



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA



**ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM RECIFES ARTIFICIAIS DA
PLATAFORMA CONTINENTAL DE PERNAMBUCO, BRASIL**

DOUGLAS HENRIQUE CAVALCANTI DOS SANTOS

**RECIFE
2012**

DOUGLAS HENRIQUE CAVALCANTI DOS SANTOS

ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM RECIFES ARTIFICIAIS DA
PLATAFORMA CONTINENTAL DE PERNAMBUCO, BRASIL

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos à obtenção do grau de Doutor em Oceanografia.

Orientador:

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante

Co-Orientadora:

Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha

RECIFE
2012

S237e Santos, Douglas Henrique Cavalcanti dos.

Estrutura da comunidade fitoplanctônica em recifes artificiais da plataforma continental de Pernambuco, Brasil / Douglas Henrique Cavalcanti dos Santos. - Recife: O Autor, 2012.

150 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante.

Co-Orientadora: Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2012.

Inclui Referências Bibliográficas e Apêndices.

DOUGLAS HENRIQUE CAVALCANTI DOS SANTOS

**ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM RECIFES ARTIFICIAIS DA
PLATAFORMA CONTINENTAL DE PERNAMBUCO, BRASIL**

TESE APRESENTADA EM 24 DE FEVEREIRO DE 2012.

BANCA EXAMINADORA

Examinadores:

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante

Departamento de Oceanografia da UFPE

Prof. Dr. Marcos Honorato da Silva

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Múcio Luiz Banja Fernandes

Universidade de Pernambuco - UPE

Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa

Departamento de Oceanografia da UFPE

Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes

Departamento de Oceanografia da UFPE.

Suplentes:

Profa. Dra. Sirleis Rodrigues Lacerda

Universidade Regional do Cariri - URCA

Prof. Dr. Fernando Figueiredo Porto Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

RECIFE
2012

À minha mãe Maria dos Prazeres Cavalcanti dos Santos,
ao meu pai Paulo Fernando dos Santos (*in memoriam*) e
à minha esposa Iannara Mendes C. dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o esforço do Programa de Pós-graduação em Oceanografia, da UFPE, que ao longo de sua existência lutou para firmar parcerias, promover o debate sobre o meio ambiente local e, sobretudo, disseminar o conhecimento, recurso mais importante na sustentação do desenvolvimento. O agradecimento deve ser registrado para todos os que fizeram por onde concretizá-lo, desde o corpo docente e discente, até a equipe de trabalho que mantém a estrutura de funcionamento do Departamento de Oceanografia. Em especial, registro meu agradecimento ao meu orientador Professor Dr. José Zanon de Oliveira Passavante, meu grande pai científico, e às pessoas abaixo que colaboraram direta e indiretamente na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais Maria dos Prazeres C. dos Santos e Paulo Fernando dos Santos (*in memoriam*);

A minha esposa Iannara Mendes Cavalcante dos Santos;

A minha co-orientadora Dr^a Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha;

À professora Dr^a Maria Luise Koenig e ao professor Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa;

Aos(às) amigos(as) da Sessão de Fitoplâncton: Christiana Kelly, Elisângela Branco, Eveline Aquino, Felipe Amâncio, Gislayne Borges, Jucicleide Cabral, Leandro Cabanez, Marcos Honorato, Marilene Santiago, Marina Jales, Rafaella Brasil, Raquel Machado;

Ao corpo de funcionário do Departamento de Oceanografia: Hermes Ferreira, Zinaldo Santos, Beto, Paulo, Tiba, Joaquim, Edinaldo Costa, Adailton Duarte, Dona Edileuza, Iara Correia Silva;

Aos amigos do Departamento de Aquicultura e Pesca e do PNAPE, Alessandra Fisher, Daniela Viana, Dráusio Vêras, Fábio Hazin, Henrique Maranhão, Maria Elizabeth de Araújo, Mariana Travassos, Mariana Coxey, Patrícia Pinheiros, Paulo Oliveira, Rodolfo Araújo

À secretária do Programa de Pós-graduação em Oceanografia Myrna Lins Medeiros;

À Aquáticos – Centro de Mergulho

A DEUS – que me dá força e está sempre presente dentro de mim.



Nasci apenas com o nome. Estudei, e com dedicação e ajuda de meus pais, professores e mestres, alcancei a graduação e pós-graduação. Querem agora me chamar de Doutor. Quero que me chamem apenas pelo nome.

Douglas Santos

RESUMO

Em maio de 2006, três embarcações do tipo rebocadores (Mercurius, Saveiros e Taurus) foram afundadas, na plataforma continental de Pernambuco, num projeto intitulado Parque dos Naufrágios Artificiais de Pernambuco (PNAPE) e que envolveu as Universidades Federal de Pernambuco (UFPE), Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e Universidade de Pernambuco (UPE), com o propósito de acompanhar o processo de colonização e sucessão ecológica nesses ambientes. Os naufrágios Mercurius e Saveiros, ambos medindo 29 m de comprimento, estão localizados a uma distância de 14,5 km e 13,5 km, respectivamente, do porto do Recife, na isóbata de 30 m de profundidade, e distam entre si aproximadamente 800 m. Nesse contexto, com o objetivo de estudar a comunidade fitoplanctônica nas adjacências desses recifes artificiais e verificar suas interrelações com os fatores abióticos, foi elaborada uma metodologia para coleta dos organismos planctônicos, na qual um mergulhador, utilizando equipamento SCUBA, realizou arrastos com rede de plâncton de 1 m de comprimento, 0,30m de diâmetro de boca 20 µm de abertura de malha, ao redor dos naufrágios e o mesmo procedimento a 50 m das estruturas a montante da corrente, ambos com duração de 3 minutos. Amostras de águas também foram coletadas com auxílio de uma garrafa de Nansen, para análise da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*), densidade (fito total) e variáveis hidrológicas (nitrito, nitrato, fosfato, silicato, pH, salinidade, oxigênio dissolvido). Foram ainda aferidos *in situ* a temperatura e transparência da água e direção das correntes. Quanto aos resultados, a direção da corrente predominou no sentido N-NO, a transparência da água variou de 11 a 27 m, o material em suspensão de 1,73 mg.L⁻¹ a 12,80 mg.L⁻¹; o valor médio da temperatura da água foi de 28,2°C na superfície e 27°C no ponto naufrágio; a salinidade apresentou uma média geral de 36,1 na superfície e 36,36 no naufrágio; a concentração de oxigênio dissolvido na água registrou uma média de 4,83 ml.L⁻¹, no naufrágio Mercurius, e de 4,85 ml.L⁻¹, no Saveiros; a média do pH para o período de estudo foi de 8,34, variando de 7,33 a 8,71; em relação aos sais nutrientes, o nitrito variou desde valores indetectáveis a 0,07 µM, o nitrato foi de valores indetectáveis a 1,99 µM, o fosfato variou de valores indetectáveis até 0,92 µM e a concentração de silicato foi de valores indetectáveis até 24,18 µM. Com relação à biomassa fitoplanctônica, a clorofila *a* registrou um mínimo de 0,47 mg.m⁻³ e um máximo de 5,39 mg.m⁻³, com uma média geral para o primeiro ano de afundamento de 1,59 mg.m⁻³ e de 2,03 mg.m⁻³ para o segundo ano. A estrutura da comunidade fitoplanctônica esteve representada por 93 táxons, desse total, a divisão Ochrophyta contribuiu com 57%, Dinoflagellata 34%, Cyanobacteria com 5%, Chlorophyta com 3% e Euglenozoa com 1% – sobressaindo os táxons *Chaetoceros* sp., *Rhizoclonium* sp., *Oscillatoria* sp. *Thichodesmium thiebautii* e *Asterionellopsis glacialis*. De acordo com a classificação ecológica, as espécies identificadas foram enquadradas em marinhas planctônicas oceânicas (59%); marinhas planctônicas neríticas (23%), ticoplanctônicas neríticas (16%) e estuarina 1%. A diversidade foi considerada muito alta na maioria das amostras (89%) e a equitabilidade esteve acima de 0,5 em 85% das amostras. Quanto à densidade fitoplanctônica os valores variaram de 4.000 Cél.L⁻¹ a 205.000 Cél.L⁻¹. A partir dos resultados e das observações *in situ*, comprovou-se que a criação dos recifes artificiais, na plataforma continental de Pernambuco, quando não influencia diretamente no incremento quali-quantitativo da comunidade fitoplanctônica, permite que uma série de processos ocorram (alteração da direção da corrente, formação de onda estacionária – “ressurgência local” –, revolvimento do fundo, aumento da atividade biológica, excreção animal/vegetal) que vão, consequentemente, proporcionar um cenário ideal para o florescimento das microalgas no local dos naufrágios.

Palavras-chave: Fitoplâncton, Biomassa Fitoplanctônica, Recifes Artificiais, Naufrágios, Mergulho.

ABSTRACT

In May 2006, three tugboats (Mercurius, Saveiros and Taurus) were sunk in the continental shelf of Pernambuco, a project named Artificial Shipwrecks Park of Pernambuco, a joint effort of the Federal University of Pernambuco (UFPE), Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) and University of Pernambuco (UPE) aim to analyze the process of colonization and ecological succession in these environments. The shipwrecks Mercurius and Saveiros, both measuring 29 m in length, are located at a distance of 14.5 km and 13.5 km, respectively, of the port of Recife, in the depth of 30 m, and approximately 800 m distant from each other. In this context, in order to evaluate phytoplankton community in the surround areas of these artificial reefs and check their relationships with the abiotic parameters, a methodology was developed to collect plankton organisms, in which a diver using SCUBA equipment, carried out plankton hauls with a 20 μm mesh size net, 1 m in length and 0.30 m mouth diameter, for 3 minutes, around the wreck and its surroundings (50 m structures). Water samples were also collected with Nansen bottle for the analysis of phytoplankton biomass (chlorophyll a), density and hydrological variables (nitrite, nitrate, phosphate, silicate, pH, salinity). Were also measured *in situ* temperature and water transparency and currents direction. As results, the predominant current direction was towards N-NO, the transparency of the water ranged from 11 to 27 m, the minimum value of suspension materials was 1.73 mg.L^{-1} and the maximum was 12.80 mg.L^{-1} , the average of water temperature was 28.2°C on the surface and 27°C at the bottom; salinity presented an overall average of 36.1 on the surface and 36.36 in the wreck; the concentration of dissolved oxygen in water recorded an average of 4.83 ml.L^{-1} , in the Mercurius, and 4.85 ml.L^{-1} , in the Saveiros; the average of pH for the study period was 8.34, ranging from 7.33 to 8.71; concerning to the salts nutrients, nitrite values ranged from undetectable values to 0.07 μM , nitrate was from undetectable to 1.99 μM , phosphate values ranged from undetectable to 0.92 μM and the concentration of silicate varied from undetectable to 24.18 μM . Regarding to the phytoplankton biomass, chlorophyll a recorded a minimum of 0.47 mg.m^{-3} and a maximum of 5.39 mg.m^{-3} , with an overall average for the first year of the sinking of 1.59 mg.m^{-3} and 2.03 mg.m^{-3} for the second year. The structure of phytoplankton community was represented by 93 taxa, of this total, the division Ochrophyta contributed to 57%, Dinoflagellata 34%, Cyanobacteria 5%, Chlorophyta 3% and Euglenozoa 1%, outranking *Chaetoceros* sp. *Rhizoclonium* sp., *Oscillatoria* sp. *Thichodesmium thiebautii* and *Asterionellopsis glacialis*. According to ecological classification, the species were categorized in oceanic marine planktonic (59%), neritic marine plankton (23%), neritic picoplanktonic (16%) and estuarine 1%. The diversity was considered too high in most samples (89%) and evenness was above 0.5 in 85% of samples. The phytoplankton density values ranged from 4.000 Cél.L^{-1} to 205.000 Cél.L^{-1} . Considering the results and *in situ* observations, it was verified that the creation of artificial reefs on the continental shelf of Pernambuco, when does not influence the qualitative and quantitative growth of the phytoplankton community, it allows the occurrence of a series of processes (change of current direction, stationary wave – “local resurgence” –, revolving sediments at the bottom, increased of biological activity, animal/vegetal excreta, etc.) which will therefore provide the ideal conditions for the development of microalgae at the site of the shipwrecks.

Key Words: Phytoplankton, Phytoplankton Biomass, Artificial Reefs, Shipwrecks, Scuba Dive.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema do procedimento de rebocagem das embarcações Mercurius, Saveiros e Taurus.	20
Figura 02 – As três embarcações sendo rebocadas para seus pontos de afundamentos.	20
Figura 03 – Detalhe do lastro de concreto utilizado para ancorar os navios nos seus pontos de afundamento.	21
Figura 04 – Mapa da área de estudo com a localização dos naufrágios Mercurius e Saveiros.	38
Figura 05 – Rebocadores Mercurius e Saveiros momentos antes de serem afundados.	38
Figura 06 – Esquema de coleta do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos e biológicos nos naufrágios Mercurius e Saveiros.	43
Figura 07 – Mergulhador coletando água com garrafa de Nansen no naufrágio Mercurius.	46
Figura 08 – Mergulhador realizando arrasto para a coleta do fitoplâncton ao redor de naufrágio da costa pernambucana.	48
Figura 09 – Variação mensal da precipitação pluviométrica (mm) ao logo do período estudado registrada na Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional dos Guararapes, Recife-PE.	52
Figura 10 – Direção da corrente registrada no momento da amostragem no entorno do naufrágio Mercúrios, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	53
Figura 11 – Variação temporal da transparência da água (Disco de Secchi), nas adjacências do naufrágio Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	54
Figura 12 – Variação temporal do material particulado em suspensão (mg.L^{-1}) nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	55
Figura 13 – Variação temporal da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	56
Figura 14 – Variação temporal da salinidade, nas adjacências dos naufrágios	57

Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Figura 15 – Variação temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (ml.L^{-1}) na água, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 58

Figura 16 – Variação temporal da taxa de saturação do oxigênio dissolvido (%) na água, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 58

Figura 17 – Variação temporal do potencial Hidrogeniônico (pH), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 59

Figura 18 – Variação temporal do nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 60

Figura 19 – Variação temporal do nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 61

Figura 20 – Variação temporal do fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 62

Figura 21 – Variação temporal do silicato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 63

Figura 22 – Variação temporal da biomassa fitoplanctônica – Clorofila *a* – (mg.m^{-3}), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 65

Figura 23 – Distribuição percentual, por Divisão, do número de táxons do microfitoplâncton identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 65

Figura 24 – Variação temporal da riqueza taxonômica do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 67

Figura 25 – Variação da riqueza taxonômica, por Divisão, do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 67

Figura 26 – Variação temporal do número de táxons do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios 68

e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Figura 27 – Variação sazonal da riqueza taxonômica, por Divisão, do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 70

Figura 28. Variação sazonal da riqueza taxonômica, por Divisão e por Naufrágio do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 70

Figura 29 – Distribuição percentual dos táxons, baseada na classificação ecológica das espécies, identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 73

Figura 30 – Abundância relativa (%) de *Chaetoceros* sp. registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 74

Figura 31 – Abundância relativa (%) de *Rhizoclonium* sp. registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 75

Figura 32 – Abundância relativa (%) de *Oscillatoria* sp. registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 76

Figura 33 – Abundância relativa (%) de *Trichodesmium thiebautii* registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 77

Figura 34 – Abundância relativa (%) de *Asterionellopsis glacialis* registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 78

Figura 35 – Distribuição percentual das categorias de frequência de ocorrência dos táxons do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 79

Figura 36 – Variação da diversidade específica (bits.cel.⁻¹) do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 80

Figura 37 – Variação da equitabilidade (bits.cel.⁻¹) do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 81

Figura 38 – Dendrograma da associação dos táxons identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	82
Figura 39 – Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais, hidrológicas e biológicas coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	83
Figura 40 – Densidade fitoplanctônica total (Cél.L ⁻¹) dos táxons identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	84
Figura 41 – Distribuição percentual, por Divisão, do número de táxons identificados nas amostras de garrafa coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	85
Figura 42 – Estrutura do naufrágio Mercurius 24 horas após o afundamento (imagem à esquerda) e seis meses após o afundamento (imagem à direita) , Brasil.	87
Figura 43 – Estrutura do naufrágio Saveiros 24 horas após o afundamento (imagem à esquerda) e seis meses após o afundamento (imagem à direita).	88
Figura 44 – Cardumes de peixes que costumam habitar as adjacências dos recifes artificiais, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	89
Figura 45 – Colônias de <i>Trichodesmium thiebautii</i> encontradas nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	97
Figura 46 – Modelo dos diversos fatores e processos que atuam para desencadear o incremento da comunidade fitoplanctônica junto aos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.	104

LISTA DE TABELAS

- Tabela 01 – Ecologia das espécies identificadas nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 69
- Tabela 02 – Coeficientes da Análise de Componentes Principais e sua correlação (**negrito**) com as variáveis ambientais, hidrológicas e biológicas nas adjacências dos naufrágios Mercurios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. 81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
OBJETIVOS	23
HIPÓTESE	23
2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS ESTUDOS SOBRE RECIFES ARTIFICIAIS EM PERNAMBUCO	24
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
4 DESCRIÇÃO DA ÁREA	38
4.1 Caracterização do Meio Físico da Plataforma Continental de Pernambuco	39
4.2 Caracterização do Meio Biológico da Plataforma Continental de Pernambuco	40
5 MATERIAL E MÉTODOS	42
5.1 Parâmetros Abióticos	43
5.1.1 Precipitação Pluviométrica	43
5.1.2 Direção da Corrente	43
5.2 Parâmetros Hidrológicos	44
5.2.1 Transparência da água	44
5.2.2 Potencial hidrogeniônico	44
5.2.3 Temperatura da água	44
5.2.4 Salinidade	44
5.2.5 Material particulado em suspensão	44
5.2.6 Oxigênio Dissolvido (ml.L^{-1}) e Taxa de Saturação (%)	45
5.2.7 Nutrientes Dissolvidos	45
5.3 Parâmetros Biológicos	45
5.3.1 Biomassa Fitoplanctônica	45
5.3.2 Composição do Fitoplâncton	47
5.3.3 Densidade Fitoplanctônica – Fito Total (Cel.L^{-1})	48
5.4 Análise numérica dos dados	48
5.4.1 Abundância relativa	48

5.4.2	Frequência de ocorrência	49
5.4.3	Índice de diversidade específica e equitabilidade	49
5.5	Análise Multivariada	50
5.5.1	Associação dos táxons	50
5.5.2	Análise de Componentes Principais	50
5.6	Tratamento Estatístico	51
5.6.1	Análise de Variância (Kruskal-Wallis)	51
5.7	Normalização do Texto	51
6	RESULTADOS	52
6.1	Parâmetros Abióticos	52
6.1.1	Dados Climatológicos	52
6.1.1.1	Precipitação Pluviométrica (mm)	53
6.1.1.2	Direção da Corrente	53
6.1.2	Dados Hidrológicos	54
6.1.2.1	Transparência da Água (m)	54
6.1.2.2	Material Particulado em Suspensão (mg.L^{-1})	54
6.1.2.3	Temperatura da Água ($^{\circ}\text{C}$)	55
6.1.2.4	Salinidade	56
6.1.2.5	Oxigênio Dissolvido (mL.L^{-1}) e Taxa de saturação do Oxigênio (%)	57
6.1.2.6	Potencial Hidrogeniônico (pH)	59
6.1.2.7	Nutrientes Dissolvidos	60
6.1.2.7.1	Nitrito ($\text{NO}_2^- \text{ N}$)	60
6.1.2.7.2	Nitrato ($\text{NO}_3^- \text{ N}$)	61
6.1.2.7.3	Fosfato ($\text{PO}_4^- \text{ P}$)	62
6.1.2.7.4	Silicato ($\text{SiO}_2\text{-Si}$)	62
6.2	Parâmetros Biológicos	64
6.2.1	Biomassa Fitoplanctônica (mg.m^{-3})	64
6.2.2	Composição Florística	65

6.2.3 Riqueza e Distribuição Taxonômica	66
6.2.2.1. Caracterização Espacial	69
6.2.2.2. Caracterização Sazonal	69
6.2.3 Característica Ecológica da Flora	68
6.3 Tratamento Numérico dos dados	70
6.3.1. Abundância Relativa dos Táxons	70
6.4.2. Frequência de Ocorrência	75
6.3.2 Diversidade Específica	77
6.3.3 Equitabilidade	78
6.3.4 Análise Multivariada	79
6.3.4.1 Análise das amostras	79
6.3.4.2 Análise de Componentes Principais	80
6.4 Aspectos Quantitativos	82
6.4.1 Fitoplâncton de Garrafa – Densidade fitoplanctônica (Cel.L ⁻¹)	82
7 DISCUSSÃO	86
8 CONCLUSÕES	105
9 RECOMENDAÇÕES	106
10 REFERÊNCIAS	108
APÊNDICE	129

1 INTRODUÇÃO

O afundamento de embarcações descomissionadas para a criação de recifes artificiais cresceu globalmente nas últimas décadas (SEAMAN; SEAMAN, 2000). Em Pernambuco, a primeira embarcação afundada intencionalmente para criar um recife artificial foi um navio rebocador (Marte), em 1998, no litoral de Ipojuca. Desde então, mais nove navios (contando Mercurius, Saveiros e Taurus) tiveram o mesmo destino, visando, principalmente, a criação de novos pontos de mergulho na costa, além da realização de pesquisas científicas. Ocorre que com alguns meses no fundo do mar, os navios afundados se revestem de uma variedade de organismos marinhos, desde algas a crustáceos, atraindo peixes pequenos que, por sua vez, atraem maiores predadores (GROSSMAN et al., 1997; BOHNSACK et al., 1997; CLAUDET; PELLETIER, 2004). A rica vida marinha associada aos naufrágios, bem como sua beleza e aura misteriosa que inspiram a imaginação humana, tornam esses ambientes um local perfeito para o mergulho. Sendo o estado costeiro brasileiro com o maior número de naufrágios, ainda com suas águas mornas e transparentes por quase todo ano, o afundamento desses navios tem ajudado a fortalecer ainda mais a vocação natural de Pernambuco para o mergulho e o ecoturismo.

