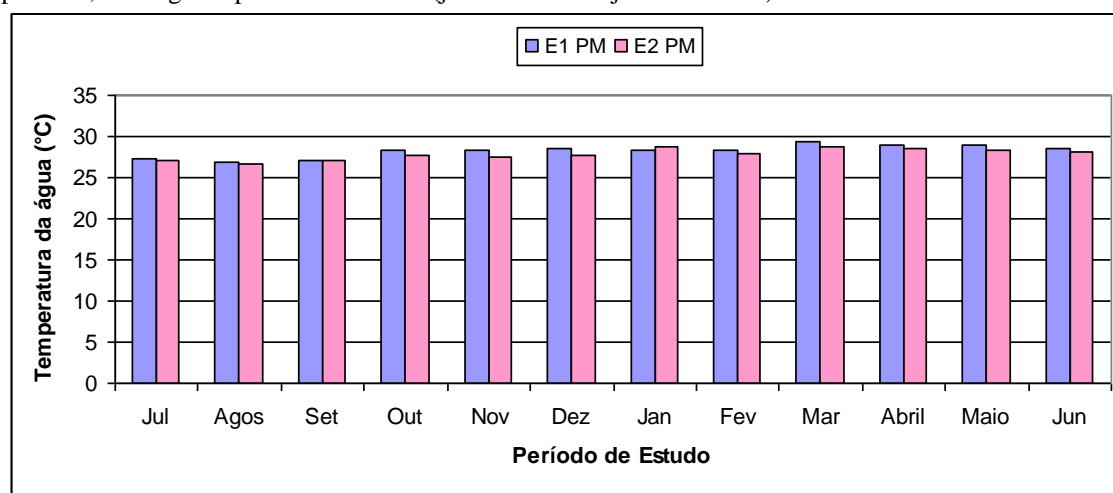
Quando comparadas às temperaturas da água, nos dois níveis de maré (BM e PM), em uma mesma estação, não foi observado um padrão definido de variação (FIGURA 20).

Figura 18 – Temperaturas da água medidas *in situ*, nas duas estações de coleta (E1 e E2), durante a baixa-mar, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012)



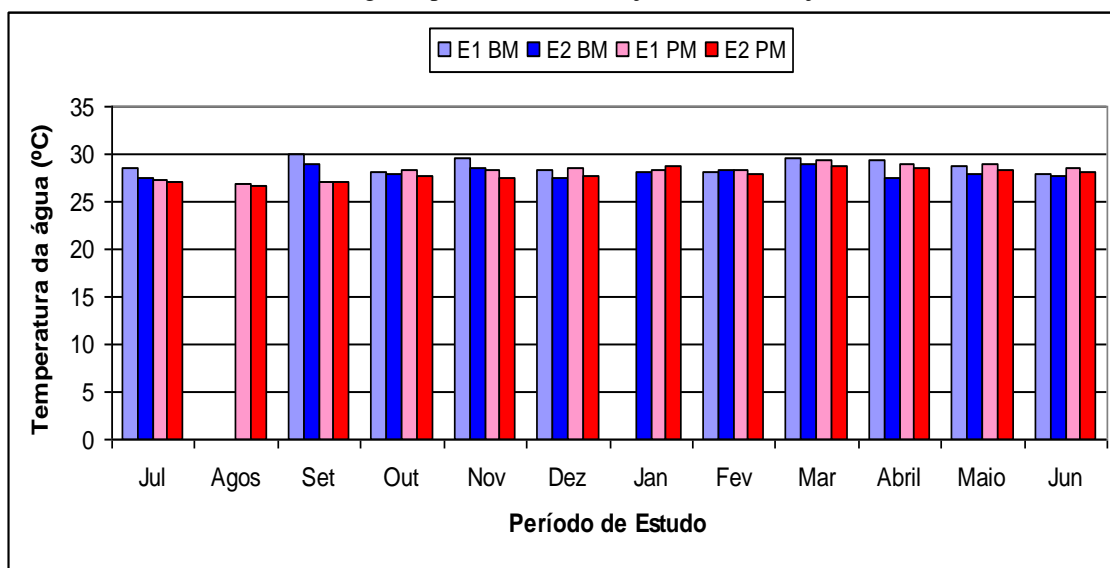
Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 19 – Temperaturas da água, medidas *in situ*, nas duas estações de coleta (E1 e E2), durante a preamar, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 20 – Temperaturas da água medidas *in situ*, nas duas estações de coleta (E1 e E2), em ambos os níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



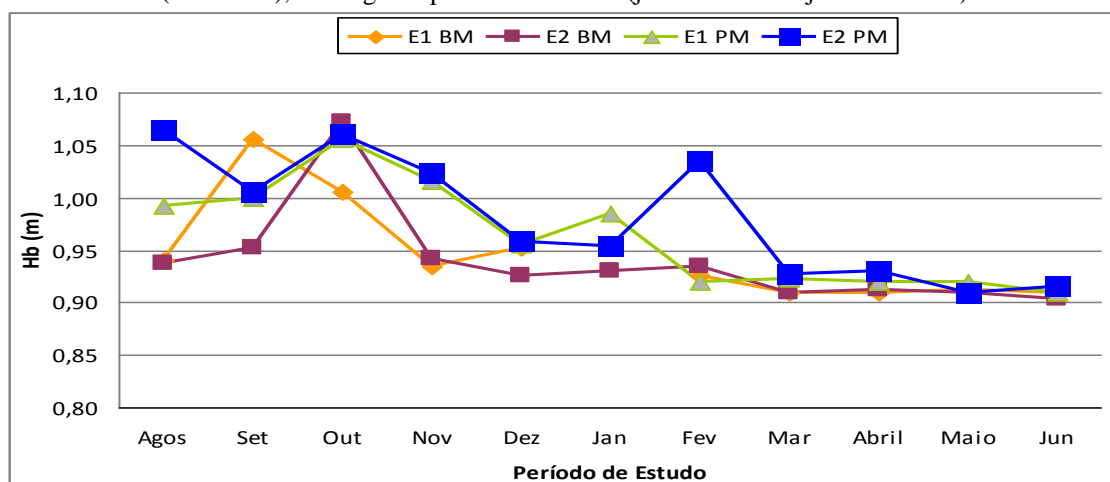
Fonte: Dados do presente estudo.

4.3. Condições Hidrodinâmicas

4.3.1. Altura de Arrebentação da Onda (Hb)

O Hb apresentou um padrão de variação sazonal ao longo do período de estudo, com mínima de 0,90 ($\pm 0,25$) m (E2 BM Junho) e máxima de 1,07 ($\pm 0,45$) m (E2 BM Outubro), com as maiores alturas concentradas no período seco e as menores no período chuvoso (FIGURA 21).

Figura 21 – Médias de Hb determinadas *in situ*, em ambas as estações de coleta (E1 e E2) e nos dois níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).

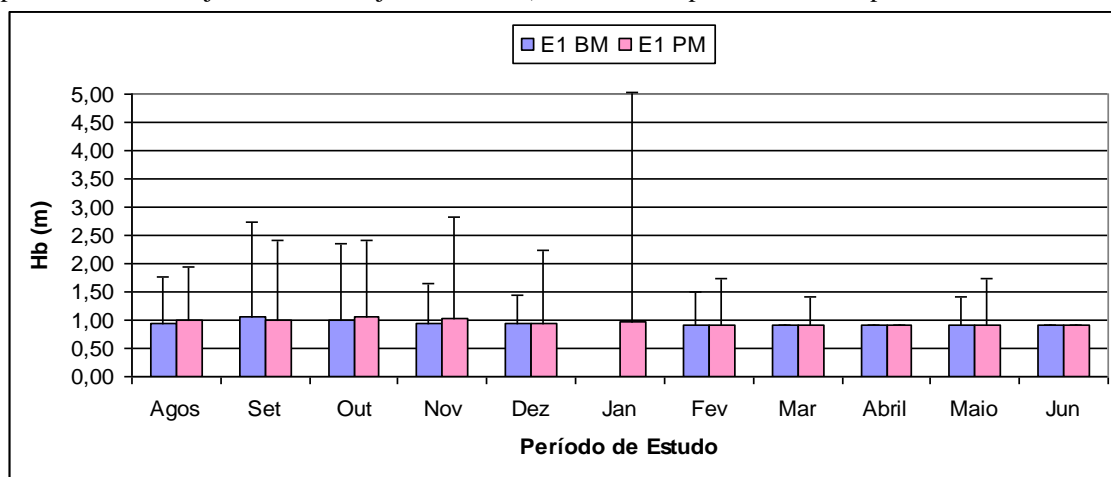


Fonte: Dados do presente estudo.

A variação sazonal de Hb pode ser associada à velocidade dos ventos, mais intensas durante o período seco, favorecendo a formação de ondas maiores durante esse período do ano, enquanto no período chuvoso as condições são menos favoráveis, tendo em vista os ventos mais fracos. Em relação à variação de maré (BM e PM), analisando separadamente cada estação, as ondas foram predominantemente maiores nas preamares (FIGURAS 22 e 23).

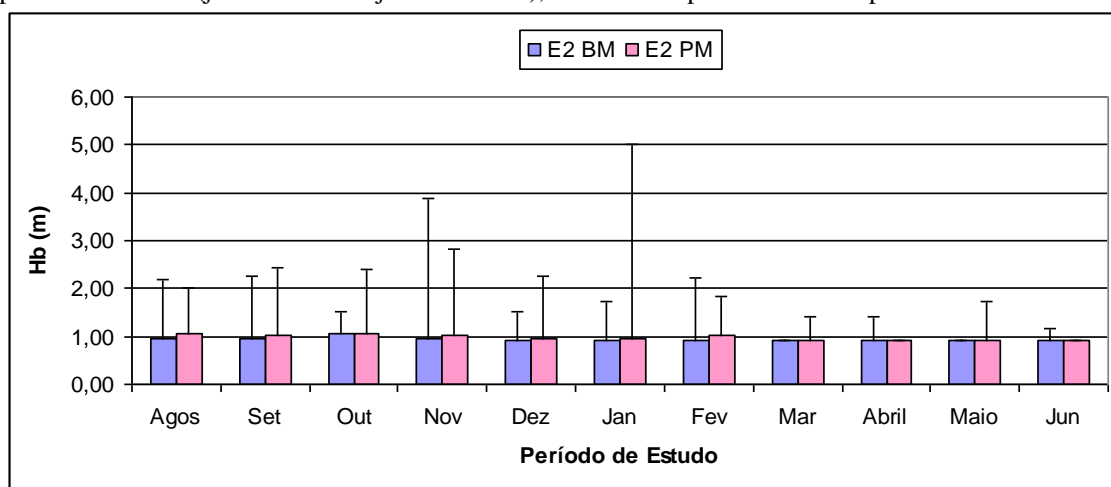
O Hb não apresentou padrão de variação espacial definido durante a baixa-mar, contudo, durante na preamar o Hb foi maior na E2, exceto em Maio e Janeiro (FIGURAS 24 e 25).

Figura 22 – Médias de Hbs medidas *in situ*, na E1, em ambos os níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.



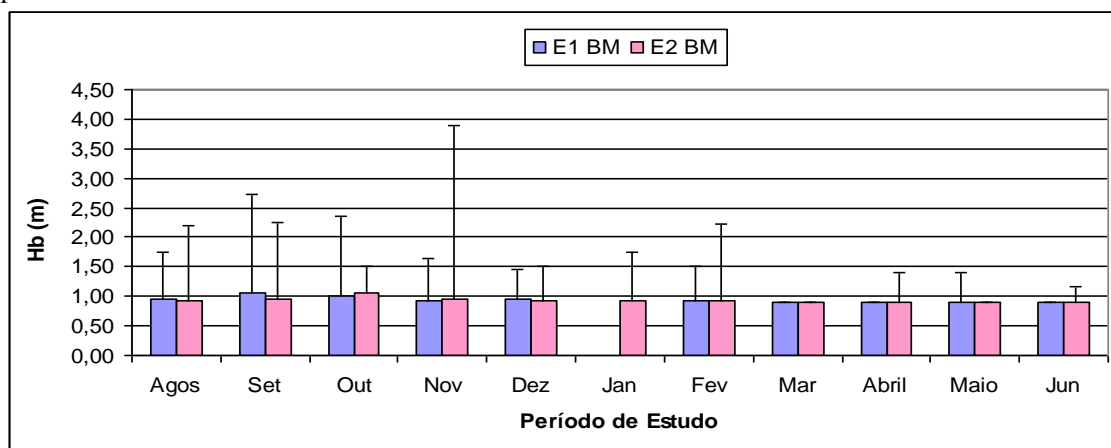
Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 23 – Médias de Hbs medidas *in situ*, na E2 em ambos os níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.



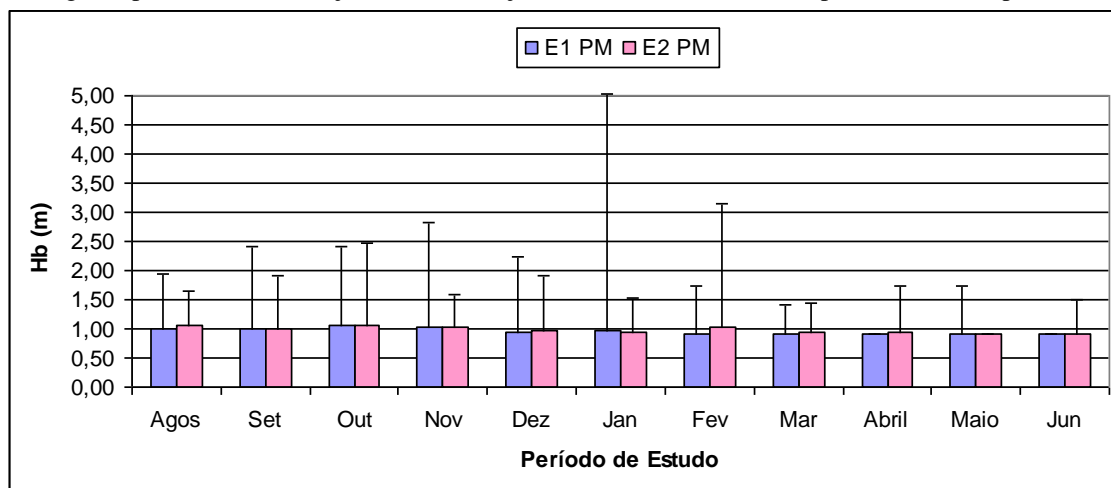
Fonte: Dados do presente estudo

Figura 24 – Médias de Hbs medidas *in situ*, em ambas as estações de coleta (E1 e E2), na baixa-mar (BM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.



Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 25 – Médias de Hbs medidas *in situ*, em ambas as estações de coleta (E1 e E2), na preamar (PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), com seus respectivos desvios padrões.



Fonte: Dados do presente estudo.

4.3.2. Período de Onda

Nos dias das coletas predominou a entrada de *swell*, correspondendo a 72 % dos dias, sendo que o período de onda variou de 3,67 (E1 PM Outubro) a 17,30 s (E2 PM Janeiro) (TABELA 04).

As amostragens de período de onda foram realizadas apenas na ocasião das coletas, quatro vezes no mês, sendo portanto uma frequência baixa para o estudo de ondas. Mesmo assim, observamos a sazonalidade da ocorrência do *swell*, já identificada por outros autores na costa cearense (SILVA *et. al.*, 2012). A maior frequência (%) do *swell* foi observada no período chuvoso (91,7% dos dias de coletas) e a menor durante

período seco (45% dos dias de coleta). Durante a baixa-mar as ocorrências de *sea* e *swell* foram proporcionais, enquanto nas preamares predominou a ocorrência de *swell* (TABELA 04).