Neste contexto, a Associação das Empresas de Mergulho do estado, juntamente com as duas universidades federais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco e Universidade de Pernambuco decidiram liderar um projeto para afundar três rebocadores descomissionados, Mercurius, Saveiros e Taurus, sob condições controladas. Antes do afundamento, os navios passaram por uma preparação cuidadosa, que seguiu rigorosamente as orientações contidas na regra da Marinha do Brasil NORMAM-07 (DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS, 1998), bem como aquelas compiladas pela Gulf States Marine Comissão de Pescas, dos Estados Unidos da América (USFWS, 1997). O principal objetivo científico era criar oportunidades para estudar o processo de colonização dessas estruturas desde o começo, ajudando, ao mesmo tempo, a fomentar a indústria do turismo subaquático, através da criação de novas alternativas de mergulho.

O projeto de pesquisa foi concebido de forma multidisciplinar, a fim de abranger as diferentes áreas da oceanografia, incluindo seus aspectos físico (correntes), químico (hidrologia), geológico (morfologia e sedimentos) e biológico (produtores primários e colonização e sucessão da ictiofauna). A equipe científica foi composta por sete doutores, seis mestres e quatro estudantes de graduação, pertencentes a ambas as universidades mencionadas, incluindo biólogos, engenheiros de pesca, oceanógrafos, gestores ambientais, bem como mergulhadores.

A fim de obter autorização para afundar os navios, de autoridades ambientais federais e estaduais, respectivamente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos

Naturais Renováveis (IBAMA) e Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), bem como da Marinha do Brasil, foi elaborado um Estudo Ambiental Simplificado – EAS, em conformidade com as Resoluções 001/86 e 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além de incluir uma avaliação completa dos locais de afundando, o estudo também propôs as medidas de mitigação necessárias para minimizar os possíveis impactos ambientais negativos resultantes do projeto.

O EAS baseou suas conclusões na análise de dados abióticos e bióticos, obtidos através de amostras de água e sedimentos, bem como de registros fotográficos, coletados em cinco diferentes locais da plataforma continental. Os pontos escolhidos ficaram localizados a aproximadamente 14 e 13 km da costa, entre as isóbatas de 30 m, sendo assim definidos mediante a conjunção de vários fatores, incluindo: distância de recifes naturais submersos (prioridade para área com substrato arenoso), tráfego marítimo (profundidade superior a 20 m para evitar acidentes com embarcações), proximidade do Porto do Recife (de forma a facilitar as operações de pesquisas e turismo), etc.

Com todas as liberações dadas pelos órgãos ambientais, no dia 03 de maio de 2006, os três navios foram afundados, numa radial em frente ao Porto do Recife, com uma ampla cobertura da imprensa local e nacional. Os rebocadores Mercurius e Saveiros foram colocados na mesma profundidade, a uma distância de aproximadamente 900m um do outro, ficando o Saveiros aberto para mergulho recreativo e o Mercurius fechado por um período de um ano para a realização de pesquisas. Esta estratégia foi proposta, a fim de permitir uma estimativa do impacto da presença do mergulhador sobre o processo de colonização, mais especificamente, sobre a ictiofauna e ocorrência de grandes predadores perto de estruturas.

Afundamento

Para o procedimento de rebocagem do porto ao local afundando, as embarcações foram amarradas conjuntamente, popa à proa, em linha, distando 30 m uma da outra (Figura 1 e 2). No momento em que o último navio da linha chegava ao seu lugar de afundamento, ele era desligado dos outros e imediatamente ancorado, para se certificar de que não iria se afastar da posição originalmente planejada. Depois disso, todas as válvulas de fundo eram inteiramente abertas para deixá-lo afundar, num processo que demorou cerca de 15 minutos. Ao todo, o processo de afundamento dos três rebocadores, levou seis horas, sem qualquer incidente registrado (Figura 3). Imediatamente após os navios serem afundados, a posição geográfica exata foi gravado por um GPS, e uma equipe de mergulho foi enviada para fazer o registro fotográfico e audiovisual do naufrágio. Todos os três navios ficaram em uma posição reta no fundo do mar, de pé sobre as suas quilhas.

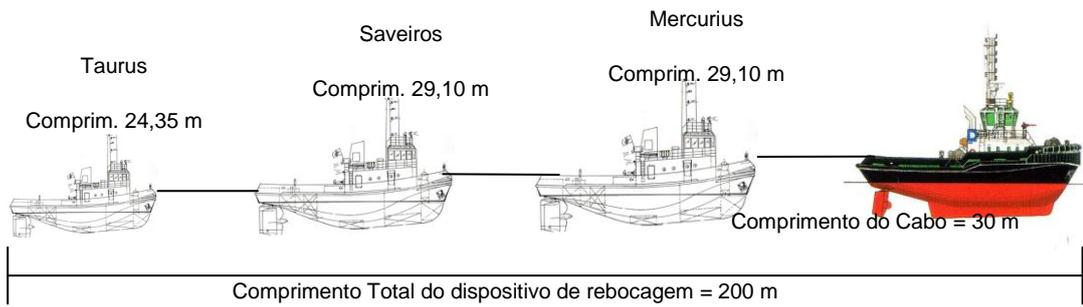


Figura 01 – Esquema do procedimento de rebocagem das embarcações Mercurius, Saveiros e Taurus.



Figura 02 – As três embarcações sendo rebocadas para seus pontos de afundamentos.

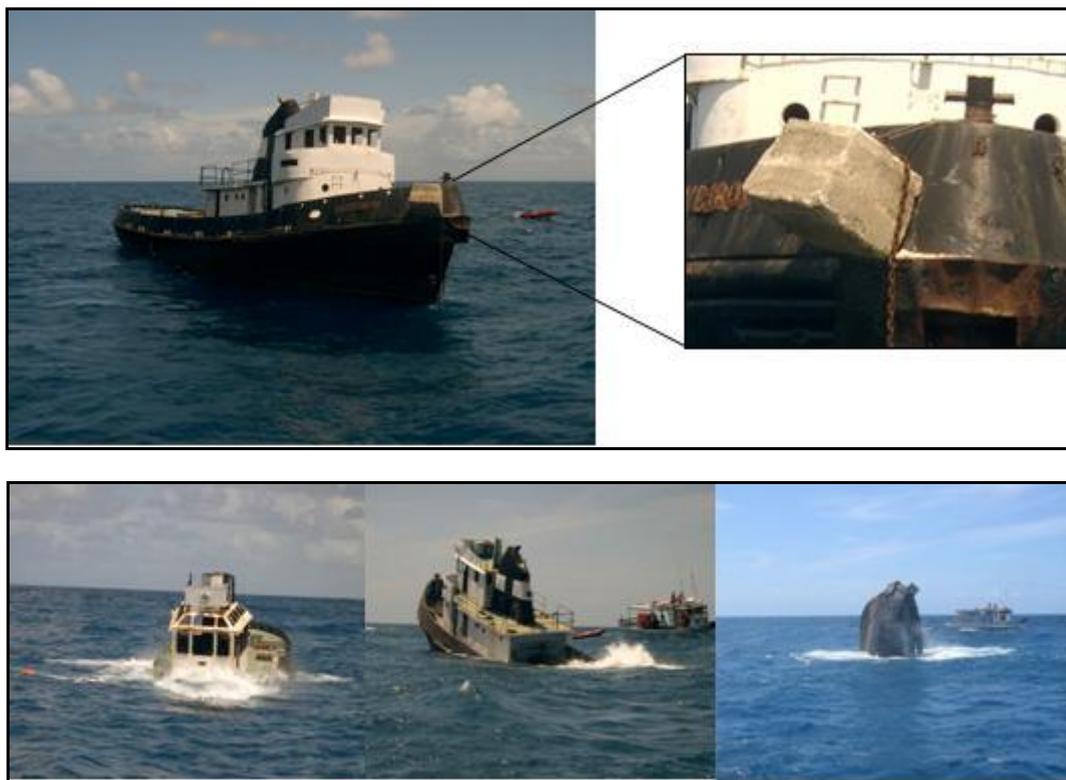


Figura 03 – Detalhe do lastro de concreto utilizado para ancorar os navios nos seus pontos de afundamento.

À vista desse cenário global, há um aquecido debate em curso no meio científico se os recifes artificiais podem servir como uma ferramenta para aumentar a produtividade dos ecossistemas marinhos costeiros (SEAMAN; SEAMAN, 2000; ALENCAR et al., 2003) ou se eles, simplesmente, agem como dispositivos de concentração de peixes, portanto, agravando o esforço de pesca sobre populações de peixes comercialmente importantes já em estado de sobrepesca (BOHNSACK, 1989; POLOVINA, 1991; MUNRO; BALGO, 1995). No caso do estado de Pernambuco, no entanto, devido a uma particularidade legal que proíbe a pesca em torno de naufrágios (Lei 23.394/2001), quer seja ele acidental ou proposital, tal debate é, em grande medida, resolvido, restando apenas discussão sobre a capacidade real das autoridades oficiais para cumprir devidamente essa proibição.

Vale ressaltar que o código de conduta da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) para pesca responsável, no seu artigo 8.11.1, claramente recomenda que estados desenvolvam políticas e ações no sentido de incrementar os estoques pesqueiros e melhorar as possibilidades de pesca, através do uso de estruturas artificiais, colocados com a devida atenção a segurança da navegação (FAO, 1995). Da mesma forma, o IBAMA publicou, em 18 de outubro de 2006, a Instrução Normativa nº 125, estabelecendo novos procedimentos para a criação de recifes artificiais na costa brasileira (IBAMA, 2006). Portanto, o quadro legal atualmente existente, tanto em nível internacional e

nacional, fornece uma boa orientação para a implementação e desenvolvimento de iniciativas de criação de recifes artificiais no Brasil. E, assim, expectativa do presente trabalho de pesquisa, é gerar dados que possam aumentar o conhecimento atual sobre os aspectos biológicos e oceanográficos da utilização de navios descomissionados como recifes artificiais, a fim de ajudar a construção de uma política cada vez mais adequada a respeito do tema.

OBJETIVOS

Geral

Estudar a estrutura da comunidade fitoplanctônica nas adjacências dos recifes artificiais (Mercurius e Saveiros) da plataforma continental de Pernambuco.

Específicos

- Identificar quali-quantitativamente os componentes das comunidades fitoplanctônica do entorno dos dois naufrágios;
- caracterizar as espécies identificadas de acordo com seus padrões ecológicos, densidade, abundância relativa e frequência de ocorrência;
- definir a estrutura ecológica das comunidades fitoplanctônica através do índice de diversidade e equitabilidade;
- determinar a variação espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) no entorno dos naufrágios;
- caracterizar o ecossistema local através da coleta de dados abióticos (salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, sais nutrientes, material particulado em suspensão, transparência da água e direção das correntes) além da variável climatológica (pluviometria) que incide na região costeira de Pernambuco.
- avaliar a eficiência do método de coleta do fitoplâncton ao redor dos recifes artificiais utilizando o equipamento de mergulho SCUBA.

HIPÓTESE

H_0 - A criação de recifes artificiais é uma alternativa para incrementar a biomassa em áreas de plataforma continental, interferindo na comunidade fitoplanctônica.

H_1 - A criação de recifes artificiais não tem implicações diretas na comunidade fitoplanctônica.

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS ESTUDOS SOBRE RECIFES ARTIFICIAIS EM PERNAMBUCO

Projeto “Tuna” (Brasil) – CURSO de Construção de Atratores para Pescadores.

A primeira experiência de utilização de atratores artificiais de superfície foi desenvolvida pelo Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste (CEPENE), no estado de Pernambuco, no período de 1989 a 1991. O projeto, intitulado “Projeto Tuna”, obteve resultados satisfatórios em relação à concentração de peixes pelágicos, com o acréscimo nos índices de captura por embarcação de 30 a 50% (CEPENE, 1992).

Zonação de Organismos Bentônicos com Atenção Especial à Cnidofauna do Naufrágio Servemar X, Recife-PE.

O levantamento da cnidofauna do Servemar X foi realizado por Amaral et al. (2004) com o intuito de determinar a porcentagem de cobertura desses organismos no naufrágio no período de setembro de 2002 a novembro de 2003. Os resultados mostraram que a cnidofauna estava representada por Hydrozoa: Hydroida do gênero *Sertularella*; e Anthozoa: Telestacea - *Carijoa riseii*, que ocorria em abundância, formando grandes colônias espalhadas ao longo de toda a extensão do naufrágio. A porcentagem de cobertura do naufrágio para bombordo era prioritariamente de algas filamentosas (31%) que formavam um biofilme, seguidas por Cirripedia (15%), Polychaeta (12%). Hydroida e Telestacea recobriam respectivamente 5% e 2% e Porifera 10%. Briozoários, algas calcárias, ascídias coloniais e solitárias somaram 25% da cobertura do naufrágio. Para estibordo, as pesquisadoras notaram uma inversão dos percentuais de cobertura, ou seja, Telestacea passou a ser o grupo mais expressivo com 21%, fato que pareceu estar ligado ao sombreamento provocado pela inclinação do naufrágio. Na sequência vinha Bryozoa (19%) e algas calcárias (11,5%).

Biomassa Perifítica e Hidrologia do Vapor Pirapama, Naufragado na Plataforma Continental de Recife, Pernambuco.

Macedo (2005), em seu trabalho de dissertação de mestrado, realizou coletas, ao longo de um ano, de parâmetros abióticos e amostras do substrato colonizado para análise de clorofila *a* do naufrágio Pirapama. Em termos quantitativos, a autora verificou que clorofila *a* variou entre 0,904 mg.cm⁻² (bombordo interna) e 0,012 mg.cm⁻² (boreste interna), que os menores valores de biomassa perifítica coincidiram com os menores valores de

transparência, medida através do disco de Secchi, no período chuvoso, comprovando que o intensificado aporte fluvial do rio Capibaribe alcança o Pirapama e influencia sazonalmente a qualidade da água circundante. De acordo com suas conclusões, os maiores valores de clorofila *a*, no período de estiagem, estiveram relacionados não só ao aumento da transparência, mas com a alta concentração de nutrientes, pois o ambiente foi classificado como eutrófico durante todo o ano.

Estudo Socioambiental dos Naufrágios da Plataforma Continental de Pernambuco – Brasil: Contribuição para a Formulação de Políticas Ambientais e Manejo de Recifes Artificiais Marinhos na Costa do estado de Pernambuco.

Este trabalho de dissertação de mestrado realizado por Santos (2006) procurou em estudar as interações entre os usuários dos naufrágios (mergulhadores e pescadores) enfocando as políticas ambientais sobre o assunto, e no aspecto biológico, avaliou a composição fitoplanctônica e sua biomassa relacionada com parâmetros abióticos, como indicador da qualidade ambiental de dois naufrágios da plataforma continental de Pernambuco, Servemar-I e Servemar-X. Os resultados da pesquisa social evidenciaram o conflito de interesses entre os usuários dos naufrágios: por parte dos pescadores, mesmo com a proibição regulamentada pelo Decreto, esses continuam praticando a pesca nos naufrágios; e os mergulhadores e operadoras, livres para usufruir dos recifes artificiais, em grande parte, ainda demonstram carecer de uma conscientização ambiental e de um ordenamento quanto à visitação das áreas. No aspecto biológico a análise da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) evidenciou o caráter mesotrófico da área onde se encontram os naufrágios. Já a diversidade específica foi considerada alta, com os táxons bem distribuídos, sobressaindo a espécie *Trichodesmium thiebautii* (Gomont).

Identificação Arqueológica de um Naufrágio Localizado no Lamarão Externo do Porto do Recife – PE, Brasil.

A dissertação de mestrado de Souza (2007), visou estudar um naufrágio localizado próximo ao canal sul de acesso ao Porto do Recife, numa profundidade de 12m, procurando, ainda, descobrir a causa do seu afundamento. Nos levantamentos subaquáticos do sítio arqueológico foram tiradas fotografias e produzido um filme, além de serem coletados vestígios de superfície, com o propósito de classificar o espaço temporal do naufrágio. As análises do material coletado, do filme e das fotos permitiram concluir que o naufrágio ocorreu entre 1750 e 1850. De posse desses dados primários, o autor fez uma pesquisa que identificou um universo de 15 embarcações naufragadas, das mais variadas

nacionalidades, empregos e tamanhos. Foram feitas pesquisas sobre as causas dos naufrágios, a topografia do fundo marinho adjacente ao Porto, as correntes e ventos predominantes ao longo do ano, o tipo de sedimento que ocorre na área do sítio arqueológico, sobre o fouling que se instala e modifica um naufrágio etc. O trabalho de campo consistiu em levantamentos e confecção de uma carta batimétrica da área, coleta pontual de sedimentos, coleta de vestígios pela técnica de varredura semicircular, além de medições perpendiculares e de linhas dimensionais, desenhos subaquáticos do sítio arqueológico em pranchetas de PVC e prospecção de duas quadrículas. Concluiu-se, ao final, que a causa do naufrágio foi um incêndio a bordo, entretanto não se obteve elementos capazes de apontar com convicção o nome da embarcação.

Ninhos e Comportamento de Guarda do Peixe *Abudefduf saxatilis* em Naufrágios Recentes (Recife - PE).

Este estudo de Maranhão et al. (2008) apresenta dados sobre parte do comportamento reprodutivo de indivíduos de *Abudefduf saxatilis* nos rebocadores Mercurius, Saveiros e Taurus. Também foram feitas observações acerca do comportamento de guarda de *A. saxatilis*, contando-se e anotando-se a localização das várias desovas da espécie, em média, 23 ninhos por naufrágio. Os autores observaram a guarda e o cuidado de um mesmo ninho por mais de um indivíduo, assim como interações não-agressivas entre indivíduos de *A. saxatilis* e outras espécies, ambos considerados comportamentos incomuns para a espécie. Na maioria dos casos registrados, o comportamento de proteção da desova estava sendo exercido por um único indivíduo por ninho, de coloração cinza-azulada, em postura de constante vigilância. Eles realizavam vigilância em torno dos ninhos, contínuos, rápidos e/ou lentos. Quando havia aproximação de possíveis predadores, o sabere imediatamente perseguia-o até que o invasor estivesse a uma distância segura para o ninho (em média 50cm).

Análise Preliminar da Colonização Ictiofaunística em dois Naufrágios na Costa de Recife (PE) – Brasil.

O estudo desenvolvido por Coxey et al. (2008) categorizou, através de análises de clusters, as espécies que se encontram ligadas ao recife, mas que não se escondem quando na presença de mergulhadores (e.g. Haemulídeos e Lutjanídeos – tipo B), espécies que possuem uma grande dependência do seu território/habitat, mas que rapidamente podem se esconder em buracos e pequenas fendas (e.g. *Stegastes* spp. e gobídeos – tipo A), ou espécies que se afastam do naufrágio devido à sua elevada mobilidade (e.g.

Aetobatus narinari e *Rachycentron canadum* – tipo C) e são mais difíceis de serem detectadas e contabilizadas.

Avaliação do Impacto do Turismo Subaquático Sobre a Ictiofauna dos Naufrágios Mercurius e Saveiros (Recife-PE).

Maranhão e Araújo (2008) analisaram dados de censo visual, obtidos a partir de mergulhos autônomos, ao longo de um ano, nos naufrágios Mercurius e Saveiros. Para avaliar a influência do ecoturismo nos naufrágios, os pesquisadores anotaram dados acerca do número de pessoas que visitaram o naufrágio Saveiros, conforme duas operadoras de mergulho de Recife e Olinda. Assim, entre julho de 2006 a maio de 2007, o naufrágio Saveiros recebeu um total de 314 mergulhadores, com média mensal de 28, registrando-se um máximo de 46 mergulhadores em julho, outubro e dezembro, e um mínimo de 9 em novembro. Após observar grande semelhança nos índices de diversidade de Shannon e de Equitabilidade encontrados nos dois naufrágios, os autores concluíram que a presença de mergulhadores não causa impacto significativo sobre a ictiofauna desses recifes artificiais. No entanto, eles registraram que a amarração dos barcos de turismo pode acelerar o processo de destruição dos naufrágios. Eles ressaltam a importância da continuidade da educação ambiental e conscientização da comunidade civil a respeito da importância dos recifes artificiais.

Bioincrustantes de um Naufrágio Artificial de Pernambuco.

Em outro estudo que teve como objetivo inventariar a epifauna macrobentônica sésil e sedentária do Naufrágio Servemar X, Lira et al. (2008) identificaram 40 taxa pertencentes aos filos Granuloreticulosa, Porifera, Cnidaria, Annelida, Mollusca, Crustacea, Bryozoa, Echinodermata e Protochordata, sendo 26 novas ocorrências para o estado. O destaque foi a Classe Cirripedia por haver ampliação batimétrica para a espécie *Newmanella radiata*. Os pesquisadores observaram também algumas peculiaridades na distribuição espacial de alguns organismos no local, que se distribuíam visualmente em zonas.