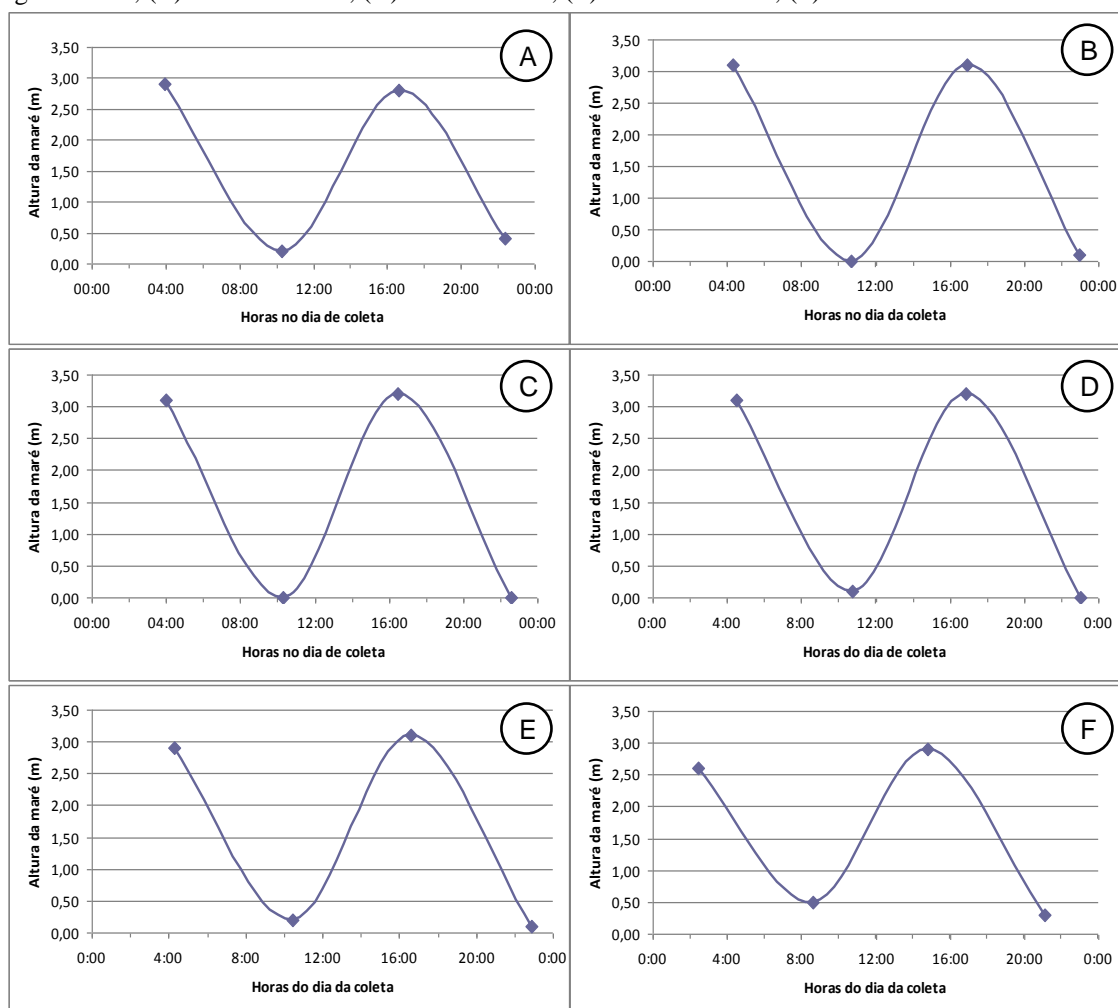
Tabela 04 - Percentual da ocorrência de *Swell* ($T > 9$) e *Sea* ($T < 9$)

	Período Total de Estudo	BM	PM	Período Seco	Período Chuvoso
Sea (%)	29,5	50,0	9,1	55	8,3
Swell (%)	70,5	50,0	90,9	45	91,7

Fonte: Dados do presente estudo.

4.3.3. Amplitude de Maré

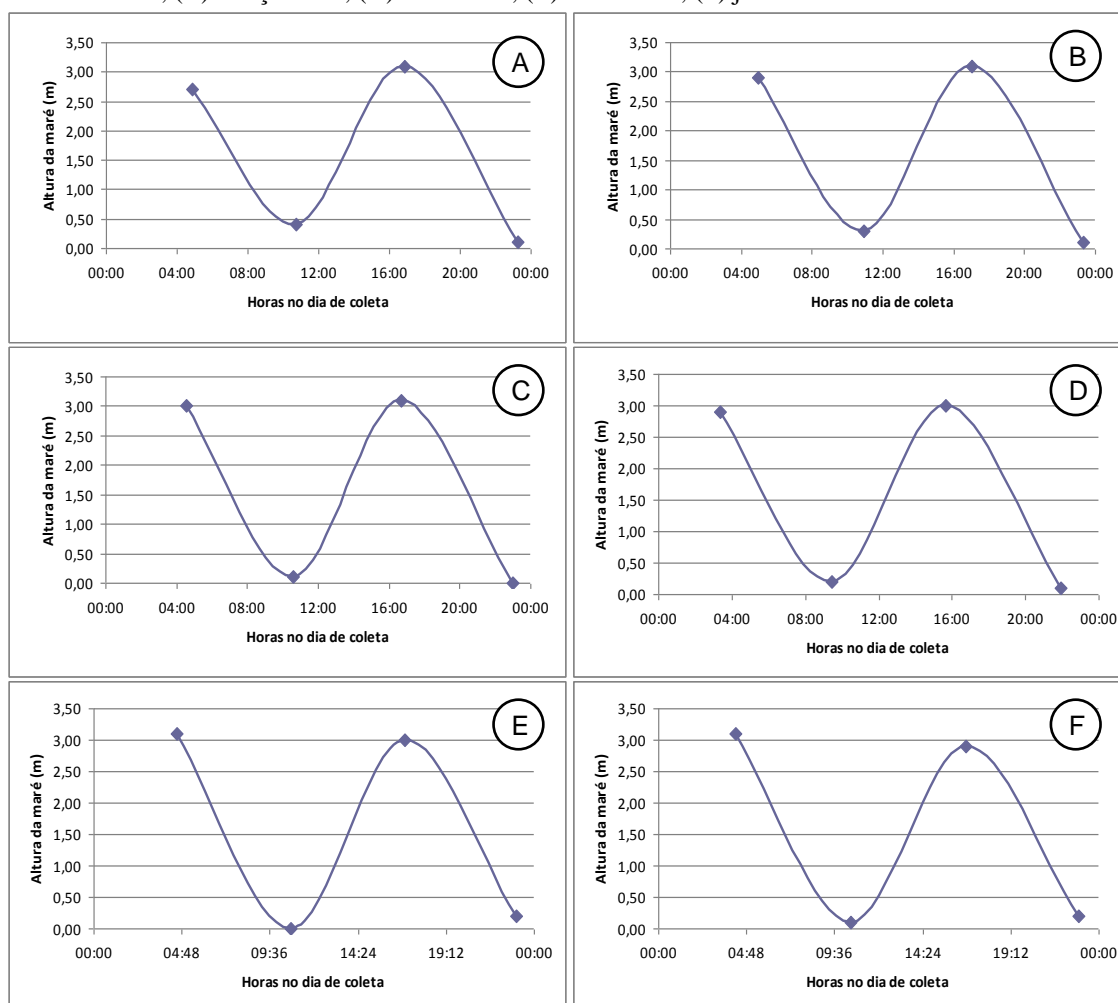
Figura 26 – Variação da maré nos dias das coletas, durante o período seco: (A) julho de 2011; (B) agosto/2011; (C) setembro/2011; (D) outubro/2011; (E) novembro/2011; (F) dezembro/2011.



Fonte: Dados brutos obtidos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN); Centro de Hidrografia da Marinha (CHM); Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>. Processamento dos dados feito nesse estudo.

As amplitudes de maré, durante as coletas, variaram de 2,1 (BM de Dezembro de 2012) á 3,2 m (PM de Setembro de 2011). Quando comparamos as amplitudes de maré para cada mês, as de preamar foram maiores que as de baixa-mar, com exceções nos meses de Julho/2011, Maio e Junho de 2012 (FIGURA 26 e 27).

Figura 27 – Variação da maré nos dias das coletas, durante o período chuvoso: (A) janeiro/2012; (B) fevereiro/2012; (C) março/2012; (D) abril/2012; (E) maio/2012; (F) junho/2012.



Fonte: Dados brutos obtidos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN); Centro de Hidrografia da Marinha (CHM); Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>. Processamento dos dados feito nesse estudo.

4.4. Fitoplâncton

4.4.1. Frequência de Ocorrência (%) das Acumulações de Diatomáceas

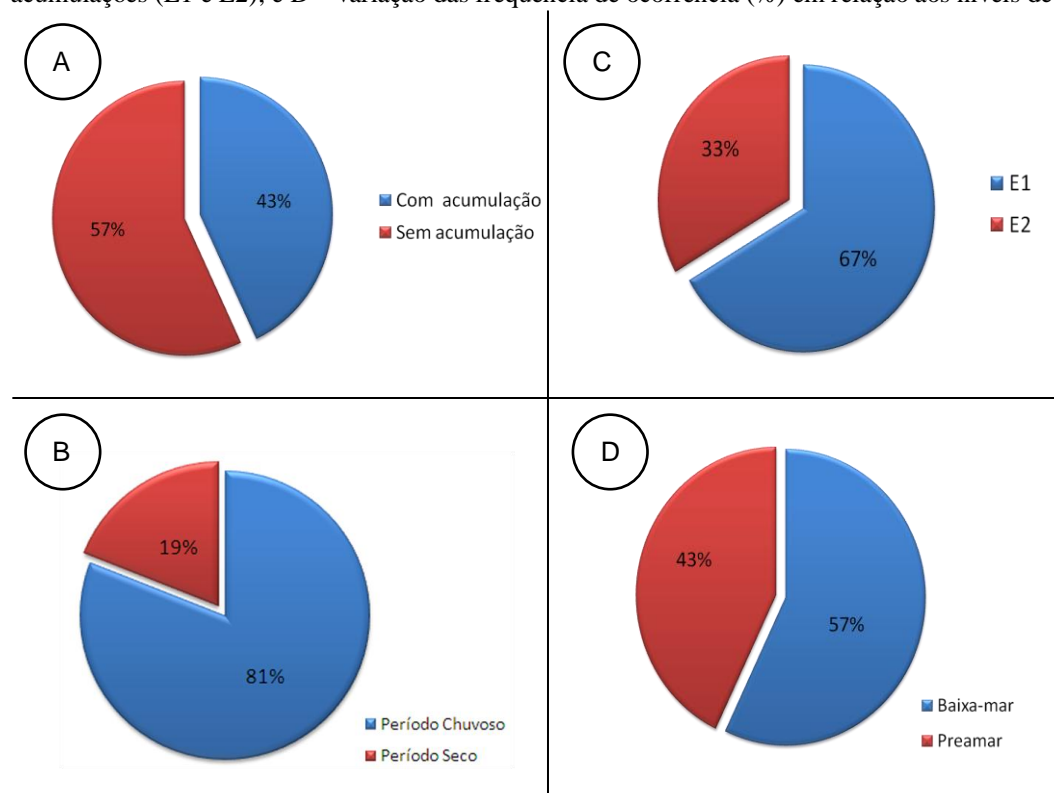
As acumulações de diatomáceas ou manchas marrons foram visualizadas na Praia do Futuro em 43% das amostragens de Julho/2011 a Junho/2012. Contudo, 80,95% das ocorrências de manchas foram no período chuvoso, indicando a existência

de uma sazonalidade do fenômeno. Por tanto, a baixa frequência de ocorrência (%) das acumulações de diatomáceas no período seco, com apenas 19,05 % das manchas observadas, nos permitiu classifica-las como escassas neste período do ano (FIGURA 28).

A desigualdade espacial das ocorrências, 66,67% das acumulações foi observada na E1, se devem, provavelmente, as variações morfodinâmicas e hidrodinâmicas ao longo da praia que podem favorecer mais ou menos a formação das manchas (FIGURA 28).

Mesmo sendo pequena, a diferença entre os estágios de maré foi significativa ($p < 0,05$), portanto a ocorrência das manchas na Praia do Futuro depende da maré (FIGURA 28).

Figura 28 – Frequência de ocorrência (%) das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012), em relação a diferentes aspectos: A – número total de amostragens; B – sazonalidade das acumulações (períodos seco e chuvoso); C – variação espacial das acumulações (E1 e E2); e D – variação das frequência de ocorrência (%) em relação aos níveis de maré.



Fonte: Dados do presente estudo.

As acumulações foram visualizadas em 21 amostragens. Contudo, apenas em 19, foram coletadas amostras para análises de Clorofila *a* e quali-quantitativa do fitoplâncton. Este fato foi consequência do ocorrido na E1, durante a BM de Agosto,

quando as acumulações começaram a ocorrer apenas no final da coleta, em espumas amareladas que dissipavam muito rapidamente, impedindo a sua amostragem. Portanto, a ocorrência foi visualmente identificada e registrada para o cálculo da frequência de ocorrência (%), porém as amostras coletadas para análise de Clorofila *a* e qualitativa do fitoplâncton não foram consideradas de acumulação (TABELA 05).

Na amostragem de E1 BM de Novembro, o fenômeno se manifestou no fim da coleta, após a realização das amostragens para análise de Clorofila *a* e de nutrientes. Contudo, uma amostra de fitoplâncton total foi coletada. Portanto, apenas as amostras de Clorofila *a* não foram consideradas como amostras de mancha (TABELA 05).

Tabela 05 - Amostragens com ocorrência de acumulações de diatomáceas ou manchas e suas respectivas amostras coletadas.

	Amostra de Clorofila <i>a</i>	Amostras do Fitoplâncton Total
E1 BM Agosto	Mancha não coletada	Mancha não coletada
E1 BM Novembro	Mancha não coletada	Mancha Coletada
E1 BM Dezembro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 PM Dezembro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 BM Janeiro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 PM Janeiro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 BM Fevereiro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 BM Fevereiro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 PM Fevereiro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 PM Fevereiro	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 BM Março	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 BM Março	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 PM Março	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 PM Março	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 BM Abril	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 PM Abril	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 BM Maio	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E2 BM Maio	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 PM Maio	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 BM Junho	Mancha Coletada	Mancha Coletada
E1 PM Junho	Mancha Coletada	Mancha Coletada

Fonte: Dados do presente estudo.

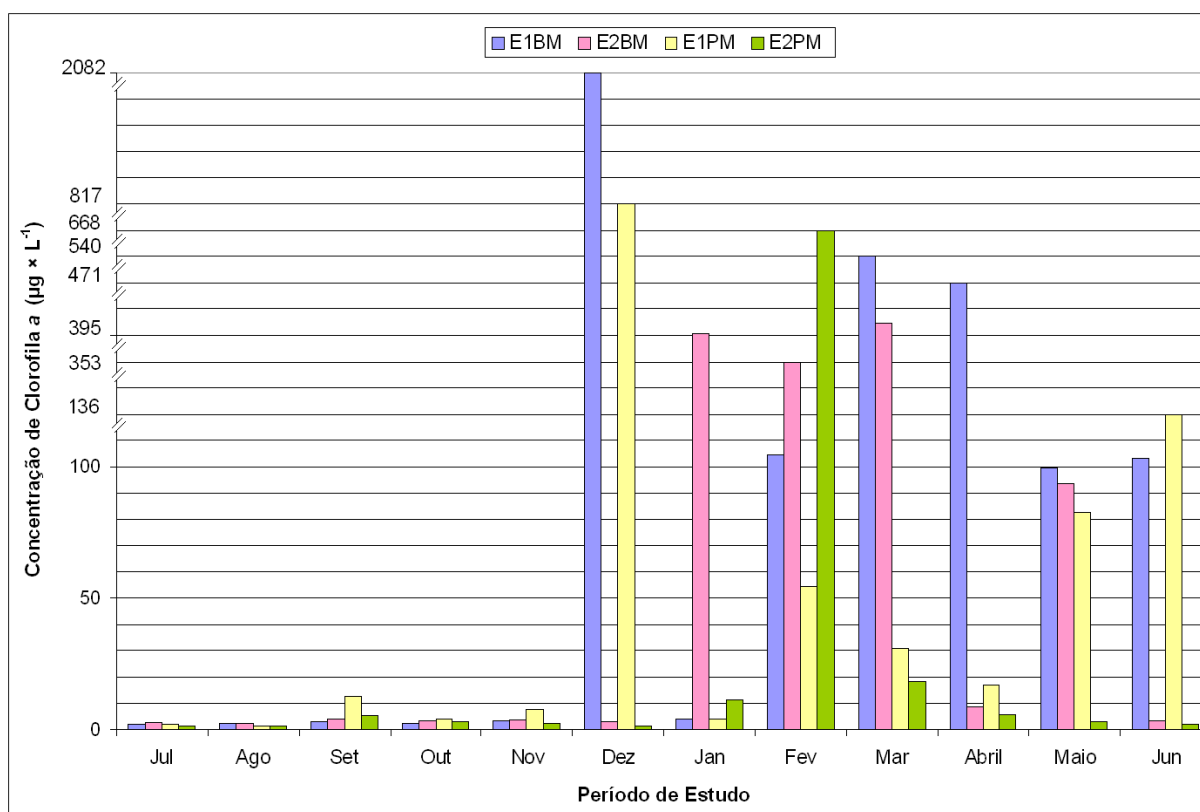
4.4.2. Biomassa Fitoplanctônica (Clorofila *a* - $\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$)

A concentração de clorofila *a* apresentou ampla faixa de variação de $1,38 (\pm 0,55) \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 PM/ Agosto) a $2082,37 (\pm 553,71) \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 BM/ Dezembro), sendo a última durante uma acumulação de diatomáceas. Considerando as condições sem as ocorrências de acumulações, a variação da concentração de Clorofila *a* é em

menor ordem de grandeza, já que o máximo observado, em condições sem manchas, foi de $12,88 (\pm 0,29) \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 PM/ Outubro).

Durante a baixa-mar foi observado um padrão de variação espacial da biomassa, sendo maior na E2, devido a sua localização mais próxima ao estuário do Cocó, exceto, em Dezembro, Março, Abril, Maio e Junho. Na preamar as maiores concentrações de Clorofila *a* ocorreram na E1, devido, provavelmente ao aporte de nutrientes de uma drenagem urbana, localizada próxima ao ponto de coleta, e que apresentou ligação com o mar, predominantemente, durante as PMs. As exceções, a esse padrão de distribuição da biomassa, ocorreram em Agosto/2011, Janeiro/2012 e Fevereiro/2012. Em relação ao nível de maré, de modo geral, as concentrações de Clorofila *a* foram maiores na baixa-mar do que na preamar (FIGURA 29).

Figura 29 – Concentração de Clorofila *a* ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) em ambas as estações (E1 e E2) e níveis de maré (BM e PM), ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo

4.4.3. As Diatomáceas de *Surf*

Foram determinadas as densidades e abundâncias relativas do fitoplâncton total nas acumulações visualizadas e coletadas nas E1 e E2 durante o período de estudo

Dentre as espécies capazes de formar acumulações foram observadas a presença de *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round 1990, *Anaulus cf australis* G.Drebes & D.Schulz 1989 e *Aulacodiscus kittonii* Arnott ex Ralfs 1861. Contudo, apenas as duas primeiras ocorreram em todas as acumulações coletadas (FIGURAS 30 e 31). A última espécie ocorreu apenas em algumas acumulações e com abundância relativa inferior a 1 % (FIGURAS 31 e 32).

Na maioria das acumulações predominou *Anaulus cf australis*. A densidade desta espécie variou entre $0,478 \times 10^6$ cel. \times L⁻¹ (E1 PM/ Maio) e $670,16 \times 10^6$ cel. \times L⁻¹ (E2 PM/ Fevereiro), enquanto que a sua abundância relativa mínima foi 1,614 % (E1 PM/ Maio) e a máxima 99,86 % (E2 BM/ Janeiro) (FIGURAS 31 e 33).

A. glacialis predominou apenas em Maio, e sua densidade nas manchas variou de $0,071 \times 10^6$ (E2 PM/ Janeiro) a $29,65 \times 10^6$ cel. \times L⁻¹ (E2 BM/ Maio), enquanto a sua abundância relativa variou entre 0,044% (E2 BM/ Janeiro) e 96,079 % (E1 PM/ Maio) (FIGURA 31 e 34). *A. kittonii* foi observada apenas com baixa densidade, variando de $0,003 \times 10^6$ cel. \times L⁻¹ (E1 PM/ Fevereiro) a $0,112 \times 10^6$ cel. \times L⁻¹ (E2 BM/ Janeiro) e ocorreu em apenas 50 % das acumulações (FIGURA 32).

De acordo com o sistema sugerido por Round *et al* (1990), as diatomáceas identificadas como formadoras de acumulações, na Praia do Futuro – CE, Brasil, podem ser assim classificadas:

Bacillariophyta (Divisão)

Coscinodiscophyceae (Classe)

Biddulphiophycidae (Subclasse)

Anaulales (Ordem)

Anaulaceae (Família)

Anaulus (Gênero)

Anaulus australis (Espécie)

Bacillariophyta (Divisão)

Coscinodiscophyceae (Classe)

Coscinodiscophycidae (Subclasse)

Coscinodiscales (Ordem)

Aulacodiscaceae (Família)

Aulacodiscus (Gênero)

Aulacodiscus kittonii (Espécie)

Bacillariophyta (Divisão)

Fragilariophyceae (Classe)

Fragilariophycidae (Subclasse)

Fragilariophyciales (Ordem)

Fragilariaceae (Família)

Asterionellopsis (Gênero)

Asterionellopsis glacialis (Espécie)

Figura 30 - Principais espécies componentes das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro - *Anaulus cf. australis* (A) - Escala 10 μ m; e *Asterionellopsis glacialis* (B) - Escala 20 μ m.

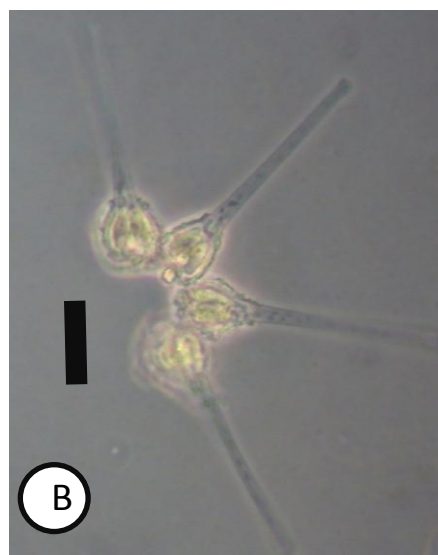
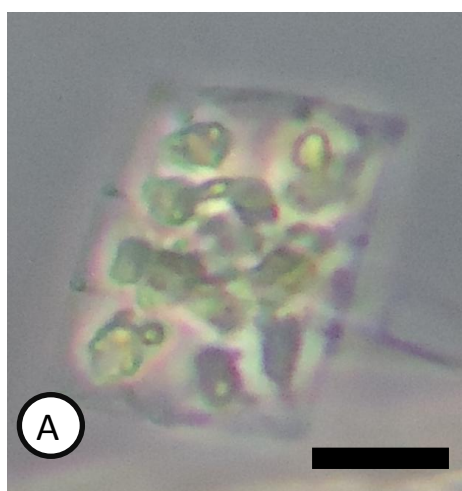


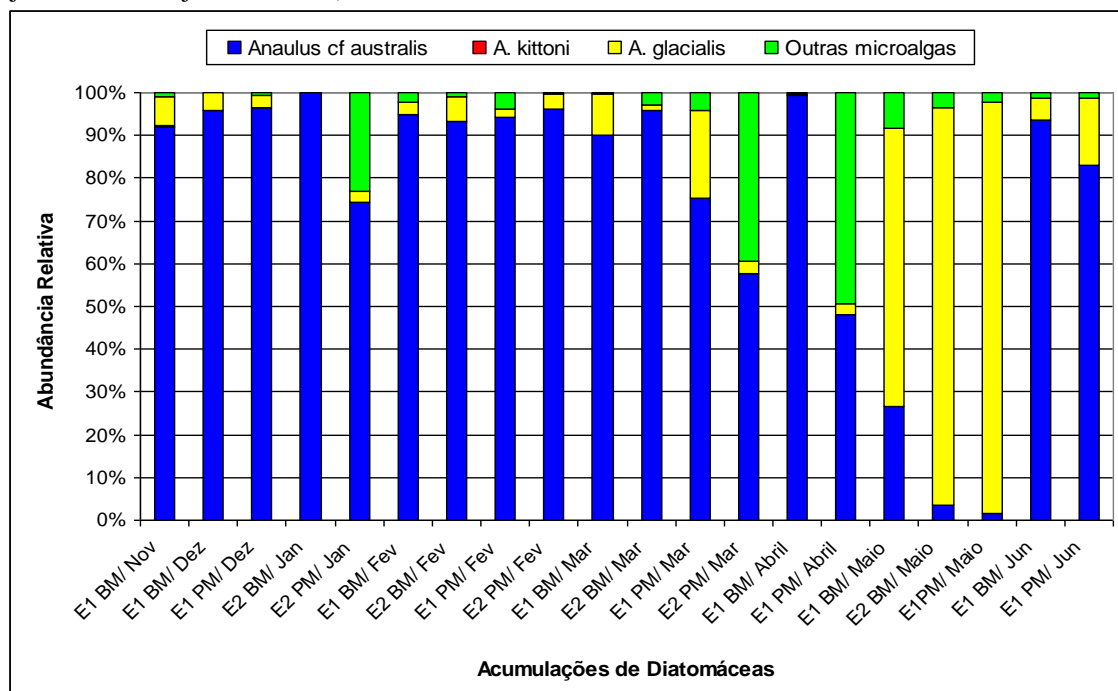
Foto: Andréa Franco.

4.4.4. Densidade (número de células e/ou organismos $\times L^{-1}$) e Abundância Relativa (%) do Fitoplâncton Total nas Acumulações de Diatomáceas

O fitoplâncton total foi classificado em oito grupos: Cianofíceas, Diatomáceas – Cêntricas, Diatomáceas – Penadas, Clorofíceas, Dinoflagelados, Euglenofíceas, outros Flagelados e NID. As Diatomáceas foi o grupo dominante em todas as amostras de acumulações, com abundância relativa variando de 73,54 % (E2 PM/ Março) a 99,99 % (E2 BM/ Janeiro) (FIGURA 35). Os padrões de variação das abundâncias relativas de Cêntricas e Penadas correspondem, respectivamente, ao mesmo padrão de A. cf

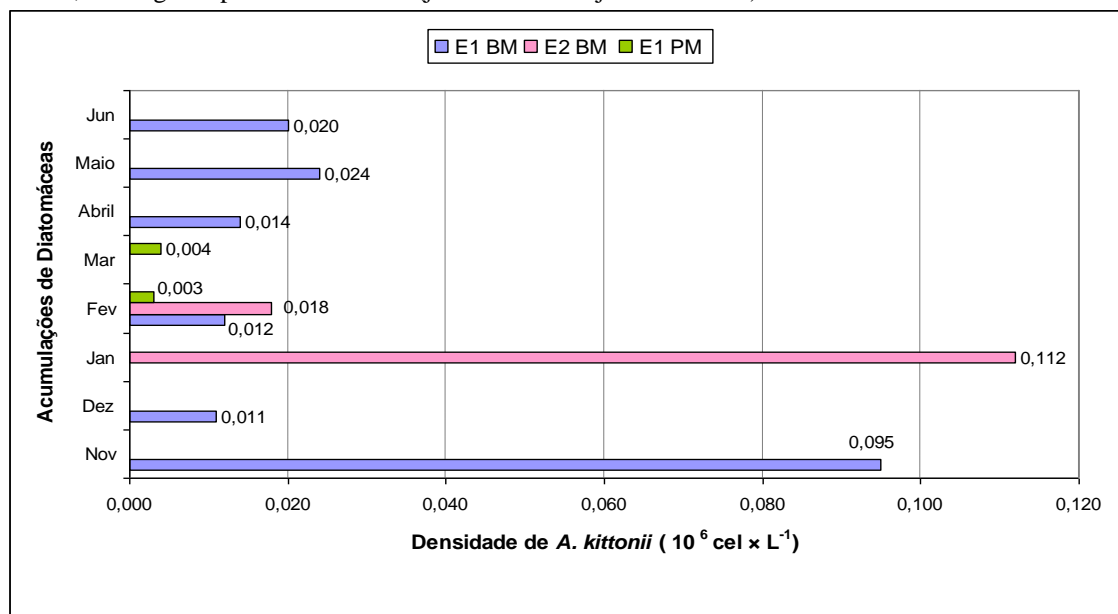
australis e *A. glacialis* (FIGURAS 31 e 35). As elevadas densidades e abundâncias relativas dessas espécies determinam o comportamento das diatomáceas e consequentemente da comunidade fitoplanctônica residentes nas manchas.

Figura 31 – Abundância relativa (%) das Diatomáceas de *Surf* (*A. glacialis*, *A. cf australis* e *A. kittonii*) e de outras Microalgas nas Acumulações de Diatomáceas da Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

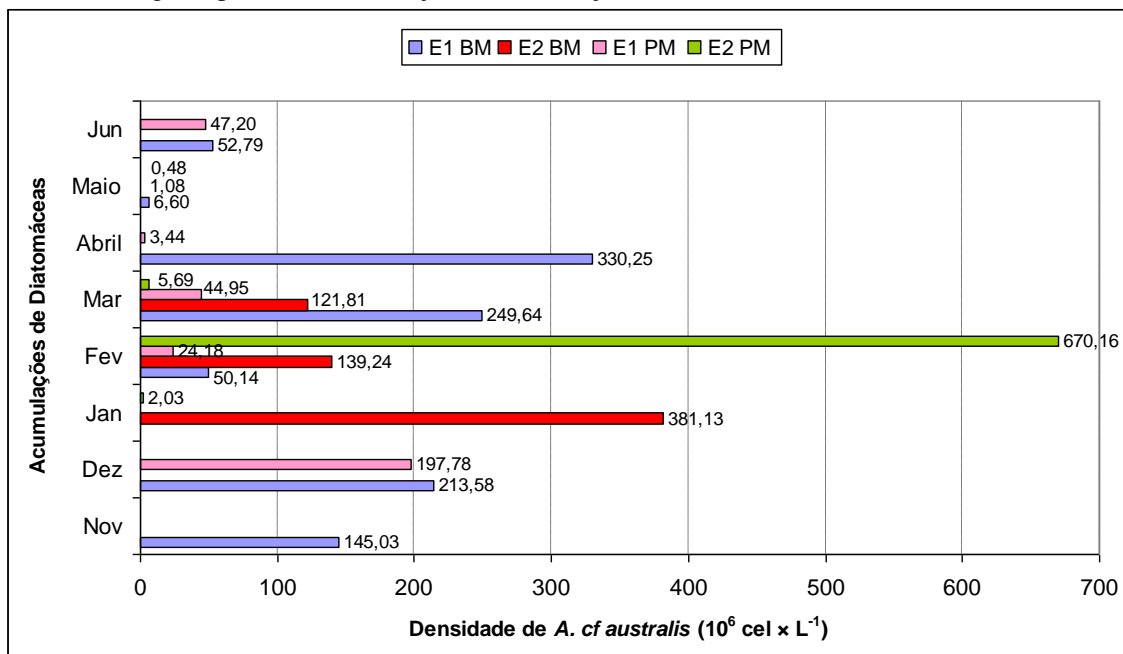
Figura 32 – Densidade (10^6 Células \times L $^{-1}$) de *A. kittonii*, nas ocasiões em que ocorreram na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

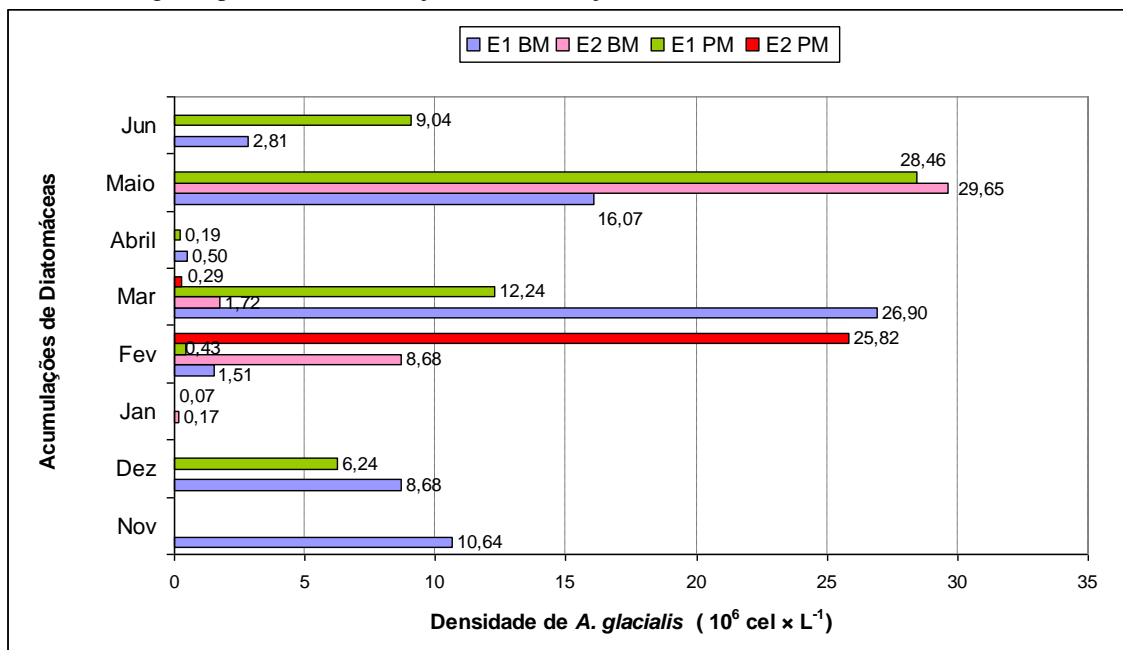
A densidade do fitoplâncton total variou de $0,07 \times 10^8$ (E1 PM/ Abril) a $6,98 \times 10^8$ cel. $\times L^{-1}$ (E2 PM/ Fevereiro) e apresentou alta correlação direta com a biomassa (concentração de Clorofila *a*) (*Spearman* $r = 0,8772$; $p = 0.0001$) (FIGURA 36).