The Creation of a Shipwreck Park off the Coast of Pernambuco (Brazil).

Esta nota científica publicada por Santos et al. (2008) na Revista Brasileira de Engenharia de Pesca teve como objetivo principal descrever os procedimentos de afundamento de três embarcações (Mercurius, Saveiros e Taurus), na costa de

Pernambuco, e, conseqüentemente, a criação de um parque de naufrágios com a finalidade de incentivar as atividades de mergulho no estado e desenvolver pesquisas científicas.

Recifes Artificiais Marinhos: Modelos e Utilizações no Brasil e no Mundo.

Este trabalho de Santos e Passavante (2009) se propôs a analisar os diversos tipos de estruturas utilizadas atualmente na criação de recifes artificiais marinhos e seus distintos propósitos, enfocando aspectos de ordem ambiental, social e econômica. Nele, a bibliografia disponível sobre o assunto é avaliada, ao mesmo tempo em que se analisou o sucesso obtido quanto ao aumento da produtividade pesqueira nas localidades onde os recifes artificiais foram implantados. Conforme mostram os autores, a prática de afundar estruturas sólidas em ambiente marinho para criação de recifes artificiais vem sendo desenvolvida em vários países do mundo visando, entre outros aspectos, à recuperação de áreas degradadas na zona costeira, o incremento do turismo subaquático, a possibilidade de suprir parte da perda do estoque pesqueiro, e o desenvolvimento de pesquisas científicas.

Procedimentos e Normas para Gestão de um Mergulho Sustentável Fundamentado em Educação Ambiental.

O objetivo central da dissertação de mestrado em Gestão Ambiental de Galamba (2010) foi estudar as interações entre os usuários dos naufrágios (mergulhadores) envolvendo também as Operadoras de Mergulho de Recife. O trabalho envolveu ferramentas da Educação Ambiental, com aulas práticas e teóricas, aplicação de questionários e levantamento histórico dos naufrágios. O Aspecto biológico da pesquisa teve a participação dos mergulhadores que fizeram comparações de registros anteriores com a prospecção biológica realizada por eles próprios em dois naufrágios. A pesquisa apontou os naufrágios como bons indicadores de qualidade ambiental, como também de identificou impactos antrópicos negativos nas embarcações afundadas. Ao final, o trabalho foi encaminhado ao Ministério Público do Estado de Pernambuco para análise da viabilidade de se transformar alguns naufrágios em Área de Proteção Ambiental (APA).

Estudo Qualitativo de Sucessão da Fauna Incrustante sobre Recifes Artificiais em área sob Influência de Usina Termoelétrica em Pernambuco, Brasil.

Este trabalho científico conduzido por Fernandes et al. (2009/2010) fez parte do projeto de estudos de implantação de sistemas de recifes artificiais em áreas costeiras com influência de Usina Termoelétrica de Pernambuco. Nele, foram mostrados os resultados do

levantamento e acompanhamento dos primeiros estágios de sucessão ecológica de organismos incrustantes da região de Suape. Como resultado propriamente dito, os pesquisadores verificaram algas filamentosas como colonizadoras primária, sendo substituídas por colônias de octocorais e hidrozoários. Durante o processo sucessório, outros grupos de organismos como briozoários, cracas e ascídias coloniais foram identificadas ocupando os espaços disponíveis, sem, contudo haver substituição completa de um grupo por outro. Os autores concluíram que ambiente costeiro de Suape era, na época, uma área rica e equilibrada, com condições de respostas imediatas ao processo de instalação de recifes artificiais como medida de compensação ambiental, para a região do Complexo Industrial Portuário de Suape.

Benthic Macrofauna Inventory of Two Shipwrecks From Pernambuco Coast, Northeastern of Brazil.

O estudo de Amaral et al. (2009/2010) objetivou inventariar a fauna de macroinvertebrados sésseis e sedentários dos naufrágios Servemar X e Vapor de Baixo. No total, foram registradas 57 taxas, sendo que 41 espécies foram encontradas no Naufrágio Vapor de Baixo e 29 no Servemar X. A macrofauna bêntica se distribuiu em oito filos: Porifera (Demospongiae), Cnidaria (Hydrozoa e Anthozoa), Mollusca (Bivalvia e Gastropoda), Annelida (Polychaeta), Arthropoda (Cirripedia), Bryozoa (Cheilostomata), Echinodermata (Asteroidea e Echinoidea) e Chordata (Ascidiacea). Apenas 34,6% das espécies foram comuns a ambos os naufrágios. Os autores concluíram que a quantidade de taxa registrada por filos nos naufrágios foi considerada compatível quando comparada com a de outros naufrágios localizados em outras partes do litoral brasileiro. Interessante notar que este estudo registrou a ocorrência de oito novas espécies para o estado de Pernambuco. Por fim, os pesquisadores consideram que a presença de recifes artificiais, representados por naufrágios, em águas rasas de Pernambuco, pode contribuir para o sucesso no assentamento das larvas que eram previamente perdidas devido à escassez de substratos apropriados para sua fixação.

Recifes Artificiais, Mergulho e Pesca Artesanal: Alguns Aspectos do Conflito na Costa de Pernambuco – Brasil.

O artigo científico publicado por Santos et al. (2010a) mostrou as interações entre os dois grupos usuários dos recifes artificiais de Pernambuco (mergulhadores e pescadores artesanais), enfocando as políticas ambientais sobre o tema. Para a realização do trabalho foram entrevistados 53 mergulhadores em operadoras de mergulho e 41 pescadores em

duas comunidades pesqueiras da Região Metropolitana do Recife. Os resultados evidenciaram o conflito de interesses entre os grupos, indo de encontro com o objetivo principal do Decreto Estadual nº 23.394/01 que visa proteger e preservar os naufrágios. Por parte dos pescadores, mesmo com a proibição regulamentada, esses continuam praticando a pesca nos naufrágios; e os mergulhadores, embora livres para usufruir dos recifes artificiais, uma parcela significativa, ainda demonstra carecer de uma conscientização ambiental e de um ordenamento quanto à visitação das áreas. Os autores concluem, a partir da análise de como vem sendo utilizados os naufrágios de Pernambuco, que a legislação em vigor não vem alcançando êxito no que tange a real proteção dos ambientes. Mais ainda, observam que exclusão dos pescadores artesanais do processo de criação e utilização dos recifes artificiais não vem significando o sucesso na conservação desses ambientes. Como alternativa, propõem que é necessário incentivar ações que visem conhecer e proteger esses ambientes, porém, sobretudo, que se compatibilize os interesses dos diversos grupos sociais, o que entendem ser imprescindível para que políticas voltadas para o desenvolvimento sustentável e equitativo tenham sucesso.

Caracterização Sedimentológica da Área de Fundeio de dois Naufrágios na Plataforma Continental Pernambucana.

O trabalho realizado por Costa et al. (2010) baseou-se em mergulho autônomo para auxiliar na coleta de sedimento no entorno dos naufrágios Mercurius e Saveiro, o que, de acordo com as autoras, mostrou-se eficaz por ser pontual e não sofrer deriva, permitindo que a amostragem ocorresse sempre em locais idênticos. Os resultados obtidos mostraram que no entorno do Mercurius (bombordo e boreste) a granulometria apresentou, durante todo o período examinado, uma distribuição bimodal, com altas frequências das frações areia e cascalho biodetrítico. Já a boreste de Saveiros, o sedimento mais frequente foi classificado como areia fina, existindo pouco cascalho, enquanto que a bombordo do mesmo naufrágio, foram verificadas variações significativas durante os meses, sugerindo uma tendência de diminuição da quantidade de cascalho entre os meses de agosto (34,36%) a dezembro (2,75%), o que pode indicar a formação de uma zona de sombra no local.

Sessile and Sedentary Macrofauna from the Pirapama Shipwreck, Pernambuco, Brazil.

A biodiversidade zoobentônica do Naufrágio Pirapama foi estudada por Lira et al. (2010), sendo registrado um total de 76 táxons, pertencentes aos seguintes filos: Porifera (Demospongiae e Calcarea), Cnidaria (Hydrozoa e Anthozoa), Mollusca (Bivalvia e

Gastropoda), Annelida (Polychaeta), Arthropoda (Cirripedia), Bryozoa (Gymnolaemata), Echinodermata (Asteroidea e Echinoidea), e Chordata (Ascidacea). A maior quantidade de espécies foi de Porifera e Bryozoa, com 13 espécies listadas para cada um. Onze novas ocorrências foram catalogadas para o estado de Pernambuco; o hidróide *Halopteris polymorpha* e dez espécies de briozoários, uma delas sendo o primeiro registro para o Brasil (*Scrupocellaria curacaoensis*).

Afundamento dos Naufrágios Mercurius, Saveiros e Tauros, Caracterização e Comportamento de Simbiose Alimentar da Ictiofauna na Plataforma de Pernambuco – Brasil.

Esta pesquisa, tema da tese de doutorado de Fischer (2010), abordou o processo de colonização nos naufrágios Mercurius, Saveiros e Tauros desde o seu afundamento, através do registro das espécies de peixes presentes nas suas adjacências. No total a pesquisadora contabilizou 97 espécies, pertencentes a 70 gêneros e 42 famílias. As curvas cumulativas revelaram que a partir do décimo mês de monitoramento os três naufrágios apresentavam, aproximadamente, o mesmo número de espécies (Taurus = 66, Saveiros = 68 e Mercurius = 69). A família mais representativa no total foi a Labridae com nove espécies. A abundância absoluta foi de 80.509 indivíduos para os três naufrágios estudados. Do total de espécies registradas (97 indivíduos), 59 foram comuns aos três naufrágios. Do primeiro para o segundo ano, os três naufrágios apresentaram um decréscimo quanto à sua diversidade biológica e equitabilidade, com maiores valores para: Mercurius ($H'=2,91$ e $J'=0,83$), Saveiros ($H'=2,93$ e $J'=0,84$) e Taurus ($H'=2,67$ e $J'=0,77$). Em relação à estrutura trófica, os naufrágios apresentaram uma distribuição relativa entre as classes tróficas, estando os planctívoros e comedores de invertebrados móveis entre os mais abundantes, seguido dos omnívoros e carnívoros. A autora conclui que os naufrágios funcionam ecologicamente de forma muito parecida com os recifes naturais, sem afetarem a composição da estrutura trófica.

Arqueologia Subaquática: Identificação das Causas de Naufrágios nos Séculos XIX e XX na Costa de Pernambuco.

A Tese de doutorado de Souza (2010) versa sobre uma nova metodologia aplicada na arqueologia subaquática, especificamente em naufrágios, em que em um único mergulho, dependendo das condições ambientais e do suporte técnico, o arqueólogo possa coletar até 37 dados sobre um naufrágio. A metodologia dinamiza e padroniza as informações de um sítio arqueológico subaquático, o qual contempla desde o tipo de

ambiente do sítio, as características geológicas e hidrometeorológicas, considerando também dados sobre cronologia, porte, estado, material construtivo, particularidades dimensionais, aparelhos e acessórios, tipologia e possíveis fatores causadores do afundamento da embarcação. A metodologia criada pelo autor foi aplicada em três cascos desconhecidos naufragados na costa de Pernambuco, tendo sido possível descobrir o nome das embarcações, o fator causador de um naufrágio, além de determinar os fatores causadores dos outros dois, e ainda confirmar o nome de um e de sugerir o nome de outro.

Estudo de Hidróides em Naufrágios da Costa de Pernambuco.

Ao todo, cinco naufrágios da região costeira do estado de Pernambuco foram estudados por Cavalcante et al. (2010): Pirapama, Saveiros, Servemar X, Taurus, Vapor de Baixo e Walsa. O pesquisador identificou um total de 17 espécies, distribuídas em duas subclasses (Anthothecata e Leptothecata) e sete famílias (Eudendriidae, Hallecidae, Plumulariidae, Aglaopheniidae, Halopterididae, Sertulariidae e Campanulariidae). As espécies de maior representatividade foram as da família Sertulariidae, com cinco espécies (*Dynamena disticha*, *Sertularella* sp., *Sertularia distans*, *Sertularia rugosissima* e *Thyroscyphus ramosus*). No manuscrito é possível encontrar a lista completa das espécies identificadas e os respectivos naufrágios onde foram anotadas.

Mergulho como Ferramenta na Coleta e Estudo do Plâncton em Naufrágios da Costa de Recife, Pernambuco.

Passavante et al. (2010) buscaram com esse trabalho divulgar a metodologia que vem sendo utilizada para coleta e estudo dos organismos planctônicos presentes em áreas de recifes artificiais. Os autores explicam que através de equipamento SCUBA, amostras de águas são coletadas com auxílio de uma garrafa de Nansen, dentro da praça de máquinas dos naufrágios, assim como fora das estruturas, para análise da biomassa do fitoplâncton (clorofila *a*) e variáveis hidrológicas (nitrito, nitrato, silicato, fosfato, pH, salinidade). Já para a coleta dos organismos planctônicos, um mergulhador realiza arrastos com uma rede de plâncton de 1m de comprimento, 0,30m de diâmetro de boca, com abertura de malha de 45µm, por cerca de 3 minutos, ao redor dos naufrágios. Os arrastos iniciam-se sempre na proa das embarcações, mantendo o mergulhador uma distância de aproximadamente 0,5m do naufrágio e a cerca de 1,5m do fundo. Dependendo da profundidade dos naufrágios e do tempo de fundo que será gasto pelo mergulhador, pode ser utilizado a mistura Nitrox – EAN – nos cilindros. Os autores concluem que, com o mergulho autônomo, utilizado como ferramenta científica para coleta e estudo do plâncton em áreas de naufrágios, será possível

subsidiar futuros projetos de criação de recifes artificiais na costa pernambucana, inclusive privilegiando comunidades pesqueiras artesanais.

Characterization of Phytoplankton Biodiversity in Tropical Shipwrecks off the Coast of Pernambuco, Brazil

Neste artigo científico publicado no periódico *Acta Botânica Brasilica*, Santos et al. (2010b) apresentam o estudo sobre a biodiversidade fitoplanctônica nas adjacências de dois naufrágios (Servemar-X e Servemar-I), afundados na costa de Pernambuco. Os autores encontraram concentrações de biomassa fitoplanctônica mais elevada no fundo, variando entre 0,61 e 5,97mg.m⁻³. A transparência da água, que mostrou um padrão sazonal e espacial, esteve positivamente relacionada aos teores de clorofila *a*. Em relação a comunidade fitoplanctônica, o grupo das diatomáceas apareceu em maior representatividade nas amostras, seguido dos dinoflagelados, e entre as espécies sobressaiu em termos quantitativos a cianobactéria *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont. Os autores concluíram que a importância ecológica dos recifes artificiais pode ser comprovada através dos altos índices de diversidade e equitabilidade, sendo a influência das águas costeiras fator determinante da estrutura e diversidade da comunidade fitoplanctônica.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A importância produtiva das áreas costeiras pode ser entendida em razão dos elementos originários do continente e carregados por drenagem aos mares. As substâncias terrígenas com seu poder fertilizador são os principais responsáveis pelo elevado índice de produção orgânica dos sistemas costeiros, capazes de permitir uma síntese primária 5 a 10 vezes mais alta do que nas regiões oceânicas (RYTHER, 1969).

Outro fator responsável pela alta produtividade das zonas costeiras é sua relativa pequena profundidade. Na região conhecida como plataforma continental, há grande penetração de luz solar, de modo que a produção primária poder ser “alta” em praticamente toda a coluna d’água (SCHMIEGELOW, 2004). Como consequência, essas áreas concentram as maiores biomassas pesqueiras. De acordo com a FAO (2000), cerca de 90% da produção pesqueira mundial é de peixes capturados nas plataformas continentais, o que corresponde a uma média histórica de 1950 a 1999 de aproximadamente 80 milhões de toneladas/ano.

Apesar da extensão de sua costa, o Brasil não é uma nação pesqueira por excelência. As águas brasileiras, ainda que ricas em biodiversidade, não exibem condições que permitam a ocorrência de grandes estoques. A explicação para essa baixa produtividade está no fato das correntes oceânicas que atuam sobre as águas costeiras brasileiras possuírem baixos teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos (LONGHURST; PAULY, 1987; SAMPAIO, 1998).

Sobre a plataforma continental brasileira, esta é banhada por águas oligotróficas transportadas pela Corrente do Brasil, desde a região nordeste, e pela Corrente do Norte do Brasil (BRANDINI et al., 1997). Devido à baixa produtividade pelágica e à quantidade limitada de estoques pesqueiros (REVIZEE, 2002), a economia brasileira tem pouca contribuição da pesca de plataforma, ao contrário dos países situados ao lado direito dos oceanos, banhados por correntes frias e ricas em nutrientes e de grande produção pesqueira.

As características, predominantemente, tropicais e subtropicais dessa área contribuem para determinar a carência de estoques densos, explicando a concentração do esforço pesqueiro sobre aquelas poucas espécies que oferecem condições, em termos de concentração e potencial, de suportar uma atividade econômica sustentada e mais rentável.

Outra questão que vem a agravar a sustentabilidade biológica no ambiente costeiro é a atual influência antrópica nessas regiões. Tommasi (1994), já relatava que 4/10 da população do planeta vivia, naquela época, dentro de um raio de 60 km da costa, e que 2/3 das cidades com mais de 2,5 milhões de habitantes estavam localizadas nessa área – situação que, nos dias atuais, deve ter se agravado.

A vulnerabilidade da zona costeira às fontes terrestres de poluição é notória e, uma vez que nela se faz o despejo de grande quantidade de detritos e resíduos humanos, é também ali que ocorrem os problemas mais críticos do meio ambiente marinho. Vários estudos indicam que a destruição de ecossistemas e habitats costeiros (especialmente na faixa tropical e subtropical) é generalizada e extensa (LINDÉN, 1990; AHMAD, 1990, PROBIO, 1999).

O Brasil, o segundo país da América Latina em maior extensão litorânea com, aproximadamente, 8,5 mil km de costa, concentra cerca de 75% dos principais centros urbanos, dispostos ao longo do litoral e cerca de 80% de sua população vivem a não mais de 200 km do mar. Tal região litorânea, abriga atividades humanas como: práticas de pesca comercial e recreativa; maricultura; transporte marítimo; esportes aquáticos; uso de terminais portuários; indústrias de pesca e turismo, entre outras (SERAFIM, 2005).

Entre os ecossistemas costeiros que mais sofrem com os impactos antrópicos estão os ambientes recifais. Done (1995) reportou a situação em que se encontram degradados os ambientes de recifes no mundo. Zann (1995), por sua vez, descreveu que os recifes de corais no sul do Pacífico, nas Ilha das Nações Ocidentais, encontram-se sob crescente pressão devido à rápida ascensão da população, urbanização e o desenvolvimento agrícola e industrial naquela área. Lapointe e Matzie (1996) verificaram os efeitos nocivos das descargas de efluentes com elementos contaminantes nos recife de corais, na costa da Flórida. Já Epstein et al. (2001) descreveram a intensa destruição dos recifes de corais da cidade de Eilat (Israel) por atividades recreativas.

No nordeste brasileiro, estudos realizados por Leão (1996) e Maida e Ferreira (1997) mostraram que muitos dos impactos antrópicos em ambientes consolidados estão relacionados ao “desenvolvimento” costeiro, isto é, ao turismo, a pesca predatória, a instalação de projetos industriais, ao despejo de efluentes sem tratamento, entre outros. Nesse rol também se afiliam autores como Fonseca et al. (2002), Nascimento-Vieira et al. (2002), Nunes et al. (2005) e Ferreira et al. (2010), que estudando áreas distintas no litoral de Pernambuco observaram impactos em ecossistemas recifais.

Nesse arcabouço das questões ambientais costeiras mundial e nacional, inserem-se os projetos envolvendo a criação de recifes artificiais, surgindo como uma tecnologia para mitigar problemas e potencializar situações, conforme cada caso.

Estudos têm demonstrado que o uso de estruturas artificiais é indicado para incrementar sistemas marinhos, mesmo em áreas de baixa produtividade (WHITE et al., 1990), também utilizadas com a finalidade de reduzir a pressão sobre ambientes recifais naturais, ordenar a pesca artesanal, excluindo o arrasto, atenuar processos de erosão, além de trazer benefícios socioeconômicos (MOTTET, 1986; SEAMAN; SEAMAN, 2000; JOHNS et al., 2001; BRANDINI, 2001; HARRIS, 2003).

Com isso, entende-se que os naufrágios deliberados na plataforma continental de Pernambuco necessitam de permanentes estudos, possibilitando o desenvolvimento de programas de acompanhamentos das espécies animais e vegetais que nele se desenvolvem e suas relações com os parâmetros ambientais e com as pressões antrópicas.

Por sua vez, o conhecimento acerca da comunidade planctônica é de fundamental importância no universo dos estudos biológicos de um ambiente marinho. Base da teia alimentar dos ecossistemas aquáticos, os elementos fotoautotróficos dessa comunidade utilizam a radiação luminosa solar como fonte de energia, transformam nutrientes inorgânicos em matéria orgânica e a colocam à disposição dos demais níveis tróficos da teia; ou seja, graças ao plâncton os mares e oceanos do planeta sustentam tamanha biodiversidade.

O estudo do plâncton é de importância prioritária, pois, enquanto o fitoplâncton produz a matéria orgânica pela fotossíntese, o zooplâncton constitui um elo importante na transferência de energia na forma fitoplâncton-bacterioplâncton ou, na de detritos orgânicos particulados para os demais níveis tróficos, incluindo moluscos, crustáceos e peixes de interesses comerciais. Influenciam e determinam espécies nectônicas e bentônicas que têm estágios no plâncton, além de atuar na ciclagem de energia de um ambiente para outro (GROSS; GROSS, 1996).