Figura 33 – Densidade (10^6 Células $\times L^{-1}$) de *A. cf australis*, nas ocasiões em que ocorreram na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 34 – Densidade (10^6 Células $\times L^{-1}$), de *A. glacialis*, nas ocasiões em que ocorreram na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).

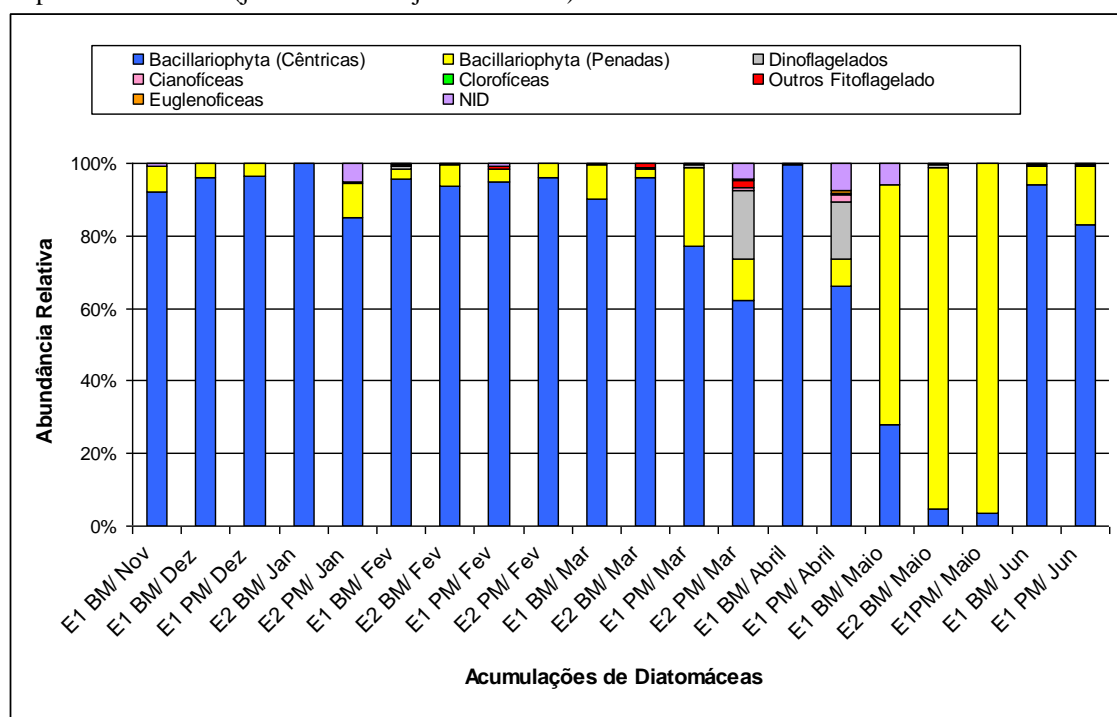


Fonte: Dados do presente estudo.

Além das amostras com acumulações (TABELA 05), foram determinadas as densidades e abundâncias relativas de E1 PM/ Novembro, E1 PM/ Setembro e E2 BM/ Abril, devido as suas biomassas serem mais elevadas do que aquelas normalmente observadas em condições sem mancha de acumulação.

Nestas amostras a divisão Bacillariophyta (diatomáceas) também foi o grupo dominante, apesar de não se tratar de acumulações (FIGURA 37). Pois a E1 PM Setembro foi dominada por Cêntrica 1 que corresponde a 84,30% do fitoplâncton total, enquanto as três espécies capazes de formar acumulação juntas tiveram a abundância de 2,16 %. A E1 PM Setembro deve ter essa concentração elevada de clorofila *a* em resposta à eutrofização promovida pela drenagem que se ligou ou mar durante a preamar, tornando a biomassa desta amostra a maior coletada no mês de setembro (FIGURA 29).

Figura 35 – Abundância relativa (%) dos grandes grupos de microalgas, que compuseram as comunidades fitoplanctônicas por ocasião das acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).

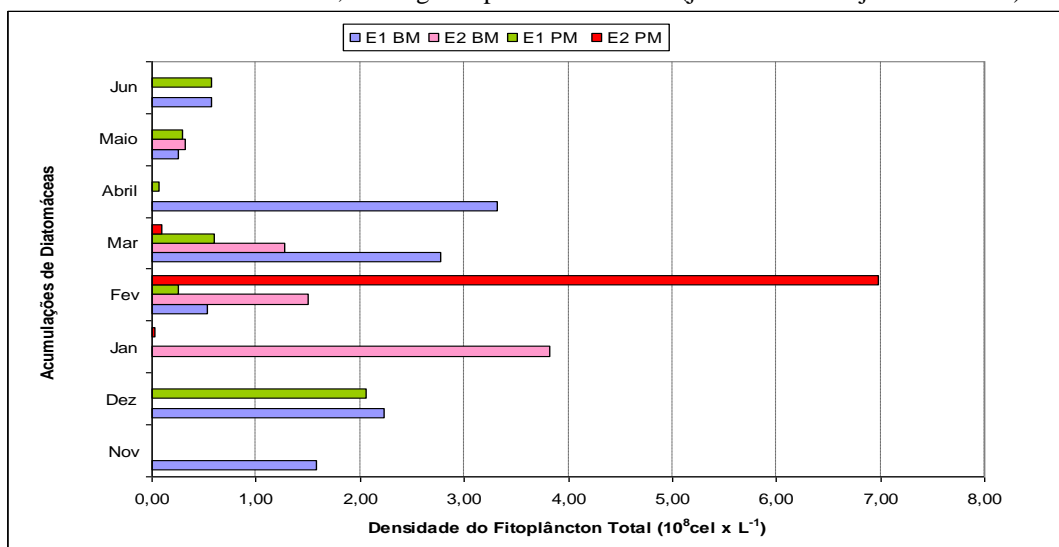


Fonte: Dados do presente estudo.

As abundâncias relativas de *A. cf australis* e *A. glacialis* foram, respectivamente, 44 % (E1 PM/ Novembro) e 51,49 % (E2 BM/ Abril) (FIGURA 38). Logo, a elevação da biomassa destas amostras pode ser associada aos efeitos das acumulações geradas em outros locais da praia, que, no entanto, foram transportadas pelas correntes para a área referida. Pois, nestas amostras, além da elevada quantidade de detrito observada, foi

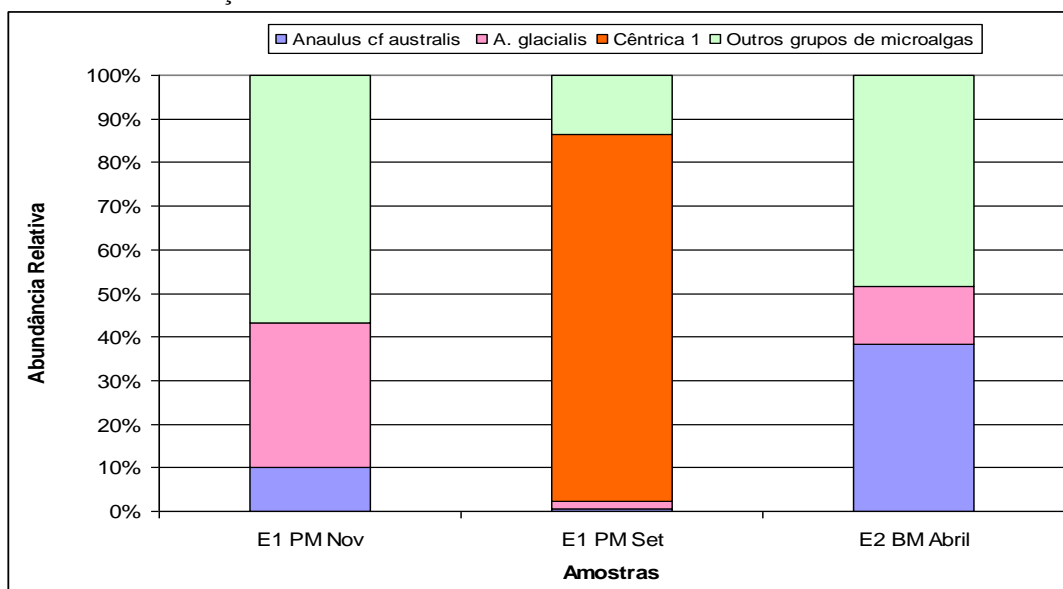
também verificada a presença de um grande número de frústulas vazias destes organismos, indicando condições de senescência das diatomáceas presentes nas manchas.

Figura 36 – Densidade do fitoplâncton total (10^8 Células/ organismos $\times L^{-1}$) nas acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 37 – Abundância relativa (%) das diatomáceas de *surf* (*A. glacialis*, *A.cf australis* e *A. kittonii*) e de outras microalgas que compuseram o fitoplâncton das amostras com biomassa elevada, porém, na ausência de acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro.

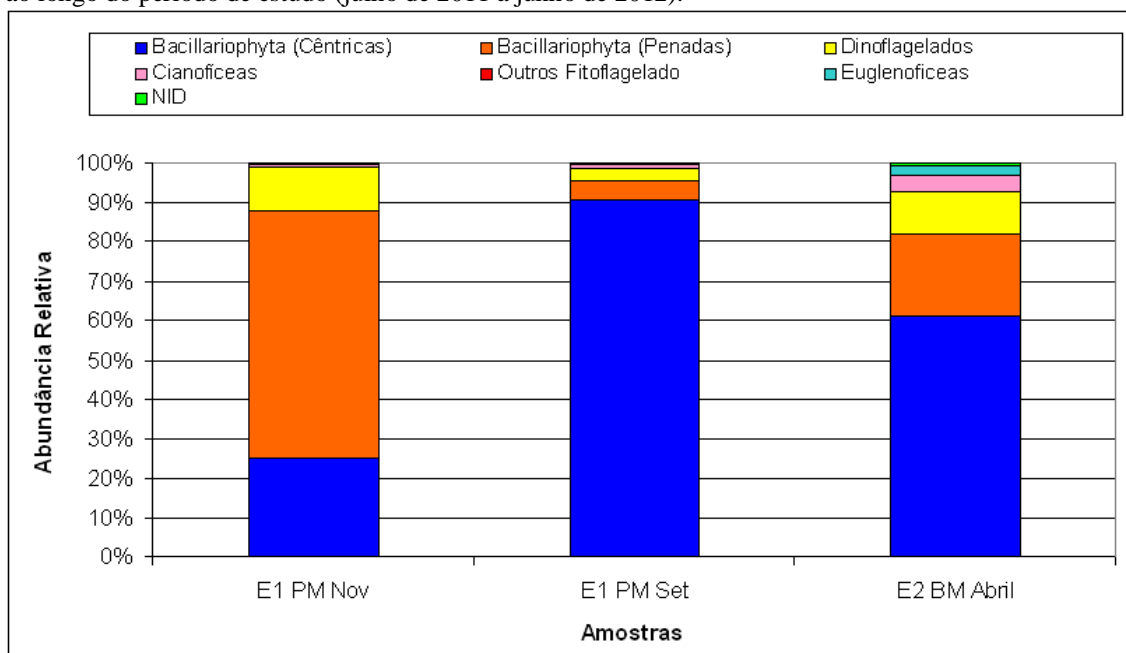


Fonte: Dados do presente estudo

Apesar dos aumentos de biomassa terem sido considerados como decorrentes da influência das manchas na E1 PM/ Novembro e E2 BM/ Abril, esses não podem ser considerados acumulações, uma vez que a participação das diatomáceas de *surf* foi

pequena, se comparada às detectadas nas manchas (FIGURA 35). Além disso, a densidade das células não foi suficiente para causar alterações na cor ou aspecto da água, pois as diatomáceas não se encontravam mais acumuladas na superfície, e sim dispersas, após o evento de acumulação.

Figura 38 – Abundância Relativa (%) dos grupos de microalgas que compuseram o fitoplâncton das amostras com biomassa elevada, porém, na ausência de acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro, ao longo do período de estudo (julho de 2011 a junho de 2012).



Fonte: Dados do presente estudo

4.5. Condições meteorológicas e oceanográficas que favorecem a formação das acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro.

As acumulações de diatomáceas na Praia do Futuro demonstram a independência do fenômeno em relação à latitude, sendo esta localizada, não só na zona tropical, mas também zona equatorial (5° N a 5° S), corroborando com Campbell (1996), o qual aponta as condições hidrodinâmicas e o aporte de nutrientes adequados como determinantes para manifestação do fenômeno, independente das latitudes.

As acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro juntamente com as que ocorrem na Praia do Cururupe, Bahia, (14° 30'S) são as únicas citadas na literatura para a costa tropical do Atlântico Sudoeste (TEDESCO, 2006; PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998). Contudo, essas ocorrências não foram registradas nas revisões mais recentes sobre o assunto, sendo, portanto essencial a inclusão destas para a consolidação de um

modelo mais realista de distribuição global do fenômeno, que incluía a costa tropical brasileira e conseqüentemente os resultados do presente trabalho.

O registro da frequência de ocorrências de manchas marrons na Praia do Futuro, em 43% das amostragens realizadas de Julho/2011 a Junho/2012, demonstra o caráter semi-permanente, típico das acumulações de diatomáceas em zona de *surf* de alta energia de praias arenosas (McLACHLAN & BROWN, 2006) (FIGURA 28).

A velocidade e direção dos ventos, além da passagem de frentes frias são as principais condicionantes que geram alterações na zona *surf* associadas à formação das acumulações nas praias do Cassino e do Cururupe (ODEBRECHT *et al.*, 1995; RÖRIG & GARCIA, 2003; TEDESCO, 2006).

A maioria dos estudos relacionados ao processo de formação das acumulações foi realizado em praias de micromaré subtropicais ou temperadas, como a praia do Cassino, que tem a dinâmica da zona de *surf* fortemente associada à ação dos ventos (TALBOT & BATE, 1988a; RÖRIG & GARCIA, 2003; ALBUQUERQUE *et al.*, 2008).

Considerando a maré para o Porto de Ilhéus, calculada pela DHN, 2,5m foi a amplitude máxima de maré ocorrida nos últimos nove anos na praia do Cururupe (Ilhéus/BA). Contudo, a amplitude máxima nos meses equinociais, deste mesmo período foi geralmente igual ou inferior a 2,4m. Portanto, a praia do Cururupe tem amplitude de maré baixa, próxima ao limite entre o que é considerado praia de micromaré e mesomaré (TABELA 06).

Tabela 06 – Classificação das praias segundo a maré.