De acordo com BRANDINI et al. (1997), alterações na composição e abundância das comunidades planctônicas ocasionam profundas mudanças estruturais em todos os níveis tróficos do ecossistema marinho. Pelo seu caráter dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, elas respondem rapidamente às alterações físico-químicas do meio aquático. As variações no regime meteorológico, as características geomorfológicas regionais e os impactos antrópicos nas áreas costeiras estabelecem, em conjunto, o regime hidrográfico particular de cada região e, conseqüentemente, as características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal de suas comunidades planctônicas.

Constituindo o início da teia alimentar, sendo considerado o produtor primário mais importante dos ecossistemas aquáticos (GROSS; GROSS, 1996) o fitoplâncton é formado por microalgas fotossintetizantes encontradas distribuídas em todos os oceanos e mares do planeta. Incluindo inúmeros organismos bioindicadores da qualidade ambiental da água e de massas d'água específicas (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004), de acordo com a classificação de Graham e Wilcox (2000), o grupo possui cinco divisões significativas, são elas: Cyanophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Euglenophyta e Chlorophyta.

Em relação às microalgas do fitobentos, conhecidas como perifiton, essas formam uma comunidade que se caracteriza pela necessidade de substratos, sejam eles naturais ou artificiais, aos quais se aderem firme ou frouxamente, e esses substratos podem ser de origem orgânica vegetal (macrofitas) e animal; ou ainda inorgânica, sedimentos, grãos de

areia, pedras, recifes. Essa comunidade algal igualmente desempenha importante papel nos ambientes aquáticos, pois também oferecem fortes subsídios para o conhecimento da colonização, sucessão, diversidade e estabilidade dos ecossistemas, uma vez que apresentam tempos curtos de duração e limites bem definidos (RODRIGUES, 1994; STEVENSON, 1996).

Dentre os fotopigmentos encontrados nos diversos grupos do fitoplâncton, a clorofila *a* está presente em todos os representantes do fitoplâncton marinho (GRAHAM; WILCOX, 2000) e sua medida vem provando ser uma ótima ferramenta no gerenciamento da qualidade ambiental em regiões costeiras (PAERL et al., 2003).

A variação espaço-temporal da biomassa (clorofila *a*) pode proporcionar informações sobre o estado fisiológico do fitoplâncton, quantidade de células fitoplanctônicas e, indiretamente, sobre a composição taxonômica de uma população (MARGALEF, 1991).

Para a plataforma continental de Pernambuco, o primeiro levantamento em relação à composição fitoplanctônica foi feito por Eskinazi e Satô (1963/64), e posteriormente, foram realizados trabalhos por Eskinazi-Leça (1970); Eskinazi-Leça e Passavante (1972); Passavante (1979); Silva-Cunha e Eskinazi-Leça (1990); Eskinazi-Leça et al. (1989), os quais registram apenas os aspectos qualitativos; então, a partir de Gomes (1991), os trabalhos passaram a apresentar resultados quantitativos do fitoplâncton (RESURREIÇÃO et al., 1996; ESKINAZI-LEÇA et al., 1997; MEDEIROS et al., 1999). Nesse contexto, vale à pena salientar que na maioria desses trabalhos as coletas foram realizadas na superfície.

Ostentando o título de “A Capital dos Naufrágios”, a cidade do Recife, através do governo e da comunidade científica, precisa direcionar seus esforços para conhecer melhor essas áreas recifais com características ambientais relevantes e, assim, propor planos abalizados para protegê-las. Somente através de estudos será possível também compatibilizar os interesses das comunidades locais (pescadores artesanais) com dos outros grupos sociais (mergulhadores), imprescindível para que políticas públicas voltadas para um desenvolvimento sustentável e equitativo tenham sucesso.

À vista do que foi relatado, percebe-se a importância da realização do estudo sobre a comunidade fitoplanctônica e parâmetros abióticos associados a embarcações naufragadas na plataforma continental pernambucana, desde o primeiro momento de seus afundamentos até os próximos dois anos, uma vez que, dessa análise surgem dados sobre as consequências dessas estruturas para o ecossistema marinho costeiro. Em se tratando de uma pesquisa que utiliza uma metodologia de coleta diferenciada (mergulho com a utilização de equipamento SCUBA), sua técnica e seus procedimentos poderão servir de modelo para ser aplicado em outros trabalhos em recifes artificiais.

4 DESCRIÇÃO DA ÁREA

Os rebocadores Mercurius e Saveiros (Figura 04) foram afundados no dia 03 de maio de 2006 na plataforma continental do estado de Pernambuco, encontrando-se localizados nas coordenadas $08^{\circ}04,725'S/034^{\circ}44,022'W$ e $08^{\circ}04,517'S/034^{\circ}44,327'W$, respectivamente (Figura 05). Os recifes artificiais possuem, ambos, cerca de 29 m de comprimento total e distam entre si aproximadamente 800m. Estão localizados na isóbata de 30 m de profundidade. A distância dos mesmos em relação ao porto de Recife é de 14,5 km para o Mercurius, 13,5 km para o Saveiros.



Figura 04 – Rebocadores Mercurius e Saveiros momentos antes de serem afundados.

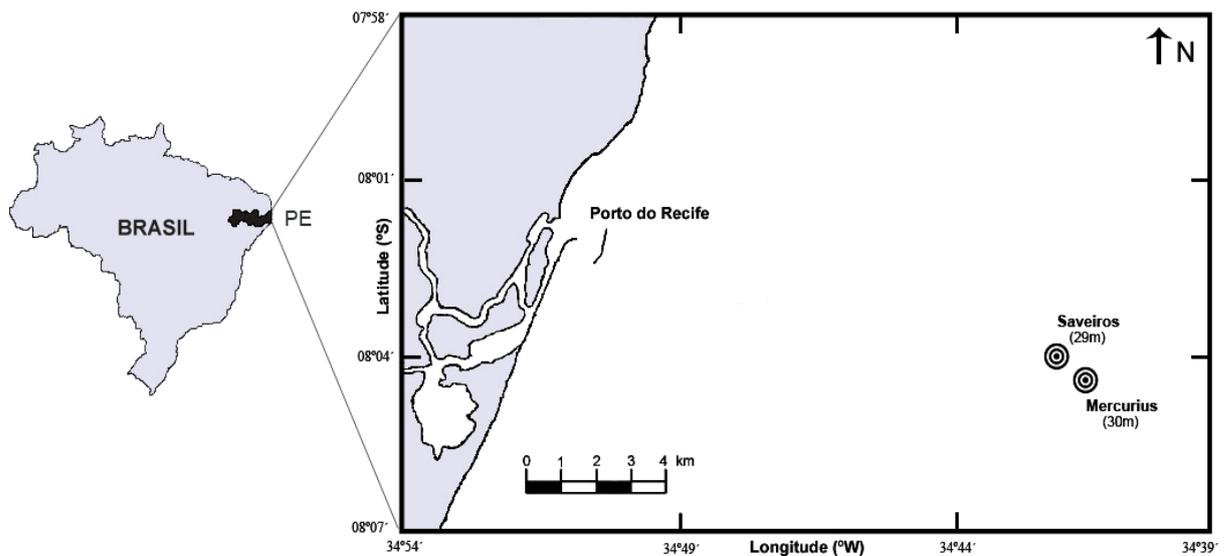


Figura 05 – Mapa da área de estudo com a localização dos naufrágios Mercurius e Saveiros.

4.1 Caracterização do Meio Físico da Plataforma Continental de Pernambuco

A plataforma continental de Pernambuco apresenta-se bastante plana, desde a zona praial até a borda da plataforma onde a declividade se acentua bruscamente. O caráter amplo e plano resultou das atividades erosivas e deposicionais, intimamente ligadas à série de regressões e transgressões marinhas, associadas às épocas de glaciação e deglaciação global (MANSO, 1997).

Em termos oceanográficos essa área já foi bastante estudada (KEMPF, 1970; CAVALCANTI; KEMPF, 1970; COUTINHO, 1976; LIRA, 1987) o que permite uma correlação de dados temporais sobre seus diversos fatores ambientais.

A plataforma encontra-se inserida na margem continental nordeste-leste do Brasil, possuindo 187 km de extensão norte-sul e uma largura que varia de 42 km, ao norte, a 30 km, em frente ao Cabo de Santos Agostinho, com um valor médio de 35 km (MANSO, 1997).

Kempf (1970) descreveu a área como estreita e relativamente plana, com uma declividade abrupta a partir de 60 m, e fundo recoberto por areia quartzosa, lama, sedimento de transição (quartzo + algas calcárias), algas calcárias e detritos organogênicos (fragmentos orgânicos).

O clima na área é o tipo As', clima Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno, de acordo com a classificação de Köppen, (ANDRADE; LINS, 1992), caracterizado por dois períodos distintos no regime pluviométrico: uma estação de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro (primavera – verão) e uma estação chuvosa, de março a agosto (outono e inverno), representando uma média anual pluviométrica de 2.272,9 mm, temperatura do ar de 25,6°C, umidade relativa do ar de 90% (COUTINHO, 1991; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2002). Em relação aos ventos na região nordeste, a direção predominante é de SE, principalmente, por causa das anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) no oceano Atlântico, como também pela atuação do El Niño/Oscilação do Sul (ENOS) e La Niña/Oscilação do Sul (LNOS) e o Dipolo do Atlântico (ARAGÃO, 2000).

A temperatura e a salinidade das águas da plataforma continental demonstram, em geral, um ciclo sazonal bastante definido, ambos apresentando flutuações próximo à costa, devido à influência do aporte dos rios costeiros. A temperatura superficial varia entre 26 e 28°C. Da superfície até a profundidade de 50m, a temperatura é praticamente constante, iniciando-se um decréscimo a partir de 60-70m, que coincide com a borda da plataforma e início da termoclina (COSTA, 1991).

A salinidade também apresenta um ciclo sazonal semelhante à temperatura, sofrendo uma pequena variação à medida que se afasta da costa. Nas áreas costeiras, as

diferenças de salinidade refletem a influência de pequenos rios, podendo os menores valores atingir 32, durante os meses de maior pluviosidade. Durante a época seca, a salinidade é relativamente uniforme com a isoalina de 36 dominando toda a massa d'água (CAVALCANTI; KEMPF, 1970). Em áreas mais afastadas, nas proximidades da borda continental, não existe variação de salinidade, cujos valores são elevados, iguais ou superiores a 36, tanto na superfície, como em profundidade (LABOREL, 1967).

Quanto ao pH, as variações não são muito acentuadas durante os dois períodos anuais, ocorrendo uma amplitude, entre a superfície e o fundo de 0,55 (NOGUEIRA-PARANHOS, 1990). Entretanto, esta mesma autora faz referência a Costa et al. (1989) para explicar as modificações ambientais que ocorrem na área durante os dois períodos anuais, principalmente, até 5 milhas náuticas da costa.

Na região, predominam os ventos alísios, com velocidades médias entre 6,1 e 9,3 nós, vindos principalmente do leste no período de outubro a março e sul-sudeste no período de abril a setembro (CAVALCANTI; KEMPF, 1970).

Em relação às correntes, a plataforma continental de Pernambuco, sofre a ação da Corrente do Brasil, um ramo sul da Corrente Sul Equatorial. Junto à linha de praia atuam ainda as correntes longitudinais, correntes de retorno, correntes geradas por ondas e pelas marés. As longitudinais são as mais importantes, movendo-se paralelo à linha da costa, com velocidade que varia de acordo com o ângulo de incidência das ondas. As correntes de retorno são as responsáveis pelo movimento do sedimento costa a fora, através do retorno das águas acumuladas pelos sucessivos trens de onda (ROLLNIC, 2002).

4.2 Caracterização do Meio Biológico da Plataforma Continental de Pernambuco

A zona costeira de Pernambuco apresenta ecossistemas extremamente produtivos, sendo considerada a região verde onde ora se sucedem e ora se entrelaçam segmentos de planície recobertos por coqueirais, remanescentes de Mata Atlântica, restingas, estuários com extensos manguezais, recifes de corais e arenitos, praias arenosas, costões rochosos, coroa, ilhas, entre outros.

Quanto às comunidades planctônicas da plataforma continental de Pernambuco, de uma maneira geral, estas se apresentam como típicas de ambientes costeiros tropicais. No levantamento da microflora marinha, Eskinazi-Leça et al. (2004) confirmaram a presença de quatro divisões assim representadas: Cyanophyta (51 spp.), Euglenophyta (03 spp.), Chrisophyta (370 spp.), Pyrrophyta (100 spp.), perfazendo um total de 524 táxons infragenéricos.

Para a comunidade zooplanctônica, os copépodos são os que aparecem com maior representatividade na plataforma na área do Recife, seguidos de larvas de crustáceos,

chaetognatha, radiolária, polychaeta, foraminífera (PARANAGUÁ, 1970). Dentre as espécies de copépodos indicadoras da Corrente Sul Equatorial, estão: *Euchaeta marina*, *Temora stylifera*, *Subeucalanus pileatus*, *Scolecithrix danae*, *Corycaeus speciosus*, *Oncaea venusta*, *Oithona atlantica*, *Oithona setigera* e *Oithona plumifera* (COSTA et al., 2004). Apesar da alta diversidade específica zooplanctônica, existem várias espécies indicadoras de poluição (MMA, 1996).

Outra característica da plataforma continental de Pernambuco é sua ativa produção carbonática orgânica, ocorrendo em virtude do desenvolvimento de fundos de algas calcárias. As algas, que formam o principal componente destes sedimentos de fundo, pertencem à família Coralinaceae, subfamília *Melobesiae*, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*. São constituídas de 75 a 95% de carbonato de cálcio, 4 a 10% de carbonato de magnésio e ainda de oligoelementos. Geralmente o limite superior de ocorrência dessas algas calcárias está ligado diretamente ao fim da influência terrígena, normalmente em torno de uma profundidade de 20m, enquanto seu limite inferior está situado entre 80 e 90m, raramente atingindo profundidades superiores a 100m (MANSO, 1997). Ao lado das algas coralinas, merecem destaque as algas verdes calcificadas, representadas pelos gêneros *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillium*, que são igualmente importantes formadoras de sedimentos biogênicos (COUTINHO, 1976).

Quanto à biodiversidade de espécies marinhas e estuarinas do estado, segundo Tabarelli e Silva (2002), esta é bastante elevada, sendo formada por aproximadamente 2.179 espécies conhecidas (exceto mamíferos e quelônios), entre anêmonas, octocorais, corais, hidróides, poríferas, equinodermas, crustáceos, moluscos e peixes.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de campo teve início em maio de 2006, dois dias após o afundamento dos rebocadores *Mercurius* e *Saveiros*, seguindo até abril de 2007 – caracterizando o primeiro ano de afundamento das embarcações. Ressalta-se que, desse período inicial, ficou de fora das amostragens o mês de junho de 2006, em virtude das condições meteorológicas e de navegação na plataforma continental de Pernambuco. Após um intervalo de sete meses sem mergulhos, as coletas foram reiniciadas em dezembro de 2007 seguindo até maio de 2008, com o intuito de caracterizar o segundo ano de afundamento. Nesse segundo momento, foram realizadas apenas amostragens para o fitoplâncton (rede e garrafa), clorofila *a*, material em suspensão e aferida a transparência da água (Secchi). No geral, o trabalho de coleta foi realizado mensalmente, sempre no período diurno (no horário da manhã), com espaço médio de 25 dias entre as amostragens.

A coleta do material para determinação da clorofila *a*, fito total e parâmetros hidrológicos foi realizada conjuntamente (no mesmo mergulho) à da comunidade planctônica (arrastos com rede de plâncton). Após recolher as amostras para determinação dos parâmetros hidrológicos e biológicos, utilizando-se garrafa oceanográfica de Nansen, o mergulhador iniciava os arrastos ao redor do naufrágio e no entorno dele para a coleta do plâncton de rede. No primeiro ano de afundamento, os pontos de coletas nos dois naufrágios foram assim delimitados: superfície, naufrágio e entorno (distante cerca de 50 m da estrutura – a montante da corrente). Já no segundo ano de afundamento, os pontos de coletas se resumiram em: naufrágio e entorno (Figura 06).

A metodologia utilizada, bem como suas fontes de coleta e demais procedimentos julgados cabíveis para o correto entendimento da situação, encontram-se descritos nos itens que se seguem.

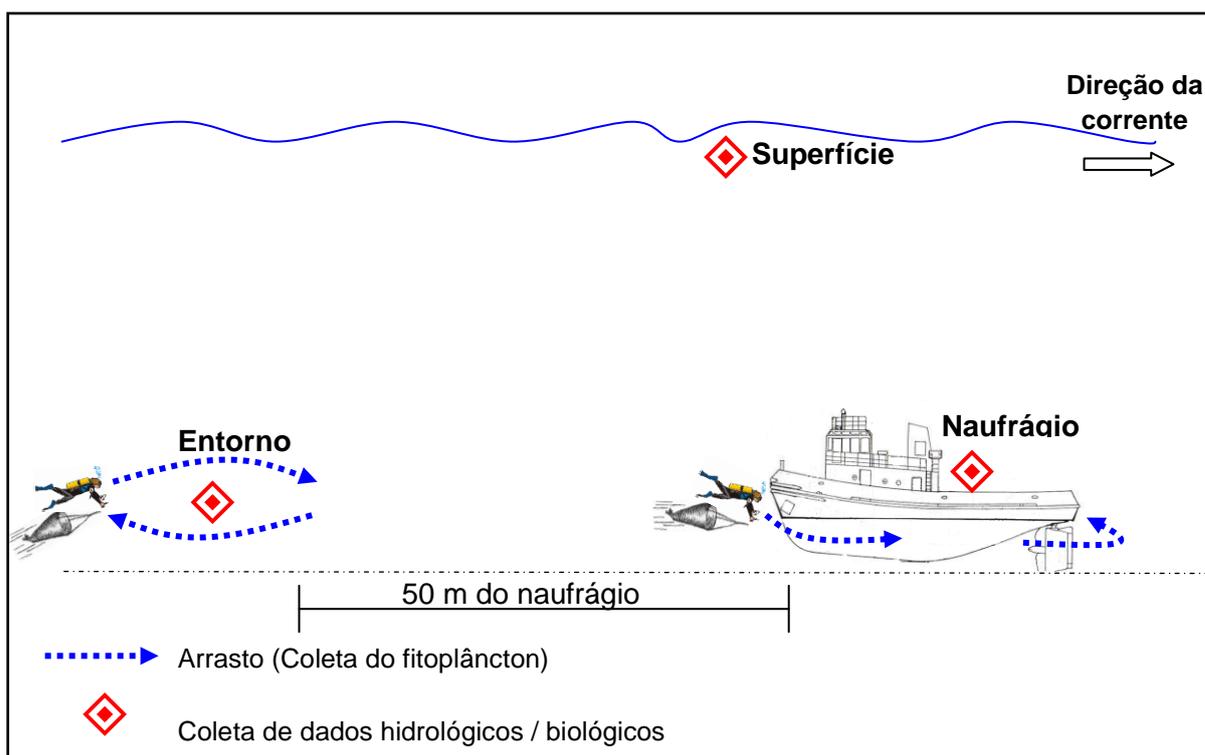


Figura 06 – Esquema de coleta do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos e biológicos nos naufrágios Mercurius e Saveiros.

5.1 Parâmetros Abióticos

5.1.1 Precipitação Pluviométrica

Foram obtidos dados da precipitação pluviométrica referente ao dia da coleta, cinco dias que a antecederam e ainda o total mensal, registrados pela Plataforma de Coleta de Dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPETEC / INPE) na estação localizada no Aeroporto Internacional dos Guararapes, distante cerca de 20 km dos naufrágios.

5.1.2 Direção da Corrente

A direção da corrente foi registrada pelo mergulhador no momento da coleta no naufrágio Mercurius, quando atingia a profundidade de 25 m. Foi utilizada para tal procedimento uma bússola de mergulho Cressi Wrist Compass.

5.2 Parâmetros Hidrológicos

As amostras para as análises hidrológicas, após serem coletadas com auxílio de uma garrafa de Nansen, foram acondicionadas em garrafas plásticas foscas com volumes de 2 L, exceto as amostras para oxigênio dissolvido que foram armazenadas em frascos de vidros âmbar de 150 mL. Os parâmetros químicos foram analisados no Laboratório de Química do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

5.2.1 Transparência da água

A transparência da água foi medida *in situ*, sendo utilizado um disco de Secchi de cor branca, com 30 cm de diâmetro e suspenso por um cabo de náilon demarcado em 10 cm e 10cm.

5.2.2 Potencial hidrogeniônico

O pH da água foi determinado em laboratório com um pH-metro GEHAKA, utilizando-se alíquotas das amostras coletadas para obtenção da concentração dos sais nutrientes dissolvidos na água.

5.2.3 Temperatura da água

Os dados relativos à temperatura da água foram registrados *in situ* através de um computador de mergulho da marca Suunto. O mergulhador anotava o valor ao final do arrasto de plâncton, ou seja, com o aparelho marcando a temperatura da água do fundo (28 m aproximadamente).

5.2.4 Salinidade

A salinidade foi determinada através de um refratômetro manual ATAGO, modelo S/MILL-E, com escala variando de 0 a 100 e com intervalo de 1.