Tipo	Amplitude de Maré
micromaré	2 m >
mesomaré	2 a 4 m
macromaré	4 m <

Fonte: Davies (1964 *apud* MASSELINK & SHORT, 1993)

A baixa amplitude de maré da praia do Cururupe pode justificar a influência significativa dos ventos na dinâmica da zona de *surf* e sua associação à formação das acumulações, como ocorre na praia do Cassino (ODEBRECHT *et al.*, 1995; RÖRIG & GARCIA, 2003).

Na Praia do Futuro, a maior frequência de ocorrência de acumulações ocorreu durante o período chuvoso, correspondendo a 80,95 % das manchas visualizadas, sendo este o período de ventos mais fracos e ondas mais baixas (MAIA, 1998; SILVA, *et*

al.,2011). Além do padrão de variação sazonal, as velocidades dos ventos medidas nos dias de coleta foram mais baixas no período chuvoso, sugerindo que o processo de formação das acumulações de diatomáceas em praias de mesomaré não apresenta relação direta com o aumento da velocidade dos ventos. Portanto, nesses casos, a formação das acumulações deve estar associada a outros fatores físicos que promovam a turbulência e o alargamento da zona *surf* necessários para a formação e manutenção do fenômeno.

De modo geral, a correlação da biomassa fitoplanctônica com os parâmetros abióticos foi baixa, com poucas correlações significativas (TABELA 07, 08 e 09). A correlação da biomassa do fitoplâncton, de todas as amostras, com os ventos não foi significativa. Contudo, a altura da onda (Hb), que é muito influenciada pelos ventos locais (MAIA, 1998), apresentou correlação significativa ($p < 0,05$), mas inversa (TABELA 07). Essa correlação inversa pode estar refletindo o fato das biomassas maiores terem ocorrido nas acumulações, sendo estas mais frequentes, durante o período com menor velocidade dos ventos e conseqüentemente menores alturas de onda.

Comparando a biomassa, apenas das amostras com mancha, só foi significativa a correlação com a amplitude de maré (TABELA 08). Enquanto que as correlações entre a biomassa e os parâmetros abióticos de amostras sem mancha foram todas não significativas (TABELA 09).

A maior ocorrência das manchas no período chuvoso pode estar associada à ação das ondas *swell*, as quais são mais frequentes neste período do ano. Os eventos de alta energia gerados pela maior frequência no *swell* devem promover à turbulência necessária a ressuspensão e acumulação das diatomáceas, já que McLachlan & Brown (2006) apontam os eventos de alta energia de ondas, entradas de *swell* ou ondas de tempestades, como processos hidrodinâmicos envolvidos na formação das acumulações de diatomáceas.

A baixa frequência de ocorrência das manchas (19,05%), durante o período seco, permite classificá-las como escassas nesse período (FIGURA 28). Quando observadas durante as coletas, aproximadamente a metade delas formavam espumas de cor marrom claro a amarelada, que dissipavam rapidamente, após a quebra das ondas, portanto sendo menos intensas (densidade de células e biomassa reduzida) e de menor visibilidade.

Como os estoques de diatomáceas de *surf* são proporcionais à quantidade de nutrientes disponíveis (CAMPBELL & BATE, 1996) e a intensidade do fenômeno

(coloração ou densidade) pode ser influenciada pelo o aporte de nutrientes (CAMPBELL, 1996). Durante o período chuvoso, o maior de aporte nutrientes, deve aumentar os estoques de diatomáceas bentônicas disponíveis a serem ressuspensas e acumuladas na superfície, além de favorecerem a manutenção da divisão e atividade das células já acumuladas.

Tabela 07 – Correlações da Clorofila *a* com os parâmetros abióticos de todas as amostras.

	<i>Spearman</i> (r)	significância
Salinidade	-0,21	p > 0,05
Hb	-0,40	p < 0,05
Temperatura da água	0,44	p < 0,05
Amplitude de Maré	-0,17	p > 0,05
Período de onda	0,18	p > 0,05
Pluviosidade	-0,26	p > 0,05
Velocidade dos ventos	0,18	p > 0,05

Fonte: Dados do presente estudo.

Tabela 08 – Correlações da Clorofila *a* com os parâmetros abióticos das amostras com mancha.

	<i>Spearman</i> (r)	significância
Salinidade	0,30	p > 0,05
Hb	0,14	p > 0,05
Temperatura da água	-0,18	p > 0,05
Amplitude de Maré	-0,48	p < 0,05
Período de onda	-0,27	p > 0,05
Pluviosidade	-0,14	p > 0,05
Velocidade dos ventos	-0,23	p > 0,05

Fonte: Dados do presente estudo.

Tabela 09 - Correlações da Clorofila *a* com os parâmetros abióticos das amostras sem mancha.

	<i>Spearman</i> (r)	significância
Salinidade	-0,22	p > 0,05
Hb	0,06	p > 0,05
Temperatura da água	0,32	p > 0,05
Amplitude de Maré	0,16	p > 0,05
Período de onda	-0,03	p > 0,05
Pluviosidade	-0,26	p > 0,05
Velocidade dos ventos	0,18	p > 0,05

Fonte: Dados do presente estudo.

Como as manchas são determinadas por processos físicos, não se associava à influencia dos nutrientes, principalmente de origem antropogênica, com a ocorrência ou intensidade das acumulações (BATE & McLACHLAN, 1987). Contudo, Hewson, *et al.*, (2001), através dos estudos de isótopos, observaram que as diatomáceas de *surf* podem utilizar quantidades relevantes de nitrogênio de fontes antropogênicas. A Praia

do futuro apresenta fontes de poluição e tem sua balneabilidade reduzida no período chuvoso, pois a intensificação das chuvas aumenta os processos de lixiviação, fluxo das drenagens pluviais e dos rios (MAGINI *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2009).

Em relação às praias do município de Fortaleza, a Praia do Futuro é uma das que possui melhor balneabilidade (SILVA *et al.*, 2009), sendo a única com ocorrência de acumulações, uma vez que, a formação das manchas na Praia do Futuro é determinada por condições hidrodinâmicas adequadas, que inclui zona de *surf* de alta a media energia. No entanto, as outras praias são predominantemente enseadas (MORAIS, 1980). Como referido anteriormente, o aporte de nutriente influencia o fenômeno de forma indireta. Portanto, não é recomendável a utilização das acumulações como indicadores da qualidade da água.

As acumulações de diatomáceas podem ser formadas em vários pontos da Praia do Futuro (FIGURA 39). A desigualdade na frequência de ocorrência do fenômeno entre as estações está associada às variações morfodinâmicas e granulométricas ao longo do arco praial como observadas por Albuquerque *et al.*, 2009, no caso da Praia do Futuro. Trabalhos realizados anteriormente na costa da África do Sul Talbot & Bate (1989), já demonstraram que o estado morfodinâmico da praia influencia nos processos de transferência das diatomáceas de *surf* para perto da costa, corroborando com o observado na Praia do Futuro.

As praias dissipativas ou de mais alta energia na zona de *surf* possuem maior produção primária e suportam teias tróficas mais complexas do que praias reflexivas. Já que as dissipativas apresentam maior ressuspensão e retenção de nutrientes e matéria orgânica particulada na zona de *surf* (BERGAMINO *et al.*, 2011).

A E1 reuniu 66,67% das ocorrências do fenômeno devido ao fato de estar localizada no setor da praia de maior energia na zona de *surf*, caracterizado pelos estados morfodinâmicos de dissipativo a ultradissipativo; com predomínio de sedimentos finos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). Essas características podem ser relevantes para o processo de transferência vertical das células de diatomáceas (do substrato para a superfície da coluna d'água) e horizontal (da zona de *surf* para perto da costa) (TALBOT & BATE, 1989). Além disso, a direção predominante da corrente de deriva é de sudeste a noroeste, carreando sementes para essa região (MORAIS, 1980).

A E2, localizada mais próxima ao estuário do rio Cocó, apresenta predomínio de areias grossas e medias e se enquadra nos estágios morfodinâmicos intermediários (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). A variação espacial das ocorrências de acumulações

com menor frequência de ocorrência na E2, pode estar refletindo uma menor associação do fenômeno aos sedimentos grossos e médios nela predominantes, e aos estados morfodinâmicos onde a energia da zona de *surf* é mais baixa resultando em uma menor ressuspensão e acumulação das diatomáceas.

Figura 39 – Fotografia aérea com varias manchas formadas ao longo da Praia do Futuro (Fortaleza – CE)



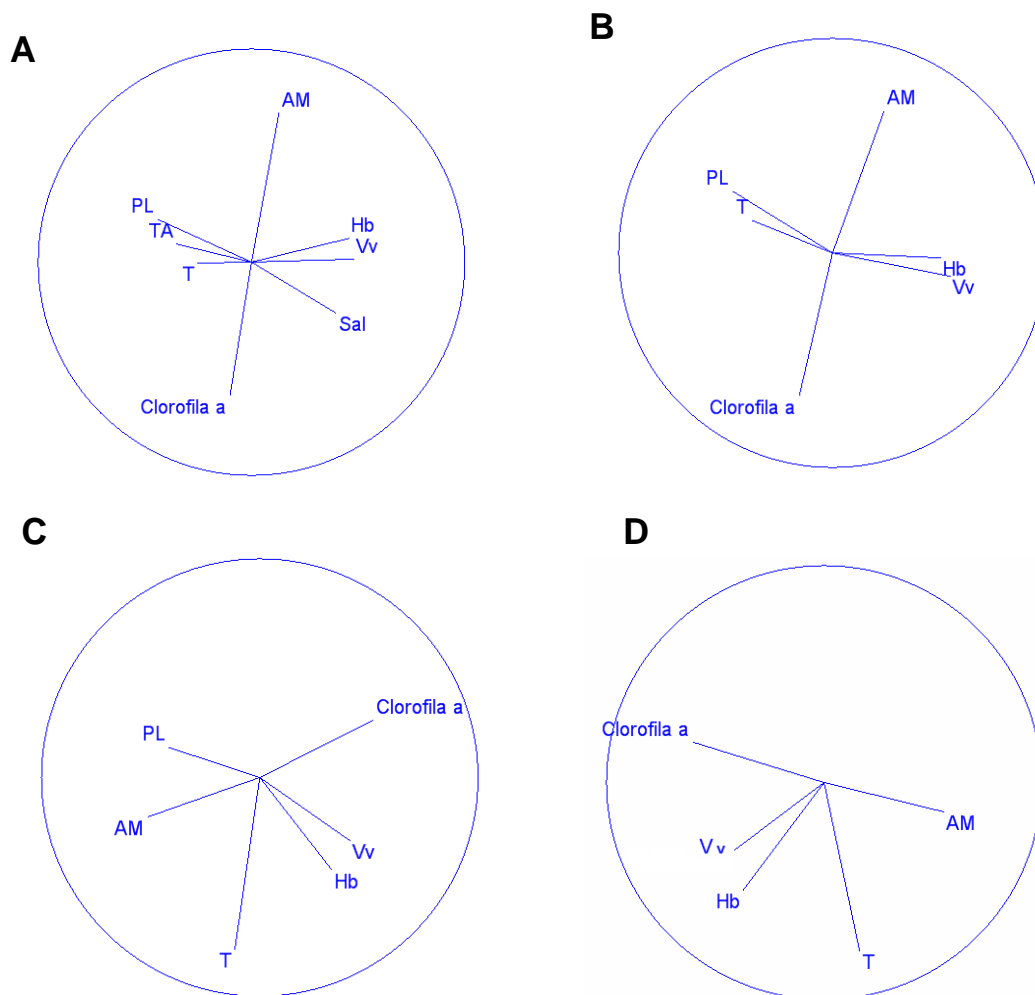
Fonte: Leonardo Hislei

A diferença da frequência de ocorrência do fenômeno em relação à baixa-mar e preamar foi pequena (FIGURA 28), contudo, foi significativa ($p < 0,05$). Essa diferença pode estar associada ao maior fluxo de águas subterrâneas e consequentemente, de nutrientes na baixa-mar do que na preamar (CAMPBELL & BATE, 1998).

Os dois eixos principais das análises de ACP explicaram a variação de 58 %; 67 %; 67 %; e 73% dos dados, respectivamente nos itens A, B, C e D da figura 40. Considerando todas as amostras coletadas (FIGURA 40 A), as análises de ACP, mostraram maior correlação da clorofila *a* com a salinidade e o período de onda. Pois as maiores biomassas ocorrem em condições de mancha, durante o período de maior entrada de *swell* e consequentemente, maior período de ondas. Quando comparamos a concentração de clorofila *a*, apenas com os parâmetros hidrodinâmicos e meteorológicos (FIGURA 40 B), a biomassa está mais relacionada ao período de onda e a velocidade dos ventos. Em ambos os casos a amplitude de maré apresentou correlação negativa com a biomassa (FIGURA 40), indicando que por se tratar de uma praia de

mesomará, as correntes de maré podem influenciar na biomassa das machas na zona de *surf*. Além disso, a amplitude de maré foi o único parâmetro abiótico que apresentou correlação (*Spearman*) significativa ($p < 0,05$) com a biomassa das acumulações. Apesar de baixa ($r = -0,48$), esta foi a maior correlação observada entre os parâmetros abióticos e a biomassa das manchas (TABELA 08). Em relação à biomassa, quando consideradas todas as amostras e apenas as amostras sem mancha a correlação com a amplitude de maré foi muito baixa ($r < 0,2$) e não significativa ($p > 0,05$) (TABELAS 07 e 09).

Figura 40 – Resultados do ACP, mostrando a relação entre as variáveis: Clorofila *a*, AM (amplitude de maré), Hb (altura de arrebenção da onda), PL (pluviosidade), Sal (salinidade), T (período de onda), TA (temperatura) e Vv (Velocidade dos ventos). A – Todas as amostras; B – Todas as amostras apenas com a clorofila *a* e os parâmetros hidrodinâmico e meteorológicos. C – Todas as amostras com manchas; D – Todas as amostras com manchas apenas relacionando a clorofila *a* e os parâmetros hidrodinâmico e meteorológicos.



Fonte: Dados do presente estudo

4.6 Variações da biomassa fitoplanctônica em uma praia tropical de mesómaré urbana com acumulações de diatomáceas.

Durante o período de estudo a biomassa fitoplanctônica variou de $1,38 \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 PM/ Agosto) a $2082,37 \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 BM/ Dezembro), sendo a última durante uma acumulação de diatomáceas. Em condições normais, sem acumulações (manchas) a variação é muito menor, com máxima de $12,88 \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 PM/ Outubro).

Os altos valores de desvio padrão das concentrações de clorofila *a* das amostras de acumulações de diatomáceas devem-se à heterogeneidade das manchas, pois as diferenças na concentração vertical e horizontal da biomassa fitoplanctônica são muito acentuadas. A variação horizontal pode ser evidenciada, visivelmente, pela diferença na tonalidade da água dentro da mancha, comparando pontos diferentes a poucos metros de distância entre si (FIGURA 41).

Figura 41 – Foto aérea de acumulação de diatomáceas na Praia do Futuro (Fortaleza – CE).



Fonte: Leonardo Hislei

Além disto, a incessante quebra das ondas gera uma turbulência que movimentada constantemente as regiões de maior ou menor concentração de diatomáceas. Por isso é difícil se estimar a influência das acumulações de diatomáceas na biomassa geral do

fitoplâncton da Praia do Futuro. Pois as acumulações não promovem o aumento homogêneo da biomassa e nem sempre ocorrem em toda a extensão da praia.

A biomassa do fitoplâncton apresentou dois padrões gerais de distribuição espacial, segundo o estágio de maré. Na baixa-mar a concentração de clorofila *a* foi maior na E2, devido a sua localização mais próxima ao estuário do Cocó, exceto, nos meses de Dezembro, Março, Abril, Maio e Junho. Pois, em Dezembro, Abril e Junho ocorreram acumulações na E1 e não houve na E2. Enquanto, que em Março e Maio houve a formação de acumulações em ambas as estações, porém as manchas de E1 foram mais intensas que em E2 (FIGURA 42).