5.2.5 Material particulado em suspensão

Foi determinada a concentração do material particulado em suspensão total na água por intermédio do método do instituto americano (Woods Hole Oceanographic

Institution) descrito por Melo et al. (1975). Para a filtração, utilizaram-se filtros membranosos de acetato de celulose, fabricados por Schleicher & Schüll, com 0,45µm de porosidade e 47 mm de diâmetro.

Uma vez que, após análise estatística dos dados coletados no primeiro ano de afundamento, não foi verificada diferença significativa entre os valores da superfície e do fundo, no segundo ano, este parâmetro foi amostrado apenas na superfície e nas imediações do Mercurius.

5.2.6 Oxigênio Dissolvido (ml.L⁻¹) e Taxa de Saturação (%)

Para obtenção do teor de oxigênio dissolvido, foram coletadas amostras de água, utilizando-se uma garrafa de Nansen, em seguida transferidas para frascos de vidro âmbar com capacidade de 150 mL, e, imediatamente, fixadas com 0,5 mL de MnSO₄ seguido de 0,5 mL de KI. A determinação do oxigênio dissolvido na água seguiu a metodologia de Winkler modificado, descrita por Strickland e Parsons (1972). Para calcular a taxa de saturação do oxigênio dissolvido, foi aplicada a correlação entre a temperatura e a salinidade da água, de acordo com a tabela padrão da International Oceanographic Tables (UNESCO, 1973).

5.2.7 Nutrientes Dissolvidos

Os valores de nitrito, nitrato e fosfato foram determinados através dos métodos descritos por Strickland e Parsons (1972), e, para determinação dos teores de silicato, foi utilizado o método descrito por Grasshoff et al. (1983). As amostras, logo após a coleta, foram mantidas em freezer sob temperatura de -18°C até a sua análise.

5.3 Parâmetros Biológicos

5.3.1 Biomassa Fitoplanctônica

Para a coleta de água no ponto naufrágio, um mergulhador, equipado com SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus), utilizou uma garrafa de Nansen de 2 L que foi hermeticamente fechada quando o mesmo se encontrava na entrada da casa de máquinas da embarcação (porção central do naufrágio) (Figura 07). Já em relação ao ponto entorno, as amostras de água foram coletadas a partir de uma embarcação na superfície, fazendo-se uso da mesma garrafa oceanográfica. Ressalta-se que estas coletas (entorno)

foram realizadas distante cerca de 50 m a montante do naufrágio, conforme direção da corrente. As amostras do ponto superfície, por sua vez, foram coletadas a partir da embarcação com o auxílio de uma garrafa de Kitahara. Posteriormente, todas as amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas de 2 L, sendo filtradas ao aportar em terra.

Para o procedimento de filtração foi utilizada uma bomba de vácuo com um sistema de filtração e filtros membranosos de acetato de celulose de 47 mm de diâmetro e porosidade de 0,45 µm da Schleicher e Schüll. O volume filtrado variou de 1,5 e 2 L dependendo da quantidade de material em suspensão na amostra. Após a secagem, os filtros foram envolvidos em papel alumínio, acondicionados em envelopes de papel devidamente identificados e mantidos em freezer a uma temperatura de -18°C até a sua análise. O método utilizado para a leitura do teor de clorofila *a* foi o espectrofotométrico, descrito em Unesco (1966) com o resultado expresso em mg.m⁻³.

Para o cálculo da concentração de clorofila *a*, foi aplicada a equação de Parsons e Strickland (1963) em que:

$$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} = \frac{11,6 \cdot D_{665} - (1,31 \cdot D_{645} + 0,14 \cdot D_{630} + D_{750})}{V_2 \cdot L} \times V_1$$

V1 = volume de acetona 90%;

V2 = volume da amostra filtrada em litro;

L = caminho óptico da cubeta em centímetro;

D = leituras das absorbâncias nos respectivos comprimentos de ondas a que se referem seus índices.

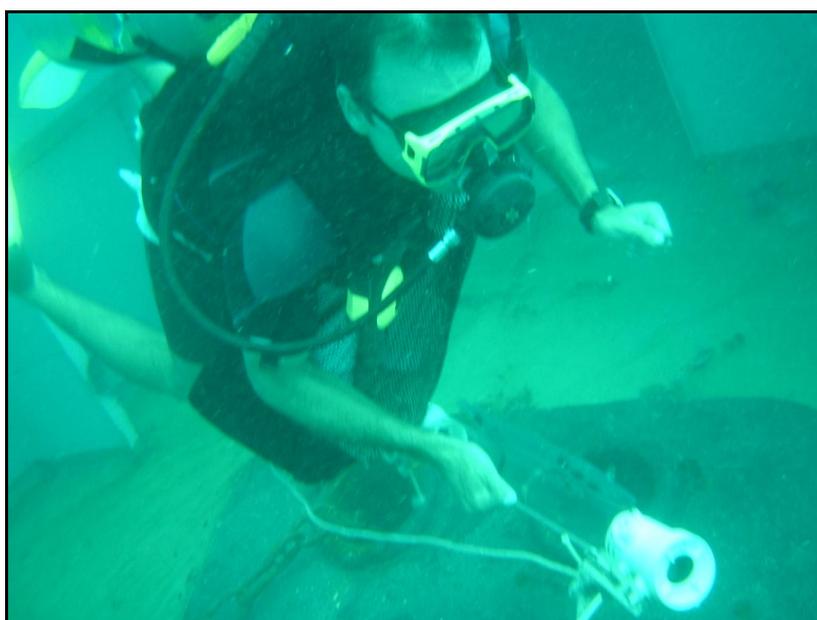


Figura 07 – Mergulhador coletando água com garrafa de Nansen no naufrágio Mercurius, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

5.3.2 Composição do Fitoplâncton

Para a coleta do microfitoplâncton foram realizados arrastos ao redor dos naufrágios, iniciando sempre na proa com o mergulhador mantendo uma distância de, aproximadamente, 0,3 m do naufrágio e 1,5 m do fundo. No segundo ano de afundamento, o procedimento de coleta do plâncton também foi realizado no ponto entorno. Nesse ponto, distante cerca de 100 m do naufrágio a montante da corrente, o mergulhador arrastava a rede a 1,5 m do fundo percorrendo um área paralela ao naufrágio. Devido ao esforço físico empregado nas coletas, os arrastos nos pontos naufrágio e fundo duraram cerca de três minutos. Foi utilizado nos arrastos uma rede de plâncton de 1 m de comprimento e 0,30 m de diâmetro de boca, com abertura de malha de 20 μm (Figura 08).

Na embarcação, o material coletado foi fixado com formol neutro a 4% em recipientes de plásticos e levados ao Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Oceanografia. A composição florística (quali-quantitativa) foi determinada através de observações em microscópio óptico (Carl Zeiss) com aumento de 100x e 400x. Para isso, as amostras foram homogeneizadas e em seguida foram retirados 0,5 mL e colocados em lâmina Sedgwich-Rafter.

A identificação taxonômica teve como base os caracteres morfológicos dos organismos, sendo utilizados trabalhos de referência na bibliografia especializada em sistemática, biologia e ecologia do fitoplâncton. Para diatomáceas: Peragallo e Peragallo (1897-1908), Hustedt (1930, 1959, 1961-1966); Cupp (1943); Cleve Euler (1951; 1952; 1953 a, b, 1955); Hendey (1964); Souza e Silva (1960); van Heurck (1986); Ricard (1987); Silva-Cunha, Eskinazi-Leça (1990) e Tomas (1993). Para os dinoflagelados: Sournia (1967, 1986); Wood (1968); Dodge (1982); Balech (1988); Steidinger e Tangen (1997), Licea et al. (1995). Para as cianobactérias: Desikachary (1959); Bourrelly (1972). Para as euglenofíceas e clorofíceas: Mizuno (1968); Bold e Wynne (1985); Sournia (op cit.); Chrétiennot-Dinet et al. (1990). Para o enquadramento dos táxons, a checagem dos nomes científicos e a elaboração da sinopse (Apêndice N) foi utilizado o banco de dados internacional Algaebase (GUIRY; GUIRY, 2011).



Figura 08 – Mergulhador realizando arrasto com redes para a coleta do plâncton ao redor de naufrágio da costa pernambucana.

5.3.3 Densidade Fitoplanctônica – Fito Total (Cel.L⁻¹)

Foram coletadas amostras para análise do fitoplâncton total, de acordo com o método descrito por Villafañe e Reid (1995). Foram utilizados na coleta frascos de 50 ml e, logo em seguida, as amostras foram fixadas com solução de lugol e acetado de sódio. A identificação dos grupos e contagem do fitoplâncton total foi feita através de microscópio invertido de marca Wild M-40.

5.4 Análise numérica dos dados

5.4.1 Abundância relativa

A abundância relativa de cada táxon infragenérico foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$Ar = \frac{N \times 100}{Na}$$

Onde:

N = número total de organismos de cada táxon na amostra

Na = número total de organismos na amostra estudada

De acordo com os percentuais obtidos, foi utilizado o trabalho de Lobo e Leington (1986) para enquadrar os táxons nas seguintes categorias:

Dominante – espécie cuja ocorrência numérica é maior que 50% do número total de indivíduos da amostra;

Abundante – espécie cuja ocorrência supera o valor médio de indivíduos da amostra;

Raro – espécies cuja ocorrência é inferior ao valor médio de indivíduos da amostra.

5.4.2 Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência foi expressa em forma de porcentagem, levando-se em consideração o número de amostras nas quais cada táxon ocorreu e o número total de amostras analisadas, sendo aplicada a seguinte fórmula:

$$Fo = \frac{a \times 100}{A}$$

Onde:

a = número de amostras onde o táxon ocorreu

A = número total de amostras estudadas

Em função do valor da frequência de ocorrência, os táxons são assim classificados: Muito frequente $\geq 70\%$; Frequente $< 70\% \geq 40\%$; Pouco frequente $< 40\% \geq 10\%$ e; Esporádica $> 10\%$.

5.4.3 Índice de diversidade específica e equitabilidade

Para melhor compreender a estrutura da comunidade foram empregadas medidas de diversidade não paramétricas, representadas por índices de diversidade específica e equitabilidade.

Para cálculo da **diversidade específica** (H') foi utilizado o índice de Shannon (1948) através da seguinte fórmula:

$$H' = -\sum pi \times \log_2 pi$$

$$pi = \frac{Ni}{N}$$

Onde:

Ni = número de células de cada espécie.

N = número total de células, sendo os resultados fornecidos em bit.cel⁻¹

Os resultados são apresentados em termos de bits por células, sendo 1 bits equivalente a uma unidade de informação (VALENTIN et al., 1991). Os resultados podem ser considerados como: Alta diversidade $\geq 3,0$ bit.cel⁻¹; Média diversidade $< 3,0 \geq 2,0$ bit.cel⁻¹; Baixa diversidade- $< 2,0 \geq 1,0$ bit.cel⁻¹ e; Muito baixa $< 1,0$ bit.cel⁻¹.

A **equitabilidade** (J') foi calculada a partir do índice de Pielou (1977) pela seguinte fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Onde:

H' = índice de Shannon.

S = número total de espécies de cada amostra.

Esse índice varia de 0 a 1, sendo $> 0,5$ considerado significativo e equitativo, o que representa uma distribuição uniforme de todas as espécies na amostra e uma alta equitabilidade, e os valores abaixo deste são considerados baixa equitabilidade.

Para calcular esses índices, foi utilizado o Programa Computacional Ecologia (Measures of Community and Measures of Community Similarity).

5.5 Análise Multivariada

5.5.1 Associação dos táxons

Foi determinado o cálculo de dissimilaridade entre os organismos planctônicos, baseado no coeficiente de Bray e Curtis (1957) para a associação das amostras e dos táxons. A classificação utilizada foi a aglomerativa hierárquica do “peso proporcional” (Weighted Pair Group Method Average Arithmetics – WPGMA).

A análise coefenética foi realizada para medir o bom ajuste do agrupamento cujo valor $>0,8$ é considerado bem ajustado (ROHLF; FISHER, 1968). O método de visualização dos resultados foi expresso em dendrogramas, cujo método de análise é baseado na interpretação ecológica da classificação (LEPS et al., 1990).

Todos esses cálculos foram feitos utilizando o programa computacional NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Metagraphics Software Corporation, Califórnia - USA.

5.5.2 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais (ACP) se baseou na matriz de correlação momento-produto de Pearson. A matriz dos dados foi a dos parâmetros ambientais, hidrológicos e biológico (clorofila *a*), da qual foram extraídos o autovetor e o autovalor dos três principais componentes. Para esses cálculos também foi utilizado o programa computacional Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System (NTSYS).

5.6 Tratamento Estatístico

5.6.1 Análise de Variância (Kruskal-Wallis)

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi utilizado para avaliar cada parâmetro estudado em função dos fatores sazonalidade e espacialidade, sendo considerados significativos os valores $\leq 0,05$. O nível de significância adotado foi o de 5%, e a partir deste referencial, os resultados foram considerados não significativos ($p > 0,05$) ou significativos ($p < 0,05$).

Nas variáveis aferidas apenas no primeiro ano de afundamento, utilizou-se como referência para a análise sazonal os meses de maio/06, julho/06, agosto/06 e abril/07 como período chuvoso e os meses de novembro/06, dezembro/06, janeiro/07 e fevereiro/07 como período de estiagem.

Para a clorofila *a* e transparência da água, foram acrescentados aos meses do período chuvoso abril/08 e maio/08 e para o período de estiagem os meses de dezembro/07 e janeiro/08. Embora o material em suspensão tenha sido aferido no primeiro e segundo ano de afundamento, para análise da sazonalidade desse parâmetro foi utilizado apenas os meses do primeiro ano, visto que no segundo ano a amostragem foi realizada em apenas um ponto na superfície.

5.7 Normatização do Texto

Para normatização do texto, das citações e referências bibliográficas, foram empregadas as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002a, 2002b, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d).

As tabelas foram elaboradas de acordo com as recomendações da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FUNDAÇÃO IBGE, 1993). Para os gráficos, foram seguidas as recomendações do Conselho Nacional de Estatística (BRASIL, 1963).

6 RESULTADOS

6.1 Parâmetros Abióticos

6.1.1 Dados Climatológicos

6.1.1.1 Precipitação Pluviométrica (mm)

Os índices pluviométricos referentes aos totais mensais (em tom cinza na figura 09), no período estudado, variaram entre 6 mm, em outubro/06 a 396 mm, em março/08, com média de 158 mm para o intervalo de 17 meses. (Figura 09).

O total de chuvas para o período de cinco dias que precedeu a coleta mostrou valor máximo em janeiro/07, com 68.5 mm, e mínimo de 0 mm em dezembro/07, janeiro/08 e fevereiro/08.

No que se refere à pluviometria registrada no dia das amostragens, em maio/08 foi anotado maior volume de chuva, 32 mm, havendo também o registro de precipitação em maio/06 (1.3 mm), julho/06 (13 mm), dezembro/06 (1.5 mm), março/07 (5.3 mm), abril/07 (0.3 mm), março/08 (2 mm) e abril/08 (3 mm) (Figura 09).

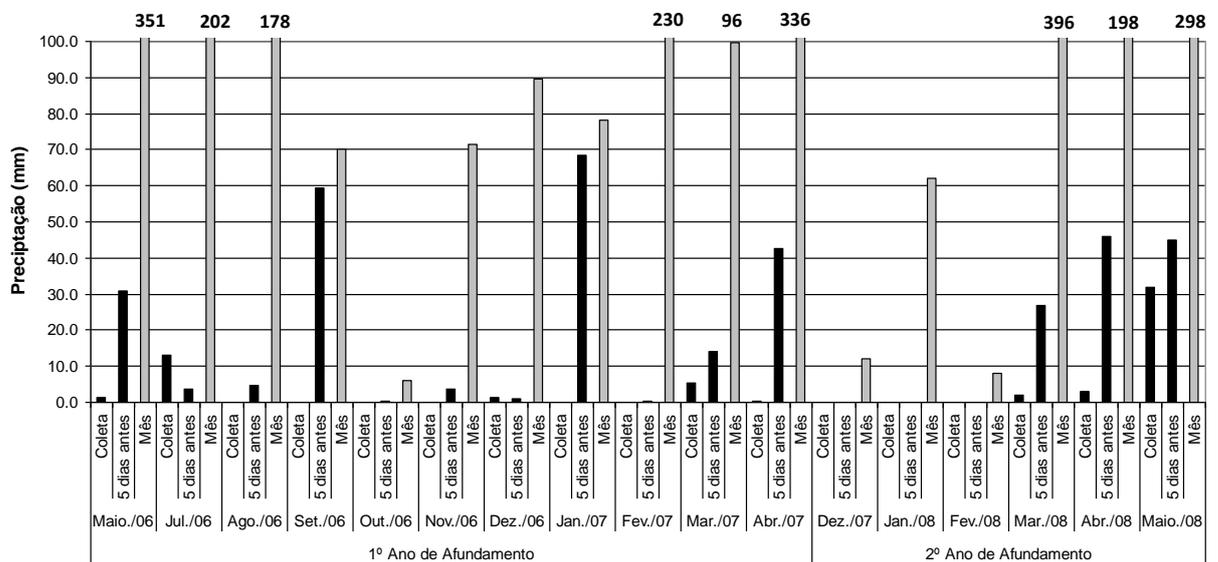


Figura 09 – Variação temporal da precipitação pluviométrica (mm) ao longo do período estudado, registrada na Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional dos Guararapes, Recife-PE, Brasil.

6.1.1.2 Direção da Corrente

No primeiro ano de afundamento a direção da corrente predominou no sentido N-NO. Os meses de setembro/06 e janeiro/07 apresentaram, no momento da amostragem, uma corrente no sentido Sudoeste. Já no mês de novembro/06, no horário da coleta, não foi possível determinar uma direção haja vista a coluna d'água se apresentava praticamente estacionada (Figura 10).

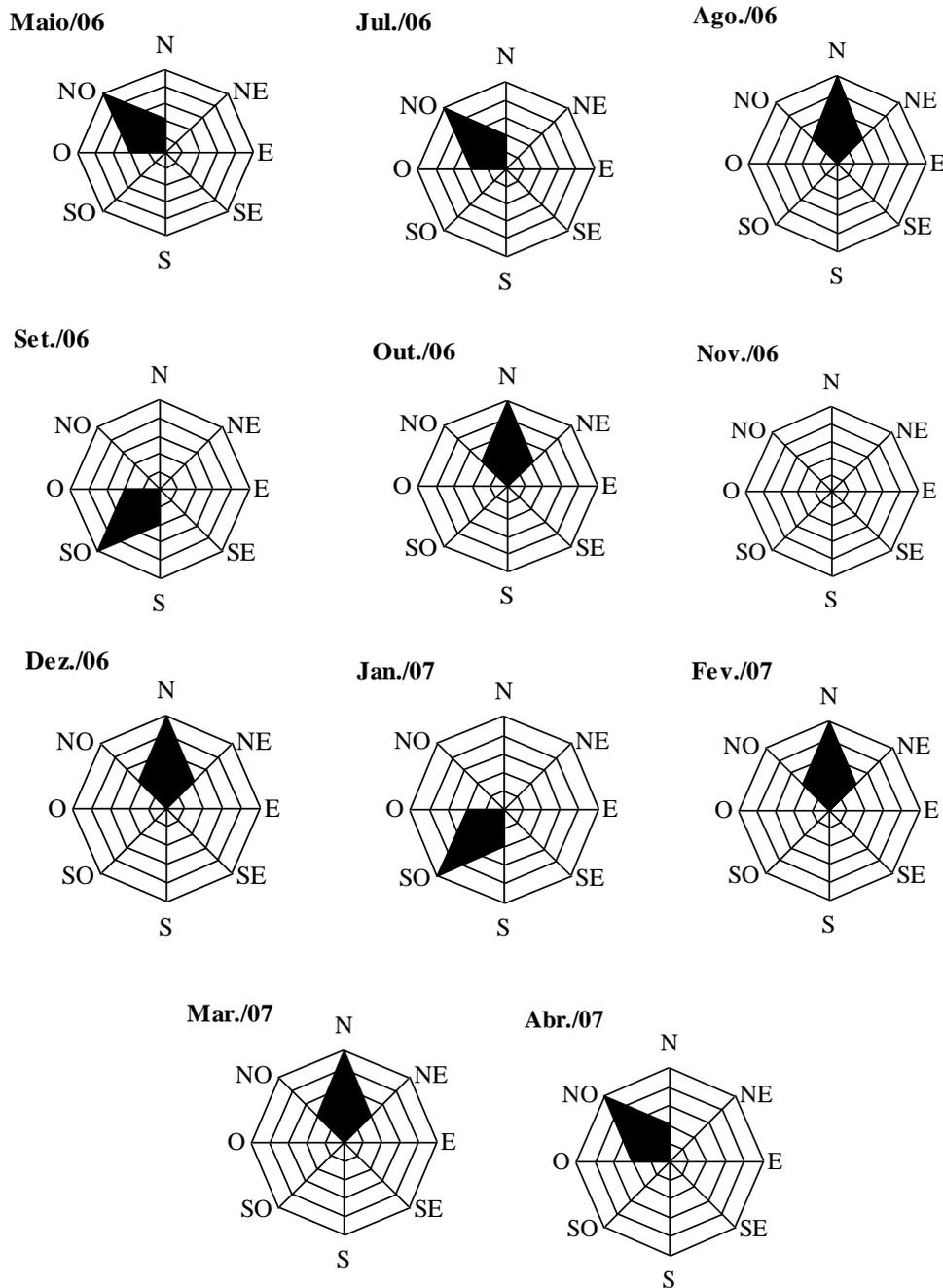


Figura 10 – Direção da corrente registrada no momento da amostragem no entorno do naufrágio Mercúrios, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2 Dados Hidrológicos

6.1.2.1 Transparência da Água (m)

Os valores de transparência da água resultantes da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi variaram de 11 a 27 m e apresentaram uma amplitude, no período estudado de 16 m, com valor médio de 18 m. O valor mínimo foi registrado no mês de maio/08 e o máximo, nos meses de novembro/06 e janeiro/08 (Figura 11).

Quanto à sazonalidade da transparência da água, percebe-se que há diferença significativa ($p=0,00$) entre os valores, com o período de estiagem apresentando águas com maior transparência.

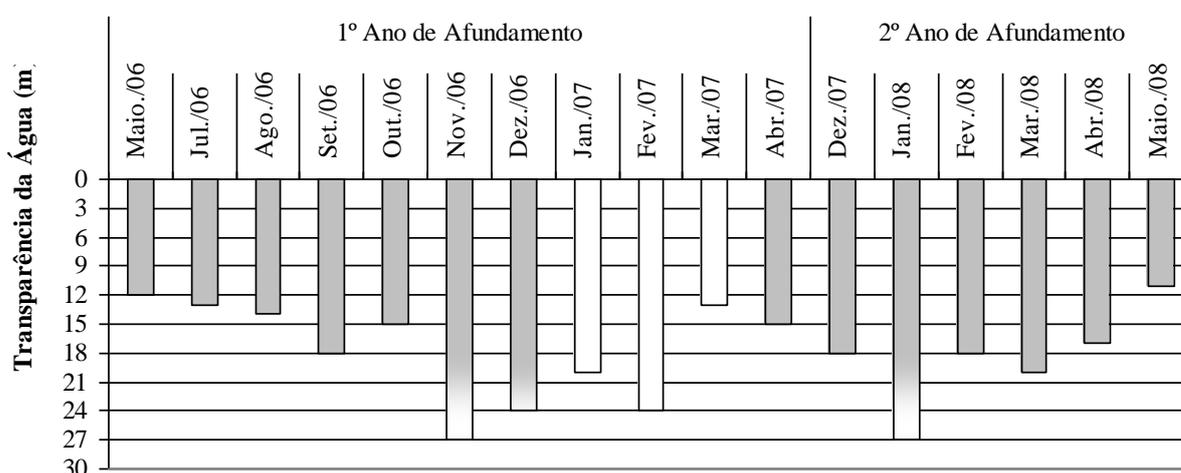


Figura 11 – Variação temporal da transparência da água (Disco de Secchi), nas adjacências do naufrágio Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.2 Material Particulado em Suspensão (mg.L^{-1})

Os valores de material particulado em suspensão variaram de um mínimo de $1,73 \text{ mg.L}^{-1}$, registrado em janeiro/08, no naufrágio, a um máximo de $12,80 \text{ mg.L}^{-1}$, em maio/06, no Mercurius/superfície. A concentração média para o período de estudo foi de $5,54 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 12).

Em relação ao primeiro ano de afundamento, observou-se que os maiores valores foram registrados no período considerado chuvoso (maio, julho e agosto), com uma média de $8,82 \text{ mg.L}^{-1}$ para a superfície e $7,43 \text{ mg.L}^{-1}$ para o naufrágio, considerando os valores anotados nos dois recifes artificiais. Após o intervalo entre setembro/06 e fevereiro/07, a quantidade de material particulado volta a crescer, com os meses de março/07 e abril/07

apresentando uma média na superfície de 7,00 mg.L⁻¹ e 6,80 mg.L⁻¹. Destaca-se, no período de estiagem, os valores encontrados no mês de setembro/06, no Mercurius/naufrágio de 8,40 mg.L⁻¹ e no Saveiros/naufrágio de 9,87 mg.L⁻¹. A média para esse meses (excetuando setembro/06) foi de 3,38 mg.L⁻¹ na superfície e 4,25 mg.L⁻¹, no naufrágio.

Quanto às variações das concentrações na superfície e no naufrágio no primeiro ano de afundamento foi possível constatar que não existe diferença significativa entre os dois pontos de coleta: Mercurius ($p=0,81$) e Saveiros ($p=0,71$). No que se refere à sazonalidade, comparando os valores obtidos na superfície e naufrágio no período chuvoso com os de estiagem, percebe-se que há diferença significativa entre as estações: Mercurius ($p=0,02$) e Saveiros ($p=0,02$).

No segundo ano de afundamento, com a coleta sendo realizada apenas nas adjacências do Mercurius, a média dos valores foi de 3,48 mg.L⁻¹, na superfície, e de 4,92 mg.L⁻¹, no ponto naufrágio. Da mesma forma que o primeiro ano de afundamento, a análise de variância mostrou não haver diferença significativa ($p=0,07$) entre os pontos de coleta superfície e naufrágio. Tampouco houve diferença significativa ($p=0,26$) ao comparar os meses de dezembro/07, janeiro/08 e fevereiro/08 com os de março/08, abril/08 e maio/08.

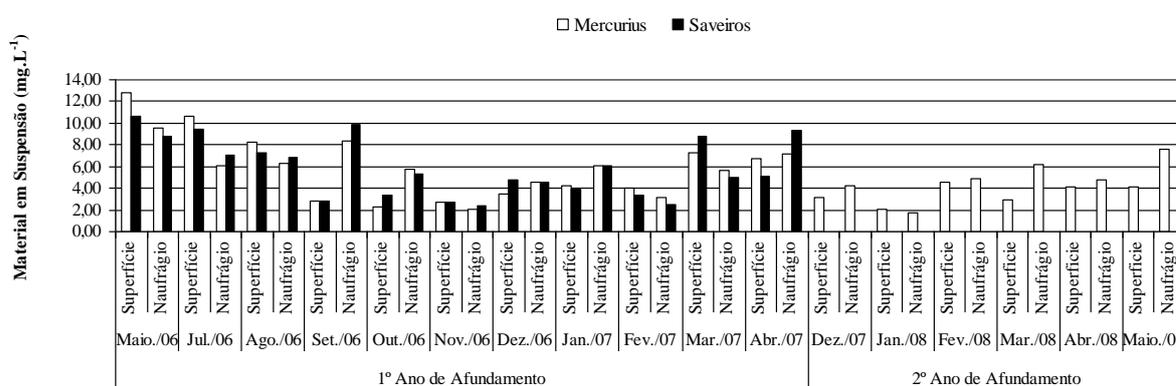


Figura 12 – Variação temporal do material particulado em suspensão (mg.L⁻¹) nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.3 Temperatura da Água (°C)

O valor médio da temperatura da água registrado durante o primeiro ano de afundamento foi de 28,27°C na superfície e 27,03°C no naufrágio, com uma amplitude térmica de 2,5°C e 3°C, respectivamente. A temperatura mínima foi de 25°C, registrada no mês de setembro/06 no naufrágio, enquanto que a máxima foi de 29,5°C, nos meses de julho/06 e abril/07, na superfície (Figura 13).

Quanto à variância desse parâmetro, observa-se que sazonalmente os valores registrados não apresentam diferença significativa ($p=0,39$), porém quando comparados os pontos de coletas superfície e naufrágio a diferença existe ($p=0,00$), estando a superfície, com exceção do mês de março/07, sempre mais aquecida que o fundo (naufrágio).

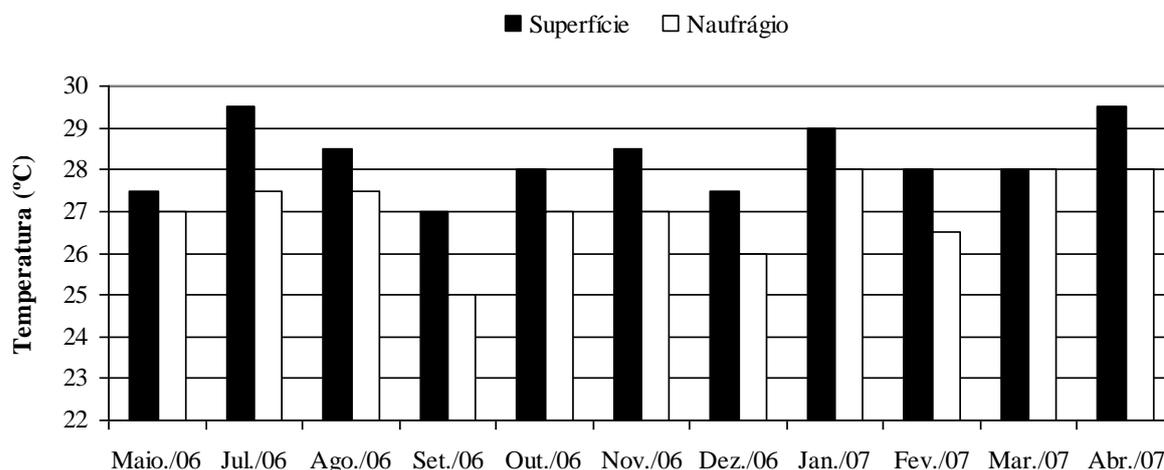


Figura 13 – Variação temporal da temperatura da água (°C), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.4 Salinidade

Os teores de salinidade variaram de 35 a 37, na superfície e no naufrágio, com uma média geral de 36,18 e 36,36, respectivamente. Os valores mínimos foram registrados no mês de janeiro/07. Destaca-se a diferença entre a salinidade anotada na superfície e no naufrágio nos meses de maio/06 e agosto/06. Enquanto em todo período amostral os teores foram iguais para ambas as profundidades de coleta, naqueles meses houve uma diferença de 1 na salinidade (Figura 14).

Não foi constatada diferença significativa ($p=0,46$) entre os valores registrados na superfície e no naufrágio, o mesmo ocorrendo no que se refere à sazonalidade ($p=0,24$).

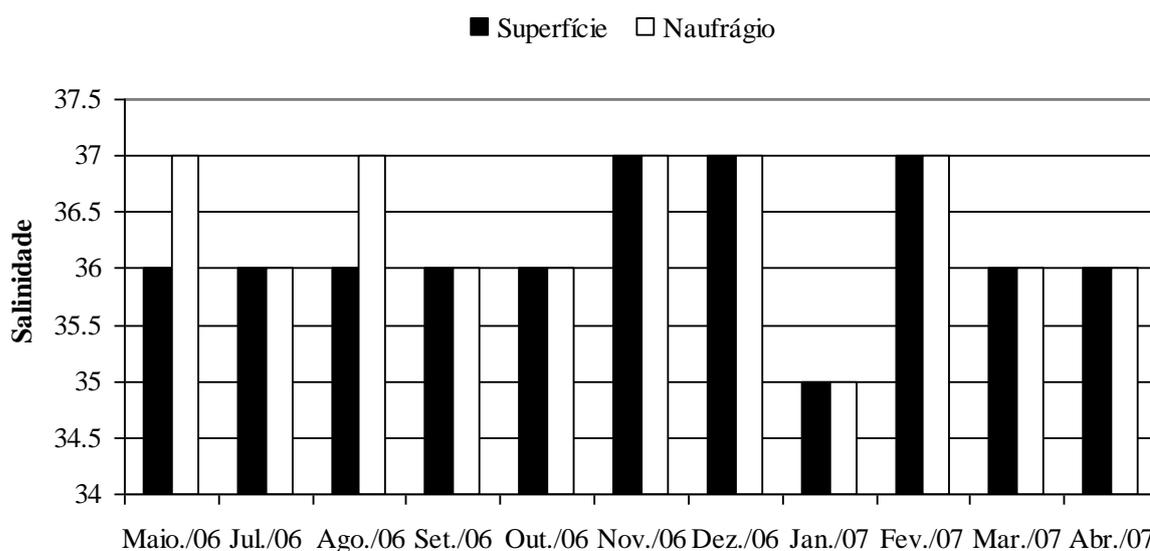


Figura 14 – Variação temporal da salinidade, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.5 Oxigênio Dissolvido (ml.L^{-1}) e Taxa de saturação do Oxigênio (%)

A concentrações de oxigênio dissolvido na água, durante o primeiro ano de afundamento, variaram de $4,00 \text{ ml.L}^{-1}$ a $5,41 \text{ ml.L}^{-1}$, no Mercurius, e de $4,02 \text{ ml.L}^{-1}$ a $5,22 \text{ ml.L}^{-1}$, no Saveiros. No geral, a média foi de $4,83 \text{ ml.L}^{-1}$, no Mercurius, e de $4,85 \text{ ml.L}^{-1}$, no Saveiros (Figura 15).

Não foi observada diferença significativa entre os valores registrados no naufrágio e no entorno: (Mercurius: $p=0,97$) e (Saveiros: $p=0,51$). O mesmo foi verificado em relação à coluna d'água, onde não houve diferença significativa entre a superfície e o entorno: (Mercurius: $p=0,97$) (Saveiros: $p=0,13$). A estabilidade dos teores de oxigênio dissolvido também não permitiu distinguir uma sazonalidade durante o período estudado, de modo que os meses do período chuvoso não diferenciaram significativamente daqueles considerados de estiagem (Mercurius: $p=0,48$) (Saveiros: $p=0,23$).

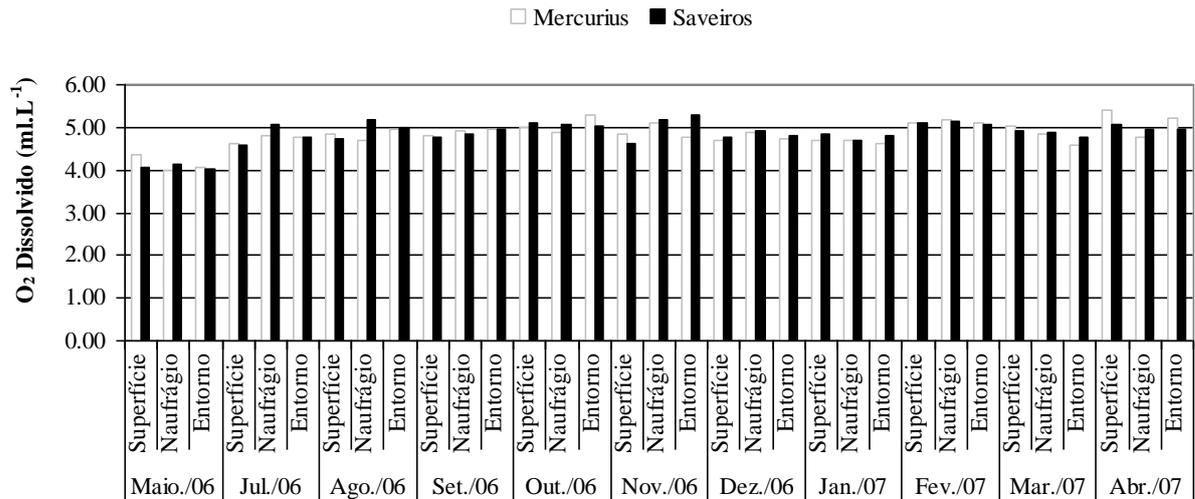


Figura 15 – Variação temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (ml.L^{-1}) na água, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

No que se refere à taxa de saturação do oxigênio, não ocorreram grandes variações durante o período de estudo, com os valores variando de 88,50 a 124%. O nível mínimo de saturação registrado foi em maio/06, no Mercurius/naufrágio e o máximo em abril/07 no Mercurius/superfície (Figura 16).

Observa-se que o oxigênio dissolvido na água foi encontrado, na maior parte do período estudado, em quantidade supersaturada. No geral, a média foi de 107,79% para o Mercurius e de 108,12% para o Saveiros.

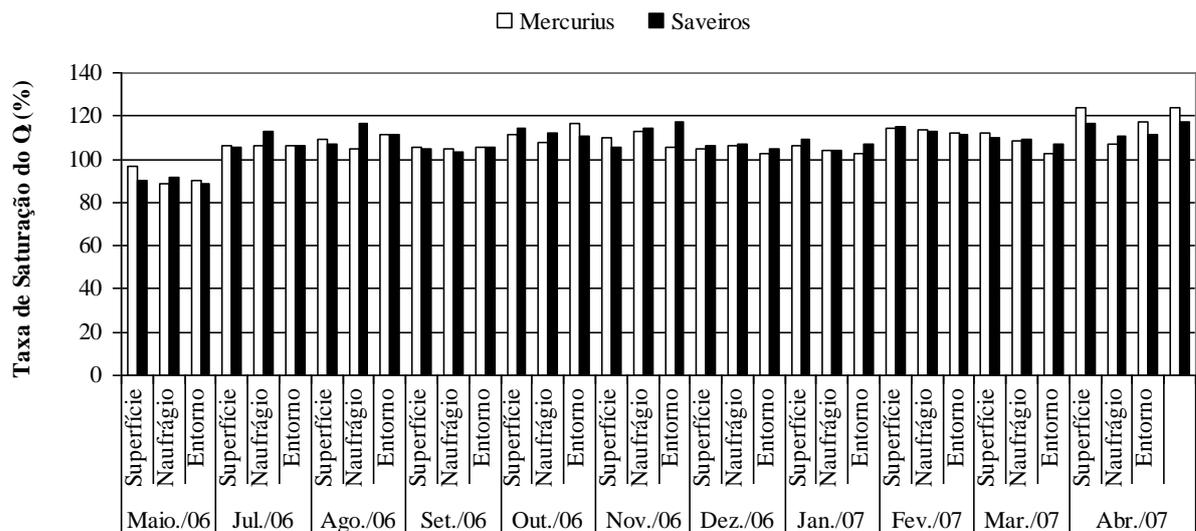


Figura 16 – Variação temporal da taxa de saturação do oxigênio dissolvido (%) na água, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores do pH variaram de um mínimo de 7,33, registrado no Mercurius/superfície, em fevereiro/07, a 8,71, no Saveiros/naufrágio, no mês de outubro/06. A média geral para o período de estudo foi de 8,34 (Figura 17).

No Mercurius, no naufrágio, o pH da água apresentou um valor médio de 8,26, com valores mínimo e máximo, de 7,35 e de 8,61, no mês de fevereiro/07 e julho/06, respectivamente. No Saveiros, no naufrágio, o valor médio do pH da água foi de 8,19, sendo o menor valor de 7,39, registrado no mês de fevereiro/07, e o maior, de 8,71, no mês de outubro/06.

Sazonalmente, não foram verificadas variações significativas ($p=0,43$) ($p=0,24$), sendo registrada apenas algumas diminuições dos valores em janeiro, fevereiro e março, principalmente no ponto naufrágio.

Quanto à variação espacial, os pontos de coleta naufrágio e entorno apresentaram valores de pH aproximados e sem diferenças significativas ($p= 0,59$). Na análise geral, constata-se que não existe diferença significativa entre todos os pontos de coletas no Mercurius ($p= 0,19$), ao contrário do Saveiros em que há diferença ($p= 0,05$). Ressalta-se, por fim, que as médias nos pontos de coleta naufrágio foram inferiores a dos outros pontos: (Mercurius: 8,44/superfície; 8,26/naufrágio; 8,35/entorno) (Saveiros: 8,50/superfície; 8,19/naufrágio; 8,35/entorno).

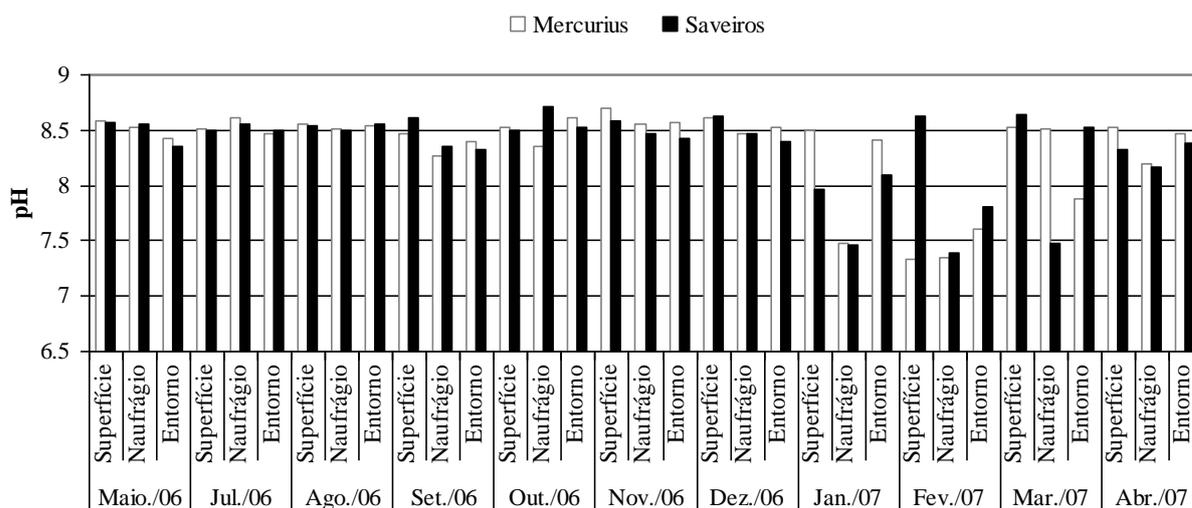


Figura 17 – Variação temporal do potencial Hidrogeniônico (pH), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.7 Nutrientes Dissolvidos

6.1.2.7.1 Nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$)

As concentrações de nitrito variaram desde valores não detectáveis a $0,07\mu\text{M}$, destacando-se, respectivamente, os três primeiros meses de afundamento, em todos os pontos de coleta e, logo em seguida, o mês de setembro/06 – que marcou os maiores valores. A concentração média geral para o período estudado foi de $0,02\mu\text{M}$ (Figura 18).