Tabela 10 – Desvio padrão das análises de clorofila *a*

	E1BM	E2BM	E1PM	E2PM
Julho	0,27	0,48	0,45	0,00
Agosto	0,14	0,09	0,55	0,00
Setembro	0,11	0,26	0,95	6,43
Outubro	0,06	0,02	0,29	0,24
Novembro	0,17	0,27	0,56	0,18
Dezembro	553,71*	0,38	122,23*	0,10
Janeiro	1,33	222,06*	0,39	1,73
Fevereiro	16,33*	232,94*	29,01*	0,00**
Março	147,70*	108,36*	3,65*	4,81*
Abril	261,70*	1,86	11,21*	1,90
Maio	16,79*	39,29*	39,16*	0,56
Junho	22,51*	0,42	8,07*	0,52

Fonte: Dados do presente estudo

* Amostras com acumulações de diatomáceas

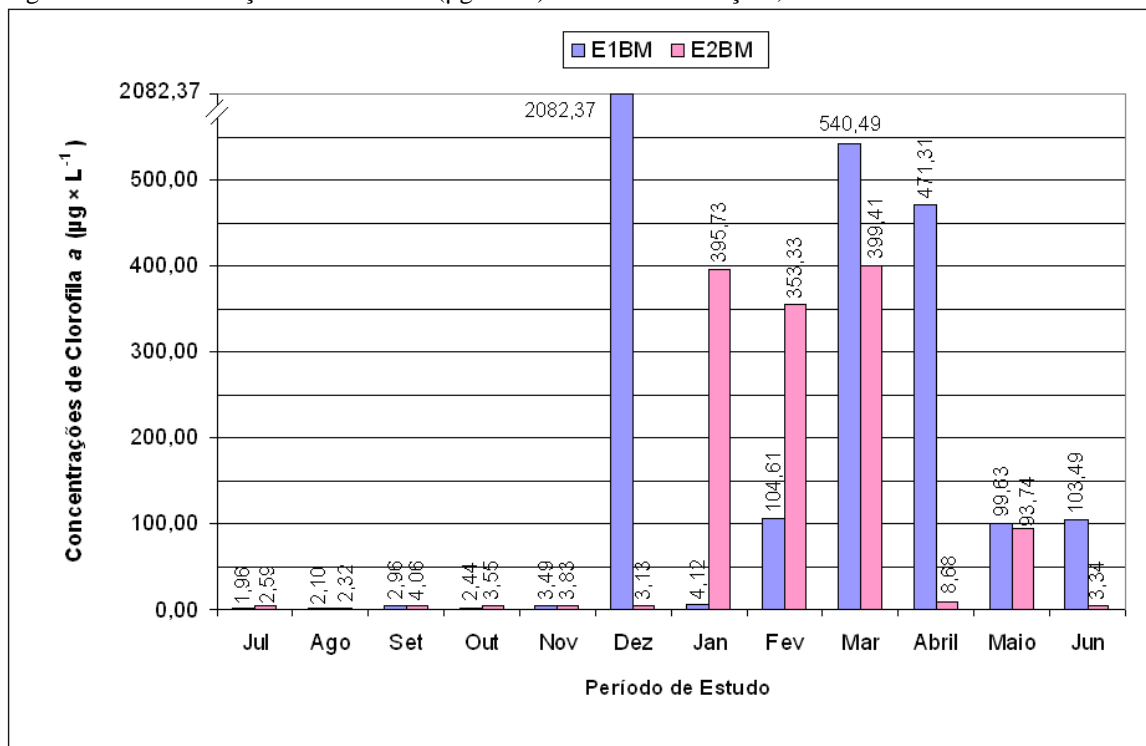
** Amostras com apenas uma replica, devido a problemas durante as análises ou coleta.

Na preamar o padrão de distribuição espacial é inverso, com as maiores concentrações de clorofila *a* na E1. Esse padrão de distribuição da biomassa do fitoplâncton deve estar associado ao aporte de nutrientes proveniente de uma galeria pluvial, próximo ao ponto E1, que tem ligação com o mar, predominantemente, na preamar, em alguns meses do ano (FIGURA 43).

As exceções a este padrão, durante as PMs, são nos meses de Agosto, Janeiro e Fevereiro, sendo que em Janeiro ocorreu acumulação em E2 e não ocorreu em E1 e em Fevereiro ocorreram acumulações em ambas as estações, mas o fenômeno foi mais intenso na E2 (FIGURA 43). A razão da maior biomassa durante a PM de Agosto ser na E2 é desconhecida. Portanto, as acumulações de diatomáceas podem alterar o padrão de

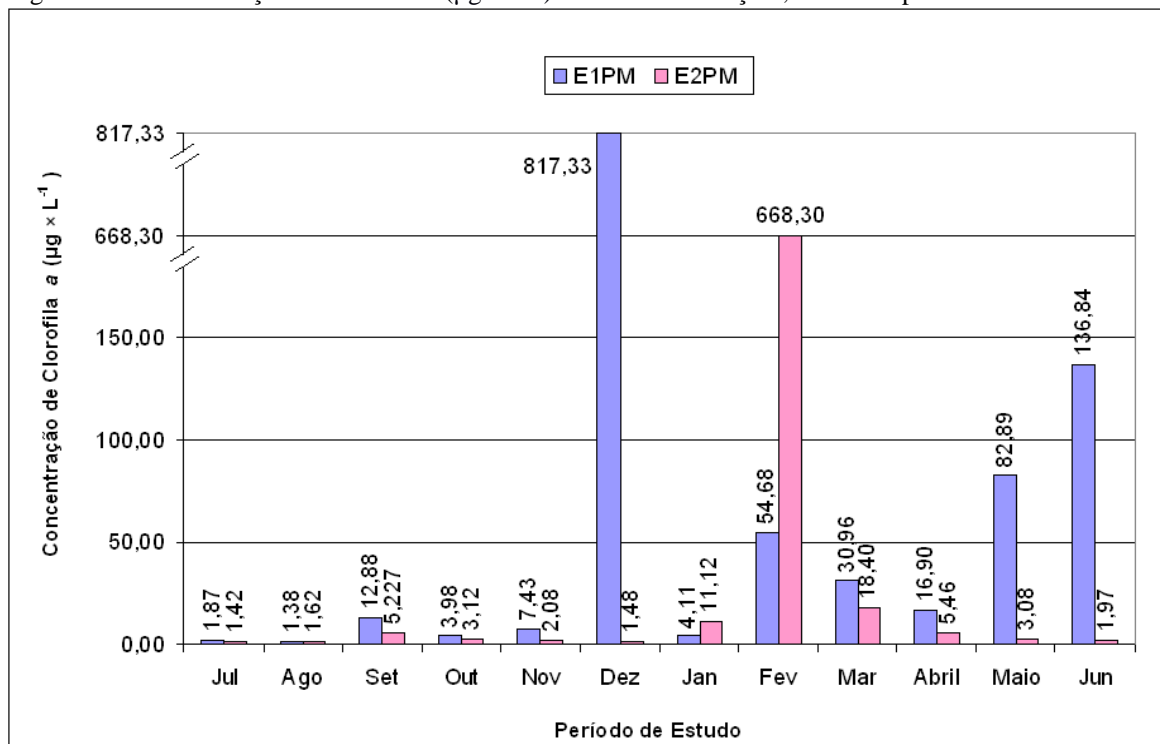
distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica ao longo da praia em ambos os estágios de maré.

Figura 42 – Concentração de clorofila a ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) de ambas as estações, durante a baixa-mar.

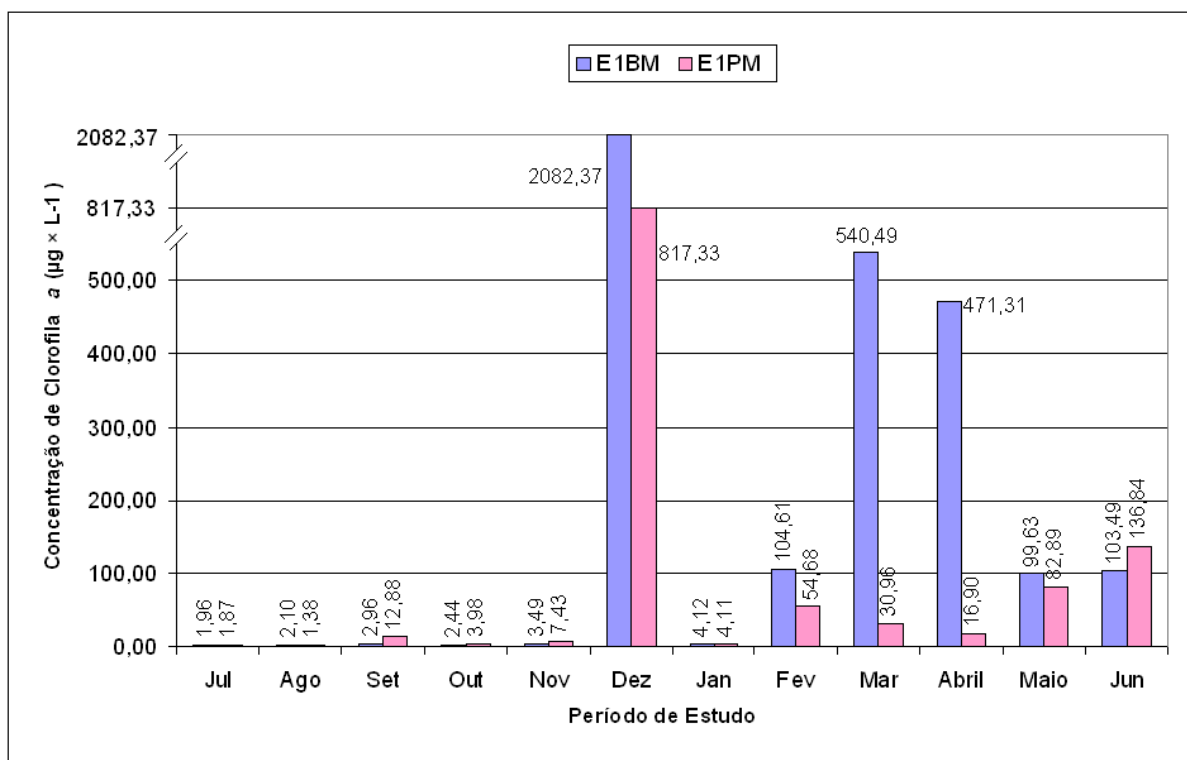


Fonte: Dados do presente estudo.

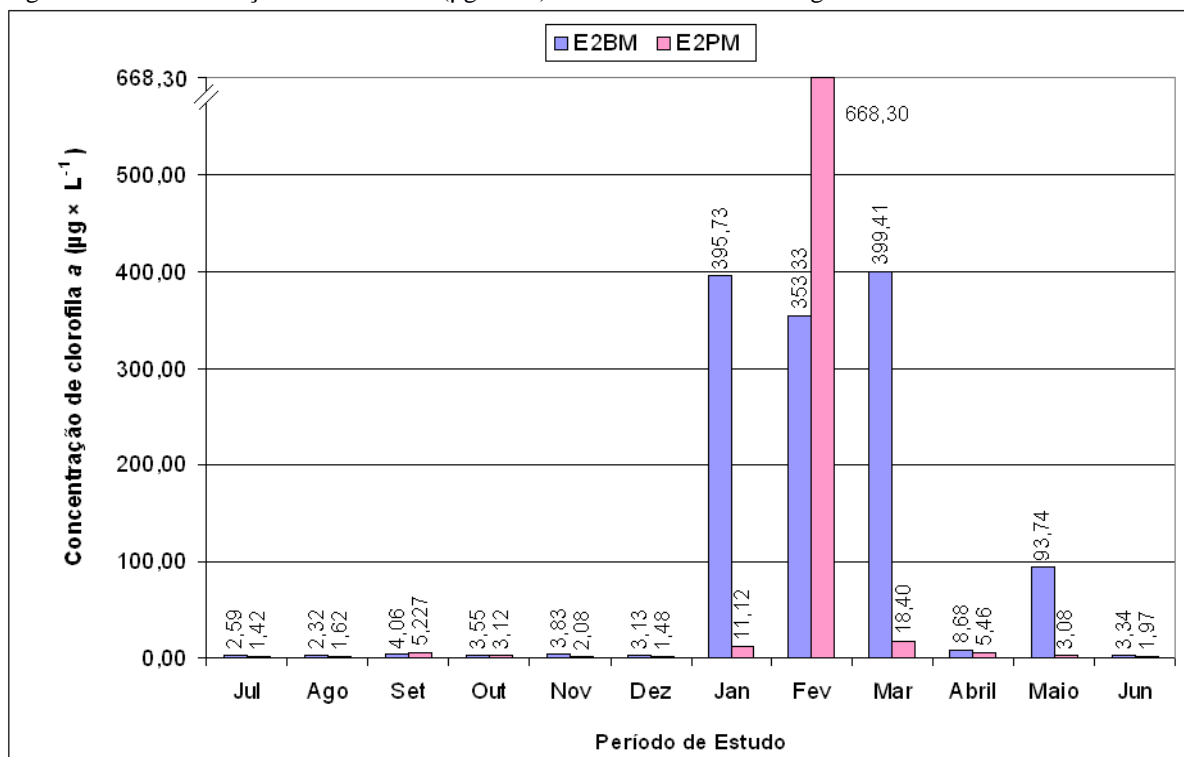
Figura 43 – Concentração de clorofila a ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) de ambas as estações, durante a preamar.



Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 44 – Concentração de clorofila a ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) da E1 em ambos os estágios de maré.

Fonte: Dados do presente estudo.

Figura 45 – Concentração de clorofila a ($\mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$) da E2 em ambos os estágios de maré.

Fonte: Dados do presente estudo

De modo geral, as concentrações de clorofila *a* são maiores na baixa-mar do que na preamar, tanto em condições sem machas, como em eventos de acumulações que duraram um ciclo de maré, sendo coletados na baixa-mar (pela manhã) e na preamar (pela tarde) do mesmo dia (FIGURAS 44 e 45). Esse padrão geral deve estar associado à diluição das águas costeiras pobres em nutrientes ser menor e o aporte de nutrientes de águas subterrâneas serem maiores na baixa-mar (CAMPBELL & BATE, 1998). As exceções são apenas nos meses de Setembro, Outubro e Novembro, onde a biomassa da E1 PM foi maior que todas as outras amostradas no mês, indicando eutrofização promovida pelo aporte de nutrientes da drenagem urbana e em Fevereiro quando houve uma acumulação mais intensa na PM do que a observada na baixa-mar.

Além dos nutrientes, os processos hidrodinâmicos e morfodinâmicos interferem na produção primária de praias arenosas, formando acumulações de diatomáceas, ou ressuspensão do fundo e retendo na zona de *surf* matéria orgânica particulada e nutrientes (TALBOT & BATE, 1989; McLACHLAN & BROWN, 2006; BERGAMINO *et al.*, 2011).

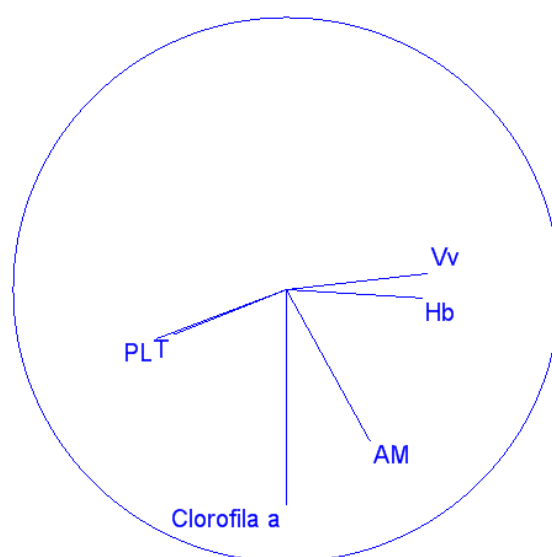
Os resultados do ACP indicaram que as concentrações de clorofila *a* das manchas tiveram maior relação com a pluviosidade e velocidade dos ventos, sendo muito baixa a relação com o período de onda. Pois a biomassa das manchas não depende só do período de onda e energia disponível à ressuspensão das diatomáceas, sendo muito influenciada pelos estoques de células disponíveis à ressuspensão e ao aporte de nutrientes (FIGURA 40 C e D). Contudo, as amplitudes de maré maiores não significam alturas de maré maiores e vice-versa. A correlação entre amplitude e altura da maré foi baixa (*Spearman* $r = 0,02$) e não significativa, ($p > 0,05$) demonstrando a independência entre elas.