No Mercurius/naufrágio, a concentração de nitrito apresentou um valor médio de $0,03\mu\text{M}$, variando de valores não detectáveis a um máximo de $0,07\mu\text{M}$. No entorno, a média foi de $0,02\mu\text{M}$ e os teores variaram de indetectáveis a $0,05\mu\text{M}$.

No Saveiros/naufrágio, o teor médio do nitrito foi de $0,03\mu\text{M}$, com os valores variando de não detectáveis a $0,07\mu\text{M}$, este último em abril/07. No entorno, a média foi de $0,02\mu\text{M}$, com valores variando de não detectáveis a um máximo de $0,05\mu\text{M}$.

Em relação aos pontos de coletas, observa-se que as médias registradas no Mercurius e no Saveiros, no ponto naufrágio, é maior do que as da superfície e do entorno. No entanto, não foi constatada diferença significativa entre esses pontos (Mercurius: $p=0,31$) e (Saveiros: $p=0,29$).

No Saveiros, a análise de variância aponta para uma diferença significativa entre os meses considerados chuvosos para os de estiagem ($p=0,03$). No Mercurius, não houve diferença sazonal significativa ($p=0,07$). Embora haja essa distinção entre os dois, quando se compara os dados obtidos nos dois recifes artificiais, percebe-se que não existe diferença significativa entre eles ($p=0,91$).

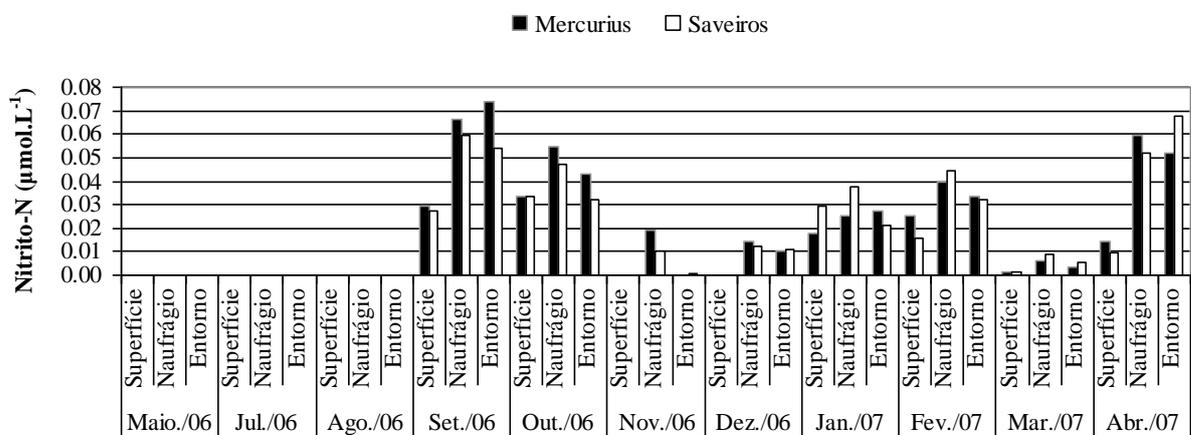


Figura 18 – Variação temporal do nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.7.2 Nitrato ($\text{NO}_3^- \text{ N}$)

As concentrações de nitrato variaram desde valores não detectáveis a $1,99\mu\text{M}$, sendo o teor máximo registrado em setembro/06, no Saveiros/naufrágio. A concentração média geral para os dois recifes no período estudado foi de $0,63\mu\text{M}$ (Figura 19).

No Mercurius/naufrágio, a concentração de nitrato apresentou um valor médio de $0,79\mu\text{M}$, variando de $0,02\mu\text{M}$, em maio/06, a um máximo de $1,69\mu\text{M}$, em abril/07. No entorno, a média foi de $0,53\mu\text{M}$ e os teores mínimo e máximo foram, respectivamente, não detectáveis, no mês de julho/06, e $1,49\mu\text{M}$, em setembro/06.

No Saveiros/naufrágio, o teor médio do nitrato foi de $0,75\mu\text{M}$, sendo a menor concentração, de $0,05\mu\text{M}$, registrada nos meses de maio/06 e fevereiro/07 e a maior, de $1,99\mu\text{M}$, em setembro/06. No entorno, a média foi de $0,59\mu\text{M}$, com valores variando de $0,04\mu\text{M}$, no mês de julho/06, a um máximo de $1,68\mu\text{M}$ em setembro/06.

No que diz respeito à sazonalidade, não houve diferença significativa deste parâmetro, Mercurius ($p=0,24$) e Saveiros ($p=0,14$), estando as concentrações mais elevadas no mês de setembro/06, em todos os pontos de coletas, em ambos os recifes artificiais.

Em relação aos pontos de coletas, observou-se, de forma geral, que não houve diferenças significativas entre eles, Mercurius ($p=0,32$) e Saveiros ($p=0,63$). Entretanto, assim como o nitrito, a média dos valores registrados no ponto naufrágio se destaca dos demais pontos. Comparando, por fim, as concentrações de nitrato obtidas nos dois recifes artificiais, constata-se que não existe diferença significativa entre elas ($p=0,87$), ficando o Mercurius com uma média total de $0,64\mu\text{M}$ e o Saveiros de $0,62\mu\text{M}$.

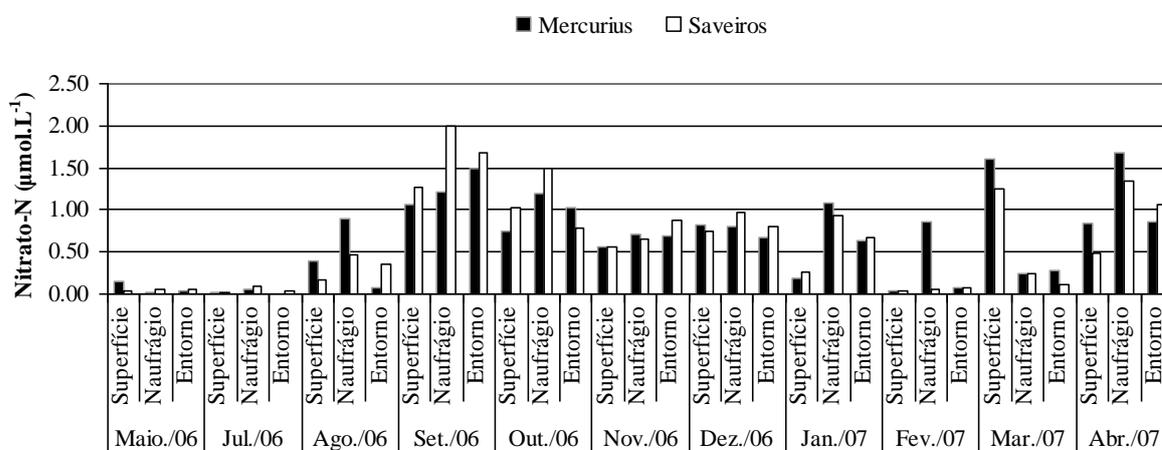


Figura 19 – Variação temporal do nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.7.3 Fosfato ($PO_4 - P$)

Os teores de fosfato variaram desde valores não detectáveis até $0,92\mu M$, em setembro/06, no Mercurius/naufrágio. A concentração média para o período de estudo nos dois recifes artificiais foi de $0,13\mu M$ (Figura 20).

No Mercurius/naufrágio, a concentração de fosfato apresentou um valor médio de $0,20\mu M$, variando de valor indetectável, em maio/06, ao máximo de $0,92\mu M$. No entorno, a média foi de $0,16\mu M$ e os teores mínimo e máximo foram, respectivamente, $0,02\mu M$, no mês de novembro/06, e $0,481\mu M$, em dezembro/06.

No Saveiros/naufrágio, o teor médio do fosfato, no naufrágio, foi de $0,19\mu M$, variando de $0,01\mu M$, no mês de maio/06, a um máximo de $0,53\mu M$, em setembro/06. No entorno, a média foi de $0,15\mu M$, com valores variando de valores não detectáveis, no mês de maio/06, a um máximo de $0,44\mu M$, em setembro/06.

Ao comparar os valores obtidos nos dois recifes artificiais é possível visualizar nitidamente a semelhança entre os números, tanto que a análise variância não mostra diferença significativa entre o Mercurius e Saveiros ($p=0,89$). A média geral no Mercurius foi de $0,14\mu M$ e de $0,13\mu M$ no Saveiros.

Não foi observada sazonalidade, não havendo diferença significativa entre meses chuvosos e de estiagem: Mercurius ($p=0,40$) e Saveiros ($p=0,77$).

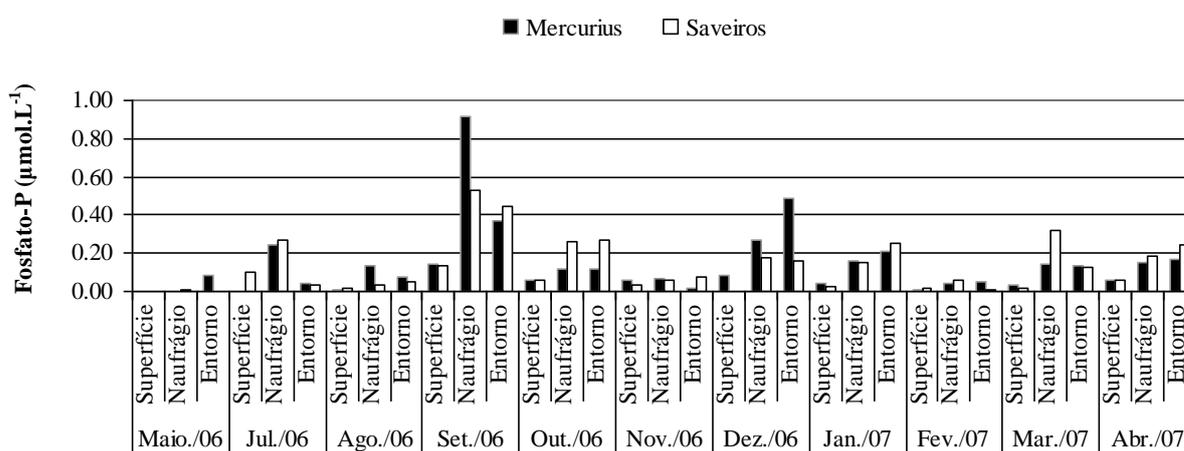


Figura 20 – Variação temporal do fosfato-P ($\mu mol.L^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.1.2.7.4 Silicato ($\text{SiO}_2\text{-Si}^-$)

Os teores de silicato variaram desde valores não detectáveis, com destaque para o mês de maio/06, nos dois recifes artificiais, em todos os três pontos de coletas, até o máximo de $24,18\mu\text{M}$, em setembro/06, no Mercurius/naufrágio. A concentração média para o período de estudo em ambos os recifes artificiais foi de $8,76\mu\text{M}$ (Figura 21).

No Mercurius/naufrágio, a concentração média dos teores de silicato foi de $8,65\mu\text{M}$, com valores não detectáveis em maio/06 e julho/06 e o máximo de $24,18\mu\text{M}$. Para o entorno, a média foi de $9,45\mu\text{M}$, com teores que variaram de indetectáveis a $18,36\mu\text{M}$, em janeiro/07.

No Saveiros/naufrágio, o teor médio do silicato foi de $10,74\mu\text{M}$, com valores não detectáveis registrados nos meses de maio/06 e março/07, e máximo de $21,30\mu\text{M}$, em setembro/06. No entorno, a média foi de $7,82\mu\text{M}$, com teores variando de indetectável a $17,76\mu\text{M}$, em outubro/06.

Em relação à sazonalidade, foi verificada diferença significativa ($p=0,00$) em ambos os recifes artificiais, apresentando o período de estiagem uma média mais elevada do que a do período chuvoso, respectivamente: Mercurius ($10,88\mu\text{M}$ e $4,40\mu\text{M}$) e Saveiros ($11,70\mu\text{M}$ e $4,64\mu\text{M}$).

Por outro lado, observa-se que não existe diferença significativa entre os naufrágios ($p=0,85$), com o Mercurius apresentando uma média total de $8,63\mu\text{M}$ e o Saveiros de $8,89\mu\text{M}$. Tampouco foi observada diferença significativa entre os diferentes pontos de coleta, Mercurius ($p=0,85$) e Saveiros ($p=0,65$).

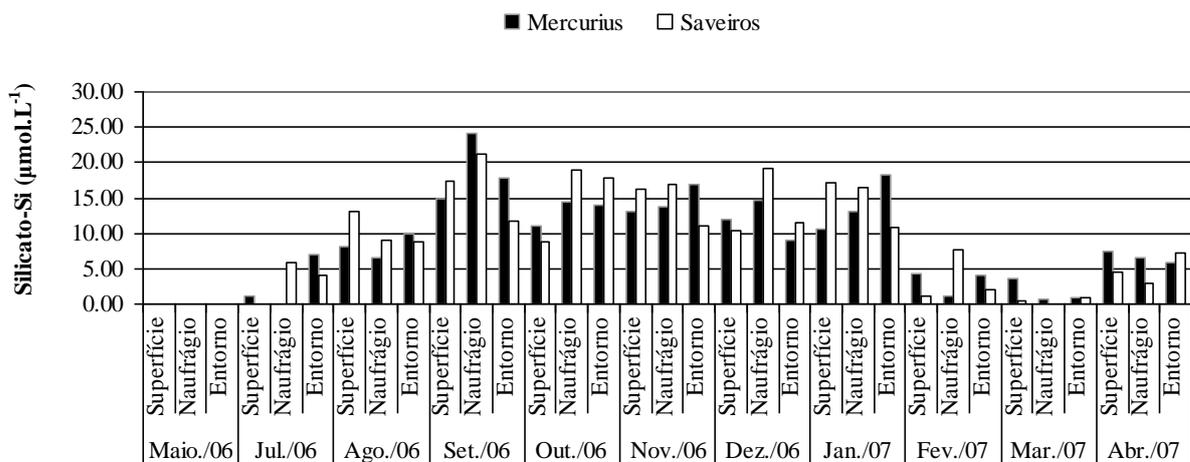


Figura 21 – Variação temporal do silicato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.2 Parâmetros Biológicos

6.2.1 Biomassa Fitoplanctônica (mg.m^{-3})

Os teores de clorofila *a* variaram de um mínimo de $0,47\text{mg.m}^{-3}$, registrado em agosto/06, no Mercurius/superfície, a um máximo de $5,39\text{mg.m}^{-3}$, em maio/07, no Mercurius/naufrágio. A concentração média geral para o primeiro ano de estudo foi de $1,59\text{mg.m}^{-3}$ e de $2,03\text{mg.m}^{-3}$ para o segundo ano (Figura 22).

No geral, o Mercurius/naufrágio apresentou um teor médio de clorofila *a* de $2,12\text{mg.m}^{-3}$. O menor valor foi de $0,51\text{mg.m}^{-3}$, registrado no mês de dezembro/07, e o maior de $5,39\text{mg.m}^{-3}$, no mês de maio/06. No entorno, a média foi de $1,75\text{mg.m}^{-3}$, com teor mínimo de $0,67\text{mg.m}^{-3}$, no mês de dezembro/07, e máximo de $4,80\text{mg.m}^{-3}$, no mês de maio/07.

No Saveiros/naufrágio, o teor médio da clorofila *a* foi de $2,00\text{mg.m}^{-3}$, sendo o mínimo de $0,75\text{mg.m}^{-3}$, no mês de dezembro/07, e o máximo de $4,42\text{mg.m}^{-3}$, no mês de maio/07. No entorno, a média foi de $1,56\text{mg.m}^{-3}$, sendo a concentração mínima de $0,55\text{mg.m}^{-3}$, registrada em dezembro/07 e a máxima de $3,77\text{mg.m}^{-3}$, em setembro/06.

Em relação à variação sazonal no primeiro ano de afundamento, os teores de clorofila *a* foram significativamente diferentes no Mercurius ($p=0,00$), com maiores valores registrados durante o período de estiagem (média $1,53\text{mg.m}^{-3}$ contra $1,18\text{mg.m}^{-3}$ do período chuvoso), assim como no Saveiros ($p=0,00$) que para o período de estiagem apresentou média de $1,63\text{mg.m}^{-3}$, e para o chuvoso de $1,03\text{mg.m}^{-3}$.

Comparando-se os dois recifes artificiais, tendo como base os valores do naufrágio e do entorno, não foi observada diferença significativa entre eles ($p=0,76$), embora o Mercurius apresente uma média superior ao Saveiros, $1,94\text{mg.m}^{-3}$ e $1,78\text{mg.m}^{-3}$, respectivamente. Também não se verificou diferença significativa ao se comparar os pontos de coleta naufrágio e entorno no Mercurius ($p=0,19$) e no Saveiros ($p=0,15$).

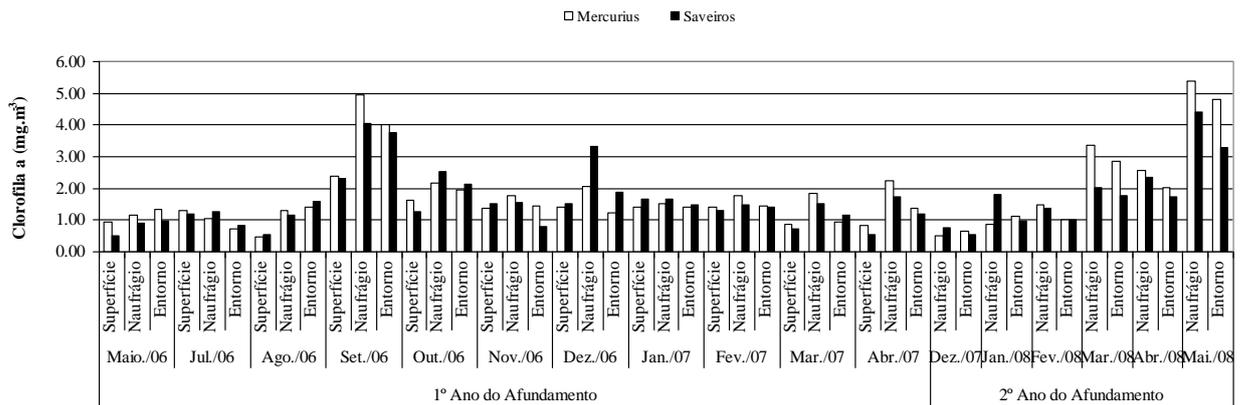


Figura 22 – Variação temporal da biomassa fitoplanctônica – Clorofila *a* – (mg.m⁻³), nas adjacências dos naufrágios Mercúrius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.2.2 Composição Florística

A análise das 46 amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrius e Saveiros permitiu inventariar um total de 93 táxons, sendo 70 infragenéricos e 23 ao nível de gênero/família. Desse total, a divisão Ochrophyta contribuiu com 52, Dinoflagellata (Myzozoa) com 32, Cyanobacteria com 05, Chlorophyta com 03 e Euglenozoa com 01 (Figura 23).

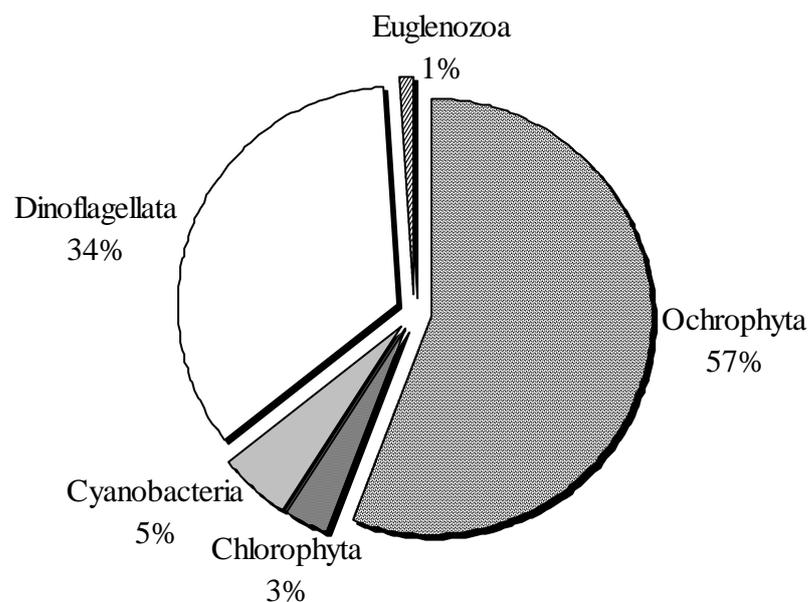


Figura 23 – Distribuição percentual, por Divisão, do número de táxons do microfitoplâncton identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Os táxons identificados nas amostras foram distribuídos em 46 gêneros, enquadrados em seis classes taxonômicas sequenciadas em ordem de riqueza taxonômica: Bacillariophyceae, Mediophyceae, Coscinodiscophyceae, Dinophyceae, Fragilariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae e Euglenophyceae.

A seguir, é apresentado o inventário florístico simplificado das espécies fitoplanctônicas, indicando apenas os gêneros e os respectivos números de espécies observadas. A lista dos táxons pode ser encontrada de forma detalhada no apêndice.

Cyanobacteria

Cyanophyceae

Lygyia (1), *Oscillatoria* (1), *Phormidium* (1), *Richelia* (1), *Trichodesmium* (1)

Euglenozoa

Euglenophyceae

Euglena (1)

Dinoflagellata

Dinophyceae

Neoceratium (18), *Dinophysis* (1), *Ornithocercus* (3), *Oxytoxum* (1), *Protoperidinium* (8), *Pyrocystis* (1).