A pluviosidade pode estar relacionada diretamente ao aporte de nutrientes (SILVA *et al.*, 2011), enquanto, a velocidade dos ventos apesar de não determinar a ocorrência das manchas pode influenciar na intensidade da acumulação, quando esta ocorre.

A influência da maré no processo de acumulação de diatomáceas é associada, na literatura atual, às alterações que a altura da maré promove no desempenho do fluxo de nutrientes dos aquíferos subterrâneos para a zona de *surf* (CAMPBELL & BATE, 1998). Uma vez que o aporte de nutrientes de águas subterrâneas é um dos mais relevantes para as acumulações de diatomáceas (CAMPBELL & BATE, 1996).

A amplitude de maré foi o único parâmetro abiótico que apresentou correlação significativa com a biomassa das manchas (TABELA 08), apesar de baixa foi a maior correlação observada ($r = 0,48$). Além disto, nas análises de PCA, a amplitude de maré apresentou correlação inversa com a clorofila *a* das amostras com mancha (FIGURA 40 C e D), enquanto, que nas amostras sem mancha este parâmetro abiótico é o que está mais relacionado positivamente com a biomassa do fitoplâncton (FIGURA 46).

Figura 46 – Resultados do ACP das amostras sem acumulações de diatomáceas, mostrando a relação entre as variáveis: Clorofila *a*, AM (amplitude de maré), Hb (altura de arrebentação da onda), PL (pluviosidade), Sal (salinidade), T (período de onda), TA (temperatura) e Vv (Velocidade dos ventos).



Fonte: Dados do presente estudo

O aporte de nutrientes dos aquíferos está associado à inclinação da altura da maré em relação ao nível das águas subterrâneas (CAMPBELL & BATE, 1998).

A relação da amplitude de maré com a biomassa do fitoplâncton pode estar associada à atuação das correntes de maré. Pois, a velocidade destas correntes é diretamente proporcional à amplitude de maré (KNAUSS, 2005). Em condições sem acumulações a maior intensidade das correntes está associada à maior biomassa do fitoplâncton. Provavelmente, a maior velocidade das correntes de maré deva gerar turbulência e ressuspender nutrientes e matéria orgânica particulada, favorecendo o fitoplâncton. Contudo, o efeito nas manchas é inverso, pois as diatomáceas já estão acumuladas na superfície, e as correntes de maré mais intensas, devem promover uma maior dispersão das acumulações de diatomáceas, sendo menor a sua biomassa.

4.7 Sucessão Ecológica e Densidade das Diatomáceas de *Surf* em Acumulações

As espécies responsáveis pelas acumulações de diatomáceas na costa do Oceano Atlântico são *Aulacodiscus africanus*, *Anaulus australis*, *Anaulus cf australis*, *Asterionellopsis glacialis*, *Attheya armatus* e *Aulacodiscus kittonii*. A maioria das ocorrências reporta a dominância de *A. glacialis* e/ou *A. australis*. Apenas no Congo e na Argentina que as acumulações são formadas por *A. africanus* e *A. armatus*, respectivamente (CAMPBELL, 1996; RÖRIG *et al.*, 1997; PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998; TEDESCO, 2006; MACEDO, 2007). Na Praia do Futuro foi registrada uma acumulação em julho de 1998 na qual dominou *A. kittonii*, com abundância relativa de 76% ($0,38 \times 10^9$ cel. L⁻¹), seguida de *Anaulus* sp com abundancia relativa de 24% ($0,12 \times 10^9$ cel. L⁻¹) (PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998).

Na costa brasileira apenas as acumulações reportadas na praia do Cassino (RS) são monoespecíficas, sendo dominadas por *A. glacialis*. As outras ocorrências registram, predominantemente, acumulações com co-dominância entre *A. glaciais* e *A. australis* nas praias do Pontal do Sul (PR), dos Navegantes (SC), do Cururupe (BA), do Milionário (BA) e na Praia do Futuro (CE) (ODEBRECHT *et al.*, 1995; REZENDE, 1995; RÖRIG *et al.*, 1997; PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998; RÖRIG & GARCIA, 2003; TEDESCO, 2006; MACEDO, 2007).

Durante o período de estudo foi observada a presença de *A. cf australis*, *A. glacialis* e *A. kittonii* nas acumulações de diatomáceas da Praia do Futuro. Contudo, a última espécie ocorreu apenas em metade das acumulações e com abundância relativa inferior a 1%, não sendo responsável pelas acumulações observadas (FIGURAS 31 e 32).

No presente estudo, *A. cf australis* e *A. glacialis* foram observadas em todas as manchas da Praia do Futuro (FIGURA 31). Pereira da Costa *et al.*, 1998 sugere a existência de uma sucessão fitoplancônica específica nas manchas da Praia do Futuro sem padrão anual definido, com significativa redução da densidade, abundância e frequência de *A. glacialis* ao longo dos anos. Nas praias do Cururupe e do Pontal do Sul também foram observadas estas variações na abundancia relativa e densidade entre estas espécies competindo pela dominância nas manchas de diatomáceas (REZENDE, 1995; TEDESCO, 2006; MACEDO, 2007).

Na maioria das acumulações predominou *Anaulus cf australis* em detrimento de *A. glacialis*, exceto em Maio quando ocorreu o inverso (FIGURAS 31, 33 e 34). Ambas

as espécies atingiram altas densidades (FIGURAS 31 e 32). Mas em determinadas ocasiões ocorreu o domínio numérico de uma espécie sobre a outra, com a espécie dominante, podendo alcançar sozinha uma abundância maior que 95% (FIGURA 31).

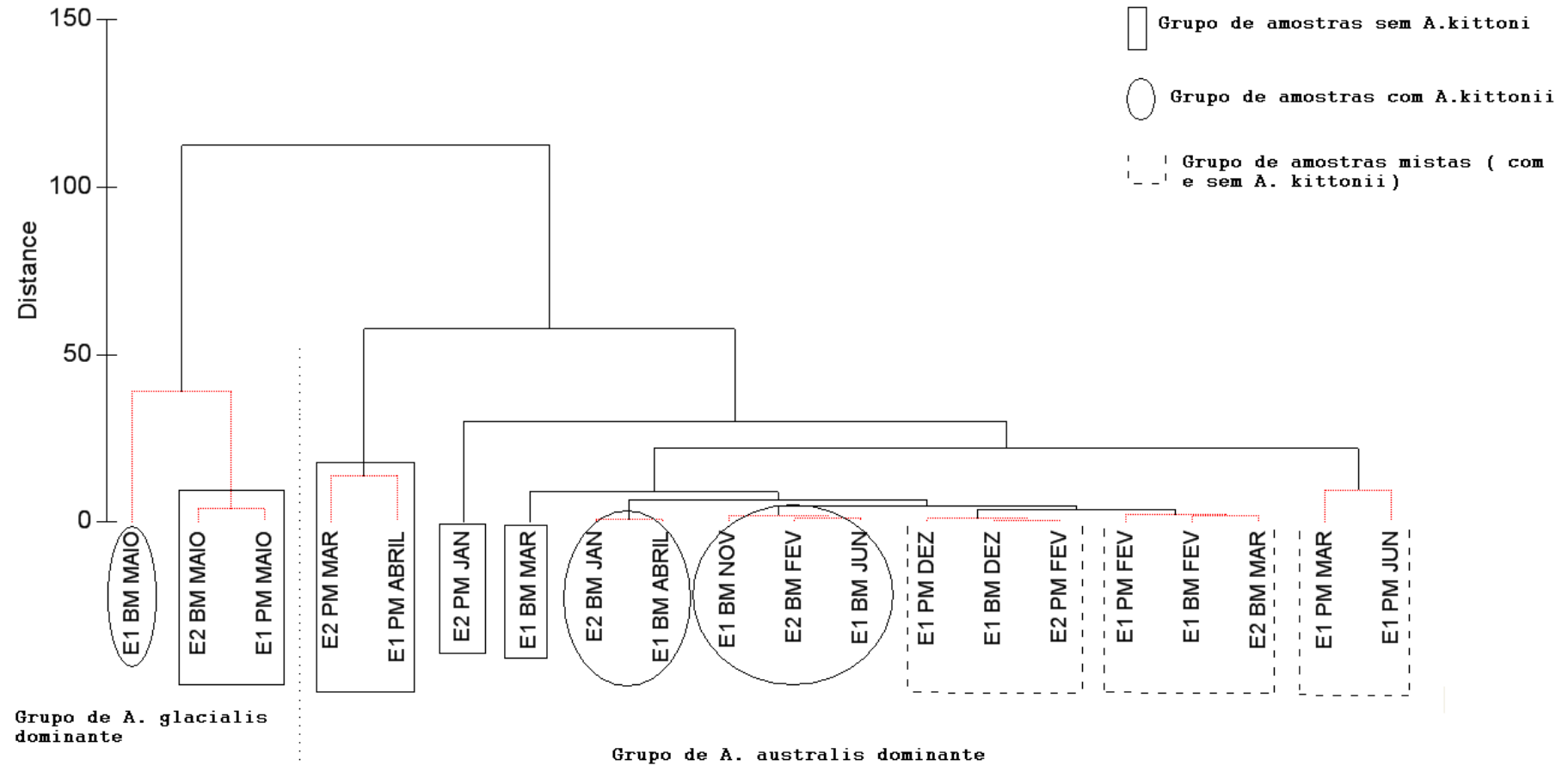
A. kittonii, apesar da baixa densidade e abundância foi observada em pelo menos uma amostra de cada mês nos quais as acumulações foram visualizadas e coletadas (FIGURA 32). A densidade do fitoplâncton total variou de $0,07 \times 10^8$ a $6,98 \times 10^8$ cel. \times L⁻¹, respectivamente, em E1 PM/ Abril e E2 PM/ Fevereiro e apresentou correlação significativa com a biomassa (*Spearman* $r = 0,8772$ e $p = 0.0001$). Indicando que apesar das dificuldades de se estimar a biomassa e densidade das acumulações podemos identificar os padrões gerais de variação destes fatores. As maiores densidades ocorreram nos meses de Dezembro/2011 a Abril/2012, atingindo valores maiores que $2,0 \times 10^8$ cel. \times L⁻¹, sendo este período o de maior frequência de ocorrência de *swell* na costa do Ceará, durante o ano (SILVA *et al.*, 2011) (FIGURA 36).

Comparando os meses nos quais ocorreram acumulações em ambas as estações (Fevereiro, Março e Maio de 2012) não observamos um padrão de variação espacial definido, pois em Fevereiro e Maio a densidade foi maior na E2, enquanto que em Março a densidade foi maior na E1. Quando as acumulações ocorreram em ambas as estações de coleta e estágios de maré, a densidade de células permanece maior na mesma estação independente de ser BM ou PM. Portanto a maré influência de forma homogênea ao longo da praia e não promove alterações diretas no padrão de variação espacial das acumulações (FIGURA 36).

O agrupamento das abundâncias relativas de *A. glacialis*, *A. cf australis* e outras microalgas mostrou a existência de dois grandes grupos, um com *A. glacialis* dominante e outro com *A. cf australis* dominante. Mesmo sem a separação da abundância de *A. kittonii*, que está inclusa no grupo de outras de microalgas, no grupo de *A. glacialis* dominante formou-se dois grupos menores, um com presença e outro com ausência de *A. kittonii*. No grupo de *A. cf australis* dominante, observamos a formação de oito grupos menores, sendo que cinco deles mantiveram reunidos apenas amostras com ou sem *A. kittonii*. Enquanto os três grupos restantes eram mistos, havendo amostras com e sem *A. kittonii* (FIGURA 47).

As acumulações nas quais *A. kittonii* foi encontrada, mas a amostra foi agrupada com outras sem a presença desta microalga (E1 PM Fevereiro, E1 PM Março, E1 BM Dez, E1 BM Fevereiro), correspondem às quatro amostras de menor densidade de *A. kittonii* (FIGURA 47).

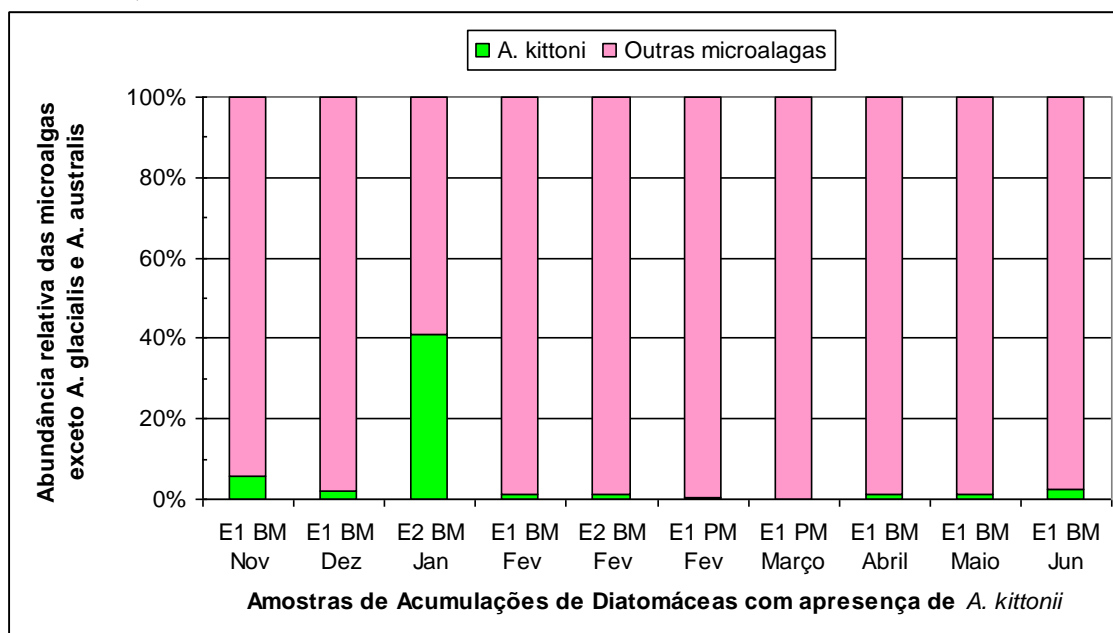
Figura 47 – Agrupamento das amostras com acumulações de iatomáceas segundo a abundância relativa de *A. glacialis*, *A.cf austrais* e outras microalgas.



Fonte: Dados do presente estudo.

A abundância de *A. kittonii* influenciou pouco a abundância do grupo das outras microalgas (todas as microalgas, exceto *A. glacialis* e *A. australis*). Pois na maioria das amostras em que ocorreu sua abundância relativa dentro deste grupo foi menor que 10%, exceto em E2 BM Janeiro (FIGURA 48).

Figura 48 – Abundâncias relativas das microalgas em acumulações de diatomáceas, exceto *A. glacialis* e *A. cf australis*, com ênfase em *A. kittonii*.



Fonte: Dados do presente estudo.

Na década de 90, durante quatro anos de amostragens aleatórias em acumulações de diatomáceas ao longo da Praia do Futuro, foi observada a dominância de *A. glacialis* na maioria das acumulações, sendo progressivamente substituída por *A. cf australis* (PEREIRA DA COSTA *et al.*, 1998). Essa sucessão parece ter continuado ao longo dos anos e se completado com a inversão da espécie dominante, pois a *A. cf australis* dominou em 85% das acumulações registradas ao longo do período de estudo (julho de 2011 a julho de 2012) (FIGURA 31).

A dominância de *A. glacialis* ocorreu apenas em Maio, nas acumulações de ambas as estações (E1 BM e E2 BM) e estágios de maré (E1 PM), indicando que a dominância das espécies é determinada por fatores ambientais que atuam de forma semelhante ao longo da praia. Contudo, a observação dos dados abióticos coletados não distingue ou explica a alteração da dominância observada em Maio.

Aulacodiscus kittoni, *Asterionellopsis glacialis* e *Anaulus australis* apresentam muita semelhança na preferência de habitats, sendo provável adotarem a mesma

dinâmica de migração/advecção populacional do sedimento para a coluna d'água e vice-versa. Portanto devem sofrer os mesmos mecanismos hidrodinâmicos durante a formação das acumulações (TALBOT & BATE, 1988a; RÖRIG & GARCIA, 2003).

A sucessão das espécies nas acumulações deve estar associada às alterações nos estoques de células disponíveis à ressuspensão. Já que o processo físico de acumulação deve ser o mesmo para ambas as espécies.

5. CONCLUSÕES

As acumulações de diatomáceas foram visualizadas durante o ano todo, com frequência de 43%, caracterizando o fenômeno como semi-permanente. As manchas são mais frequentes no período chuvoso e estão associadas aos eventos de alta energia de ondas, como a entrada de *swell* na costa.

Apesar das acumulações serem formadas em diversos pontos ao longo do arco praiial, E1, localizada no setor da praia que possui maior energia de ondas, caracterizada pelos estágios dissipativos a ultradissipativos, apresentou maior frequência de ocorrência do fenômeno.

Enquanto, que na E2, localizada na região de predomínio de areia grossa e media, com os estágios morfodinâmicos intermediários, apresentou uma ressuspensão das células reduzida.

A biomassa fitoplanctônica variou de $1,38 \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 PM/ Agosto) a $2082,37 \mu\text{g} \times \text{L}^{-1}$ (E1 BM/ Dezembro), sendo a última durante uma acumulação de diatomáceas. As acumulações além de promoverem o aumento da concentração de clorofila *a*, podem alterar o padrão de distribuição da biomassa fitoplanctônica ao longo da praia em ambos os estágios de maré.

As análises de ACP indicaram uma forte relação inversa da biomassa das acumulações com a amplitude maré, enquanto que nas amostras sem acumulação, este foi o parâmetro abiótico que se correlacionou melhor positivamente com a biomassa fitoplanctônica. Pois, quanto maior a amplitude de maré, mais intensas são as correntes de maré, promovendo maior dispersão das manchas e favorecendo o fitoplâncton na ausência de acumulação com a maior ressuspensão de nutrientes.

Nas acumulações, a densidade de organismos variou de $0,07 \times 10^8$ (E1 PM/ Abril) a $6,98 \times 10^8$ (E2 PM/ Fevereiro) e apresentou correlação significativa com a biomassa.

As diatomáceas de *surf* encontradas nas acumulações da Praia do Futuro foram: *A. glacialis*, *A. australis* e *A. kittonii*. Contudo, apenas *A. glacialis* e *A. australis* foram observadas em todas as acumulações, com abundâncias relativas de cada espécie, variando respectivamente, de 0,04 a 96,7% e 1,6 a 99,8%.

Os resultados sugerem que a sucessão gradual observada durante a década 90, de substituição do predomínio de *A. glacialis* por *Anaulus* sp esteja completa, pois durante todo o ano, predominou *Anaulus* cf *australis* em detrimento da primeira, com apenas

uma situação de exceção, detectada em Maio de 2012, quando *A. glacialis* dominou a acumulação, superando *Anaulus cf australis* em abundância e densidade.

A dominância de *A. glacialis* em Maio ocorreu nas acumulações de ambas as estações (E1 BM e E2 BM) e estágios de maré (E1 PM), indicando que a dominância das espécies é determinada por fatores ambientais que atuam de forma semelhante ao longo da praia.

Como o processo de acumulação parece ser semelhante para as três espécies de diatomáceas de *surf*, que ocorreram na Praia do Futuro, a sucessão e dominância das espécies devem ser influenciadas pela composição dos estoques de diatomáceas disponíveis a serem ressuspensas e não por alterações físicas da praia ou do processo de acumulação.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. G.; CALLIARI, L. J.; FONTOURA, J. A. S. ; SERPA, C. G. ; FALCAO, T. O. Caracterização do fluxo sedimentar na zona de *surfe* de praias de micro e meso marés aplicação a praia do Cassino (RS) e praia do Futuro (CE). In: III Seminário e Workshop de Engenharia Oceânica, 2008, Rio Grande. Anais do SEMENGO'08, 2008. v. 1.
- ALBUQUERQUE, M.G.; CALLIARI, L. J.; CORREA, I. C. S.; PINHEIRO, L. S. . Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudos. *Quaternary and Environmental Geoscience*, v. 2, p. 49-57, 2009.
- ALBUQUERQUE, M. G.; CALLIARI, L. J.; PINHEIRO, L. S. Analise dos Principais Riscos Associados ao Banho de Mar na Praia do Futuro, Fortaleza-CE. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* (Impresso), v. 14, p. 1-8, 2010.
- BASCOM, W. *Waves and Beaches*, Anchor Books Doubleday and Company Inc. Garden City, New York 1964.
- BALECH, E. *Los dinoflagelados del Atlantico Sudocidental*. Publicaciones Especiales, Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1, p. 310, 1988.
- BARROSO, H. S. Biodiversidade e Densidade da Comunidade Fitoplanctônica em Estuários do Litoral do Ceará (NE – Brasil). 2010. 158f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. 2010.
- BATE, G.C. & MCLACHLAN, A. 1987. Surf-zone discoloration by phytoplankton: the consequence of pollution? *Mar. Pollut. Bull.*, v.18, p. 65-67. 1987.
- BERGAMINO, L.; LERCARI, D; DEFEO, O. 2011. Food web structure of sandy beaches: Temporal and spatial variation using stable isotope analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 91, p 536-543. 2011
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. *Gêneros de algas continentais do Brasil*. São Carlos: Rima, 2005. 489 p.
- BRABO, J.M.; REPELLI, C.A.; NAMIR, S. M. A Pré-Estação Chuvosa do Setor Norte do Nordeste Brasileiro e sua Relação com a Temperatura dos Oceanos Adjacentes. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 8(1), p. 22-30, 1993.
- CAMPBELL, E. E. 1996. The global distribution of surf diatom accumulations. *Rev. Chilena Hist. Nat.* v. 69, p. 495-501, 1996
- CAMPBELL, E. E.; BATE, G.C. 1996. Groundwater as a possible controller of surf diatom biomass. *Rev. Chilena Hist. Nat.* v.69, p. 503-510, 1996
- CAMPBELL, E.E. & BATE, G.C. 1997. Coastal features associated with diatom discoloration of surf-zones. *Botanica Marina*. v. 40, p. 179-185, 1997.

CAMPBELL, E.; BATE, G. C. 1998. Tide-induced pulsing of nutrient discharge from an unconfined aquifer into an *Anaulus australis* - dominated surf-zone. *Water SA*. v. 24, n. 4, p. 365-370. 1998.

CHRETIÉNNOT-DINNET, M.J.; BILARD, C.; SOURNIA, A. *Atlas du phytoplancton marin: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées et Tribophycées*. Paris, Editions du Centre National Recherche Scientifique, v.3, p 1990.

CUPP, E. E. *Marine plankton diatoms of the West Coast of North America*. Bull Scripps. Inst. Oceanogr. Univ. California, v. 5, n.1, 1943, 238 p.

EDLER, L. Recommendations on methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea: Phytoplankton and Chlorophyll. *The Baltic Marine Biologists*, Lund, n.5, p.1-38, 1979.

FORTE, M. S.; MOREIRA, M.O.P.; COSTA, F. A. P. Monitoramento dos florescimentos de fitoplâncton na Praia do Futuro (Fortaleza-Ceará) no período de março a agosto de 1995. In: XIV ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1995, Fortaleza. Resumos do XIV Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE : UFC, 1995

FORTE, M. S.; MOREIRA, M.O.P.; COSTA, F. A. P. Monitoramento dos florescimentos de fitoplâncton na Praia do Futuro, (Fortaleza-CE) no período de março de 1995 a setembro de 1996. In: XV ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1996, Fortaleza. Resumos do XV Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE: UFC, 1996.

HEWSON, I.; O'NEIL, J.M.; ABAL, E. 2001. A low-latitude bloom of the surf-zone diatom, *Anaulus australis* (Centralis, Bacillaciophyta) on the coast of Southern Queensland (Australia). *Journal of Plankton Research*, v.23, n. 11, p. 1233-1236. 2011.

JEFFREY, S. W.; HUMPHREY, G. F. New spectrophotometric equations for determining Chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP)*, v 167, n 8. p. 191-194, 1975.

KNAUSS, J. A. *Introduction to physical oceanography*. 2. ed. Illinois: Waveland Press, 2005. 309 p.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, v.56, p-247-345, 1989.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota.1. Teil: Chroococcales. Berlin: Spektrum, Akademischer Verlag (Sübwasserflora von Mitteleuropa; Band 19/1), 2000, 548p.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. In: B. Büdel, Krienitz, G. Gärner & M. Schagerl (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19 Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München, 2005, 759 p

LEWIN, J. & RAO, V.R. 1975. Bloom of surf-zone diatoms along the coast of the Olympic Peninsula, Washington. Daily periodicity phenomena associated with *Chaetoceros armatum* in its natural habitat. *J. Phycol.* v.11, p.330-338.

LEWIN, J.; SCHAEFER, C.T.; WINTER, D.F. 1989. Surf-zone ecology and dynamics. In: M. R. Landry & B. M. Hickey (Org), Coastal Oceanography of Washington and Oregon. Washington: Elsevier Oceanography Series, v 47, p. 567-594.

LIMA VERDE, N. G.; TAHIM, E. F. Florescimento de Algas Planctônicas na Praia do Futuro (Fortaleza-CE). In: IV ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON, 1990, Recife. Resumos do IV Encontro Brasileiro de Plâncton. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1990. p. 45

MACEDO, C. X.; DINÂMICA TEMPORAL DE MICROALGAS DE ZONA DE ARREBENTANÇA NA PRAIA DE NAVEGANTES – SC. 2007. 93 f. Dissertação (Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos). Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2007.

MAIA, L. P. Processo costeros y balance sedimentario ao lo largo de Fortaleza (NE BRASIL): implicaciones para uma gestão adequada de la zona litoral. 1998. 269 f. Tese (Doutorado em Ciências do Mar). Universidade de Barcelona, Barcelona, Espanha, 1998.

MASSELINK, G. & SHORT, A. D.; Simulating the Effects of Tides on Beach Morphodynamics. *Journal of Coastal Research*. Special Issue 15, p. 180 – 197, 1993.

MAGINI, C.; GOMES, D. F.; VERISSIMO, C. U.; NETO, A. B. A.; FREIRE, G. S. S. Avaliação ambiental da Praia do Futuro, município de Fortaleza - Ceará. *Revista de Geologia*, Fortaleza, v. 20, n. 1, p. 91-98, 2007.

McLACHLAN A.; BROWN A. C. The Ecology of Sandy Shores 2nd ed. San Diego: Elsevier, 2006. 373 p.

MORAIS, Jader Onofre. Aspectos do Transporte de sedimentos no litoral do município de Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. *Arquivo de Ciências do Mar*, Fortaleza, v. 20 (1/2), p. 71-100, 1980.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Sandra Baptista da Cunha; Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A ,1995. p. 191-238

MUEHE, D. *Geomorfologia Costeira*. In: Sandra Baptista da Cunha; Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicação. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A ,1996. p. 191-238 RICARD, M. *Atlas du phitoplancton marin: diatomophycées*. Editions du CNSR, Paris, p. 297

ODEBRECHT, C.; SEGATTO, A. Z.; FREITAS, C. A. 1995. Surf-zone chlorophyll variability at Cassino Beach, southern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* v. 41, p. 81-90, 1995.

PEREIRA DA COSTA, F. A. P.; MOREIRA, M.O.P.; FORTE, M. S. Monitoramento dos Florescimentos de Fitoplâncton na Praia do Futuro, Fortaleza-CE (Mar./1995-Abr./1997): primeiro registro do gênero *Anaulus* EHRENBERG como responsável por estes fenômeno na Costa Nordeste. In: XLVIII CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 1997, Crato. Resumos do XLVIII Congresso Nacional de Botânica. Crato-CE : Universidade Regional do Cariri, 1997. p.144

PEREIRA DA COSTA, F. A. P.; MOREIRA, M.O.P.; FORTE, M. S. Florescimentos de diatomáceas no litoral leste de Fortaleza-Ceará (Praia do Futuro). In: V ECOTOX - ENCONTRO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA / I COBAN - COLÓQUIO BRASILEIRO DE ALGAS NOCIVAS, 1998, Itajaí. Anais - Perspectivas da Ecotoxicologia no Brasil, 5o ECOTOX - Encontro Brasileiro de Ecotoxicologia / 1o COBAN - Colóquio Brasileiro de Algas Nocivas. Itajaí : Universidade Vale do Itajaí , 1998. p. 67

POND, S; PICKARD, G. L. *Introductory dynamical oceanography*. 2 ed. Oxford: New York, NY: Pergamon Press, 2003. 329 p.

REZENDE, K.R.V. Dinâmica temporal do fitoplâncton de zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul (Paranaguá – PR). 1995. 130 f. Dissertação de mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995

RÖRIG, L.R. & GARCIA, V.M.T. 2003. Accumulations of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (CASTRACANE) ROUND in Cassino Beach, Southern Brazil, and its relationship with environmental factors. *Journal of Coastal Research*, v.35, p.167-177. 2003

RÖRIG, L. R.; GARCIA, M.; PEREIRA DA COSTA, F.A.P. Distribuição geográfica das diatomáceas de zona de arrebentação *Anaulus australis* Drebes et Shulz e *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round na costa brasileira. In: XI Congresso Brasileiro de Ficologia, 2006, Itajaí. Livros de Resumos do XI Congresso Brasileiro de Ficologia. Itajaí: UNIVALI, 2006. p.39.

RÖRIG, L.R.; RESGALLA JR., C.; PEZZUTO, P.R.; ALVES, E.S. & MORELLI, F. 1997. Análise ecológica de um processo de acumulação da diatomaceae *Anaulus* sp. na zona de arrebentação da praia dos Navegantes (Santa Catarina, Brasil). *Oecologia Brasiliensis*. v.3, p.29-43. 1997

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D.G. *The Diatoms Biology & Morphology of the Genera*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747 p.

SILVA, A. C.; PINHEIRO, L. S.; MAIA, L.P.; MORAIS, J. O. Estudo Hidrodinâmico, Climático e Bacteriológicos Associados às Fontes Pontuais de Poluição ao Longo do Litoral de Fortaleza. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 14, p. 83-89, 2009.

SILVA, A. C.; FAÇANHA, P.; BEZERRA, C.; ARAUJO, A.; PITOMBERAS, E. Características das ondas "sea" e "swell" observadas no litoral do Ceará – Brasil: Variabilidade anual e inter-anual. *Tropical Oceanography Online*, p. 17-26, 2011.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. S. *A manual of sea water analysis*. Bull. Fish. Res. Board of Canada, Ottawa, v. 125, p. 1-205, 1972

SOURNIA, A. *Phytoplankton Manual*, UNESCO, Paris, 1978. 337 p.

SOURNIA, A. *Atlas du phytoplancton marin: cyanophycées, dictyochophycées, dinophycées, raphidophycées*. Editions du CNRS, v. 1, Paris, 1986. 219 p.

TALBOT, M.M.B; BATE, G.C. 1986. Diel periodicities in cell characteristics of the surfzone diatom *Anaulus birostratus*: their role in the dynamics of cell patches. *Marine Ecology Progress Series*, v. 32, p.81-89, 1986.

TALBOT, M.M.B; BATE, G.C. 1987. Rip current characteristics and their role in the exchange of water and surf diatoms between the surfzone and nearshore. *Coastal and Shelf Science*, v.25, p.707-720, 1987.

TALBOT, M.M.B; BATE, G.C. 1988a. The Use of False Buoyancies by the surf Diatom *Anaulus birostratus* in the Formation and Decay of Cell Patches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.26, p.155-167, 1988a.

TALBOT, M.M.B; BATE, G.C. 1988b Distribution Patterns of surf Diatom *Anaulus birostratus* in an Exposed Surfzone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.26, p.131-153, 1988b.

TALBOT, M.M.B; BATE, G.C. 1989. Beach morphodynamics and surf-zone diatom populations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v.129, p.231-241, 1989.

TEDESCO, E, C.; Estudo das diatomáceas da zona de arrebentação da praia do Cururupe, Ilhéus - BA. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2006.

TOMAS, C. R. *Identifying Marine Phytoplankton*. Florida: Academic, Press, 1996. 589p.

VAN DEN HOEK, C.; MANA, D. G.; JAHNS, H. M. *Algae. An introduction to phycology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 627 p.

VELOSO, V. G.; NEVES, G. Praias Arenosas In: Renato Crespo Pereira; Abílio Soares Gomes (Org.). *Biologia Marinha*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 339-360

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. *Limnological Analyses*. 3rd ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.