Ochrophyta

Bacillariophyceae

Amphora (1), *Amphiprora* (1), *Asterionellopsis* (1), *Bacillaria* (1), *Bleakeleya* (1), *Climacosphenia* (1), *Cocconeis* (1), *Diploneis* (1), *Fragilaria* (1), *Gyrosigma* (1), *Grammatophora* (1), *Licmophora* (2), *Lyrella* (1), *Nitzschia* (5), *Pleurosigma* (1), *Podocystis* (1), *Rhabdonema* (1), *Surirella* (1), *Striatella* (1), *Synedra* (1), *Thalassionema* (1).

Coscinodiscophyceae

Proboscia (1), *Pseudosolenia* (1), *Rhizosolenia* (4),

Mediophyceae

Biddulphia (2), *Chaetoceros* (6), *Dimeregramma* (1), *Hemiaulus* (2), *Isthmia* (1), *Navicula* (2), *Triceratium* (2), *Tropidoneis* (2).

Chlorophyta

Siphonocladophyceae

Cladophora (2), *Rhizoclonium* (1).

6.2.3 Riqueza e Distribuição Taxonômica

A riqueza taxonômica apresentou uma pequena variação nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros ao longo do período estudado. Os valores obtidos variaram

de um mínimo de 11 táxons, em julho/06, no Saveiros/naufrágio, a um máximo de 38 táxons, em setembro/06, no Saveiros/naufrágio (Figuras 24 e 25).

Quanto às médias mensais, para o primeiro ano de afundamento essa ficou em 24 espécies por mês, tanto para o Mercurius como para o Saveiros. No segundo ano, a média para o Mercurius/naufrágio foi de 28 espécies/mês, no Saveiros/naufrágio foi de 25, no Mercurius/entorno de 26 e no Saveiro/entorno de 25 espécies/mês.

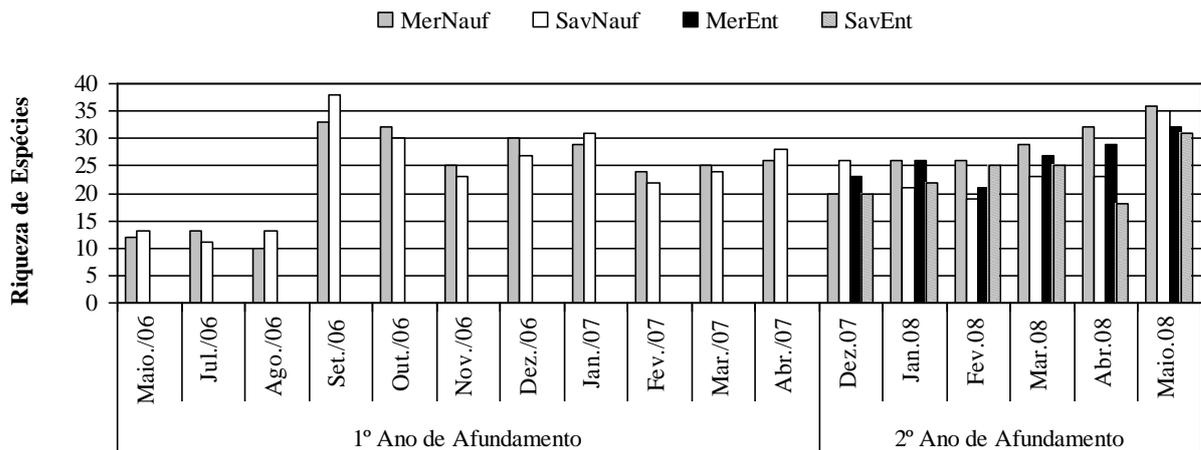


Figura 24 – Variação temporal da riqueza taxonômica do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

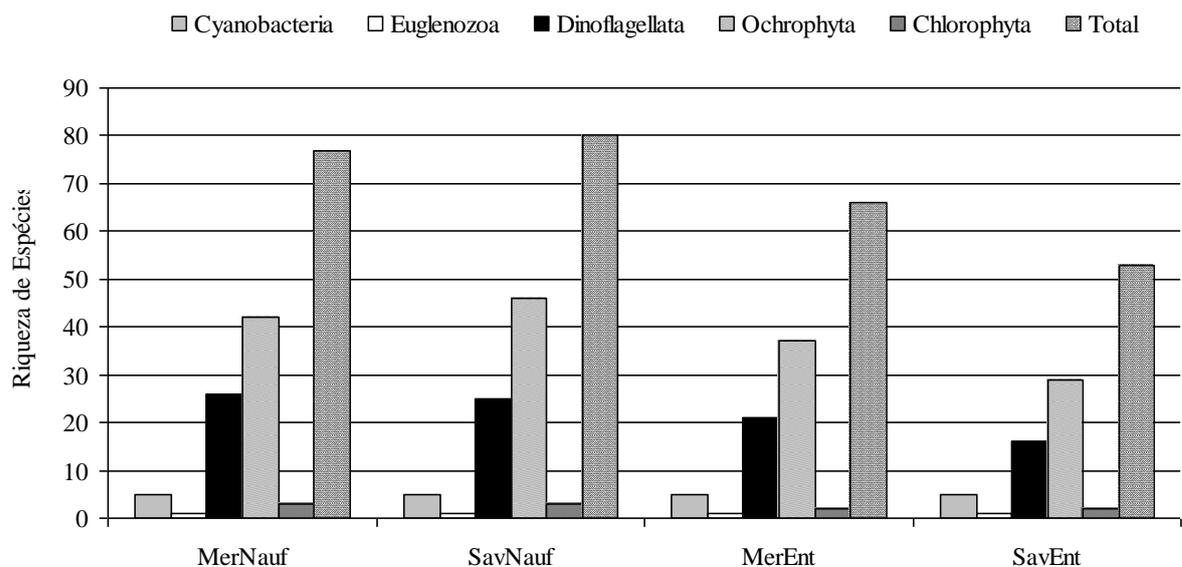


Figura 25 – Variação da riqueza taxonômica, por Divisão, do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

No que se refere ao número total de táxons, o mês de maio/08 apresentou os maiores valores, seguido de setembro/06 (Figura 26). Em maio/08 o motivo de tal fato ocorreu em virtude do grande número de *Chaetoceros* sp. nas amostras. Excetuando este táxon da contagem o mês ficaria com 360 (Mercurius/naufrágio), 227 (Saveiros/naufrágio), 280 (Mercurius/entorno) e 174 (Saveiros/entorno). Já em setembro/06 algumas espécies também se destacaram no Mercurius e Saveiros, respectivamente: *Oscillatoria* sp. (93 e 81 organismos contados), *Asterionellopsis glacialis* (75 e 59 organismos contados) e *Rhizoclonium* sp. (75 e 109 organismos contados).

Em termos de média, o primeiro ano de afundamento registrou 166 táxons/mês no Mercurius e 174 no Saveiros. No segundo ano, excetuando o mês de maio/08 que, no geral, fora atípico, a média para o Mercurius/naufrágio foi de 234 táxons/mês, no Saveiros/naufrágio foi de 175, no Mercurius/entorno de 188 e no Saveiro/entorno de 117 táxons/mês.

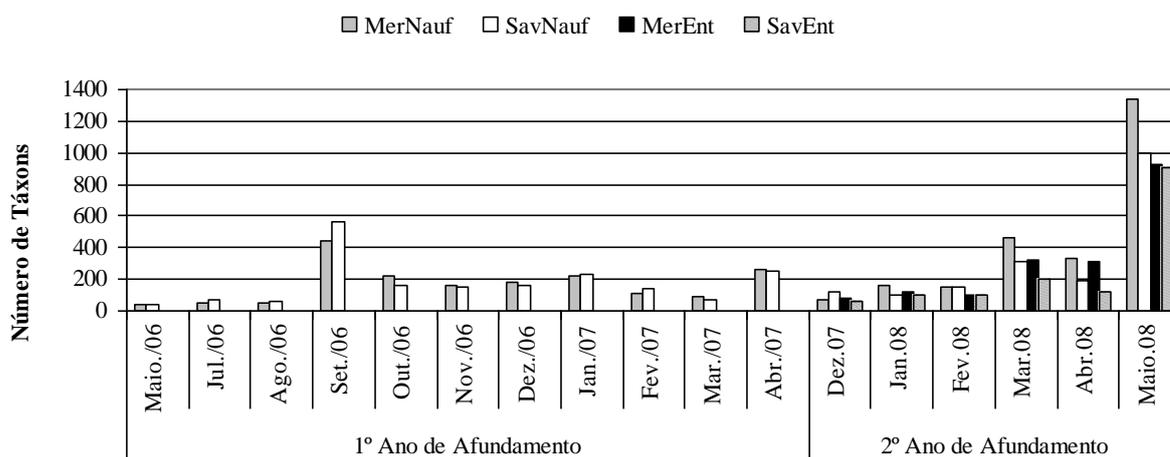


Figura 26 – Variação temporal do número de táxons do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

A análise qualitativa do microfitoplâncton mostrou que a divisão **Ochrophyta** foi a que mais contribuiu para a riqueza florística local, sendo responsável por 57% de todos os táxons identificados, o que representa um total de 52 táxons. Os táxons desta divisão estiveram incluídos em três classes: **Bacillariophyceae**, a que mais contribuiu para a riqueza taxonômica, com 26 táxons, seguida das classes **Mediophyceae** e **Coccinodiscophyceae** com 6 e 18 táxons, respectivamente.

Dinoflagellata (Classe **Dinophyceae**) constituiu o segundo grupo que mais contribuiu para a riqueza taxonômica, tendo sido identificados 32 táxons, representando 34% do total de táxons identificados.

Cyanobacteria (Classe **Cyanophyceae**) foi o terceiro grupo mais representativo nas adjacências dos naufrágios com 05 táxons identificados.

O grupo **Chlorophyta** (Classe **Siphonocladophyceae**) somou 03 táxons identificados, seguido do grupo **Euglenozoa** (Classe **Euglenophyceae**) que teve apenas 01 táxon, sendo as classes menos representativas do fitoplâncton, em termos qualitativos nos naufrágios estudados.

6.2.2.1. Caracterização Espacial

Analisando a distribuição dos táxons entre os pontos de coleta nos dois recifes artificiais, no segundo ano de amostragem, foi possível observar que embora as médias de riqueza taxonômica dos pontos naufrágio (no Mercurius e no Saveiros) sejam maiores que as dos pontos entorno (respectivamente, 28,16 e 26,33 – 24,5 e 23,5), não há diferença significativa entre os pontos de coleta: Mercurius ($p=0,62$) e Saveiros ($p=0,74$). Ao se comparar os valores obtidos nos pontos de coleta naufrágio, nos dois recifes, verifica-se que também não existe diferença significativa entre eles ($p=0,20$), embora o Mercurius apresente uma média superior ao Saveiros.

Quando se procede a análise de variância a partir dos dados de número total mensal de táxons, percebe-se o mesmo resultado mostrado anteriormente, ou seja, não há diferença significativa entre os pontos naufrágio e entorno: Mercurius ($p=0,52$) e Saveiros ($p=0,26$). Comparando-se os dois recifes artificiais, tendo como base os valores obtidos nos pontos naufrágios, também não é notada diferença significativa entre eles ($p=0,80$).

6.2.2.2. Caracterização Sazonal

Durante o período chuvoso, a comunidade microfitoplanctônica esteve representada por 63 táxons, distribuídos entre 4 cianobactérias, 1 euglenofíceas, 20 dinoflagelados, 35 diatomáceas e 03 clorofíceas (Figura 27 e 28). Já no período de estiagem a comunidade fitoplanctônica esteve representada por 60 táxons, distribuídos entre 5 cianobactérias, 1 euglenofíceas, 22 dinoflagelados, 29 diatomáceas e 3 clorofíceas. Comparando-se os períodos a partir dos valores de riqueza de espécies anotados nos dois recifes, no ponto naufrágio, percebe-se que não há diferença sazonal significativa ($p=0,33$). O mesmo resultado é encontrado quando utilizados os valores de número total de táxons ($p=0,90$).

Em relação aos pontos de coleta, no período chuvoso, o Mercurius/naufrágio apresentou um total de 55 táxons, distribuídos entre 4 cianobactérias, 1 euglenofíceas, 15 dinoflagelados, 32 diatomáceas e 3 clorofíceas. No Saveiros/naufrágio, foram identificados

52 táxons, distribuídos entre 4 cianobactérias, 1 euglenofíceas, 19 dinoflagelados, 26 diatomáceas e 3 clorofíceas (Figura 28).

No período de estiagem, o ponto de coleta Mercurius/naufrágio registrou um total de 53 táxons, distribuídos entre 5 cianobactérias, 1 euglenofíceas, 19 dinoflagelados, 25 diatomáceas e 3 clorofíceas. No ponto Saveiros/naufrágio apresentou um número maior de táxons, totalizando 56, distribuídos entre 5 cianobactérias, 1 euglenofíceas, 20 dinoflagelados, 27 diatomáceas e 3 clorofíceas (Figura 28).

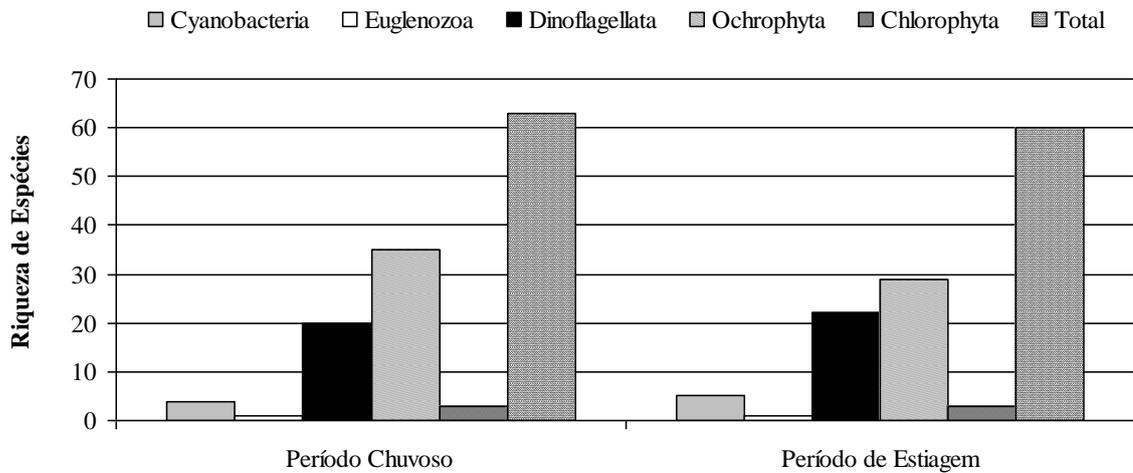


Figura 27 – Variação sazonal da riqueza taxonômica, por Divisão, do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

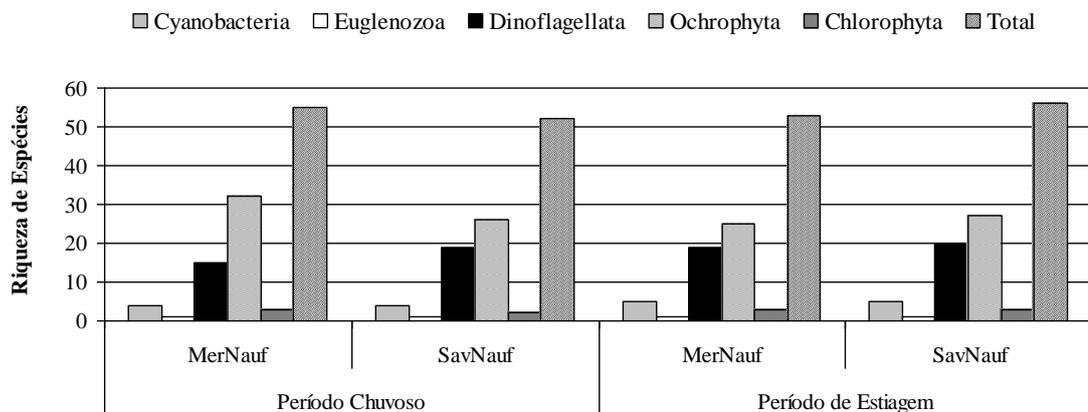


Figura 28 – Variação sazonal da riqueza taxonômica, por Divisão e por Naufrágio do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Espécies exclusivas do período chuvoso

Neoceratium carriense, *Neoceratium horridum*, *Oxytoxum scolopax*, *Protopteridinium claudicans*, *Chaetoceros coartactus*, *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros peruvianus*, *Cocconeis scutellum*, *Diploneis bombus*, *Gyrosigma* sp., *Hemiaulus hauckii*, *Pseudonitzschia pungens*, *Pseudosolenia calcaravis*, *Rhizosolenia hebetata*, *Guinardia striata* e *Thalassionema frauenfeldii*.

Espécies exclusivas do período de estiagem

Phormidium sp., *Neoceratium porrectum*, *Neoceratium symmetricum*, *Ornithocercus magnificus*, *Pyrocystis robusta*, *Protopteridinium divergens*, *Protopteridinium oblongum*, *Biddulphia obtusa*, *Dimerogramma* sp., *Grammatophora oceanica*, *Rhabdonema adriaticum*, *Surirella fastuosa* e *Tropidoneis* sp.

6.2.3 Característica Ecológica da Flora

Dos táxons identificados nas amostras, foi possível enquadrar ecologicamente 70 espécies, obtendo-se como resultado os seguintes percentuais: **marinhos planctônicos oceânicos** (59%); **marinhos planctônicos neríticos** (24%), **ticoplanctônicos** (16%) e **estuarino** 1% (Tabela 01), (Figura 29).

Os organismos marinhos planctônicos oceânicos constituíram a maioria das espécies identificadas. Dentre esse universo, 29 táxons são dinoflagelados, 11 são diatomáceas e uma espécie de cianobactéria.

Quanto às espécies marinhas planctônicas, estas foram compostas por 15 diatomáceas e dois dinoflagelados.

As espécies que foram enquadradas na categoria ticoplanctônicas, estiveram pouco representadas, constituindo 16% da flora e foram representadas por 11 diatomáceas.

Por último, foi encontrada apenas uma espécie considerada estuarina (*Synedra undulata*), o que representou apenas 1% dos táxons identificados, sendo essa do grupo das diatomáceas.

Tabela 01 – Ecologia das espécies identificadas nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco.

CATEGORIA	NÚMERO DE TÁXON	%	TÁXON	
MARINHA PLANCTÔNICA	OCEÂNICA	41	59%	<i>Bacillaria paxillifera</i> , <i>Neoceratium breve</i> , <i>Neoceratium carriense</i> , <i>Neoceratium contortum</i> , <i>Neoceratium declinatum</i> , <i>Neoceratium euarquatum</i> , <i>Neoceratium fusus</i> , <i>Neoceratium macroceros</i> , <i>Neoceratium massiliense</i> , <i>Neoceratium pentagonum</i> , <i>Neoceratium porrectum</i> , <i>Neoceratium symmetricum</i> , <i>Neoceratium teres</i> , <i>Neoceratium trichoceros</i> , <i>Neoceratium tripos</i> , <i>Grammatophora oceanica</i> , <i>Hemiaulus membranaceus</i> , <i>Ornithocecus magnificus</i> , <i>Ornithocecus thumii</i> , <i>Prosbocia alata</i> , <i>Protooperidinium depressum</i> , <i>Protooperidinium divergens</i> , <i>Protooperidinium oblongum</i> , <i>Protooperidinium penducunlatum</i> , <i>Protooperidinium perplexum</i> , <i>Pyrocystis robusta</i> , <i>Rhizosolenia hebetata</i> , <i>Rhizosolenia setigera</i> , <i>Rhizosolenia styliformis</i> , <i>Trichodesmium thiebautii</i> , <i>Thalassionema frauenfeldii</i> , <i>Neoceratium horridum</i> , <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> , <i>Protooperidinium longipes</i> , <i>Protooperidinium claudicans</i> , <i>Hemiaulus hauckii</i> , <i>Oxytoxum scolopax</i> , <i>Neoceratium strictum</i> , <i>Neoceratium gibberum</i> , <i>Ornithocercus steinni</i> , <i>Guinardia striata</i> .
	NERÍTICA	17	24%	<i>Bleakeleya notata</i> , <i>Asterionellopsis glacialis</i> , <i>Neoceratium furca</i> , <i>Dinophysis caudata</i> , <i>Biddulphia tridens</i> , <i>Pseudonitzschia pungens</i> , <i>Chaetoceros lorenzianus</i> , <i>Striatella unipunctata</i> , <i>Biddulphia obtusa</i> , <i>Triceratium shadboldtianum</i> , <i>Licmophora remulus</i> , <i>Tropidoneis lepidoptera</i> , <i>Chaetoceros didymus</i> , <i>Chaetoceros coartactus</i> , <i>Chaetoceros peruvianus</i> , <i>Chaetoceros brevis</i> .
TICOPLANCTÔNICA	11	16%	<i>Isthmia enervis</i> , <i>Lyrella lyra</i> , <i>Nitzschia longissima</i> , <i>Podocystis adriatica</i> , <i>Rhabdonema adriaticum</i> , <i>Climacosphenia moniligera</i> , <i>Nitzschia closterium</i> , <i>Surirella fastuosa</i> , <i>Cocconeis scutellum</i> , <i>Diploneis bombus</i> , <i>Nitzschia incerta</i> .	
ESTUARINA	01	1%	<i>Synedra undulata</i>	

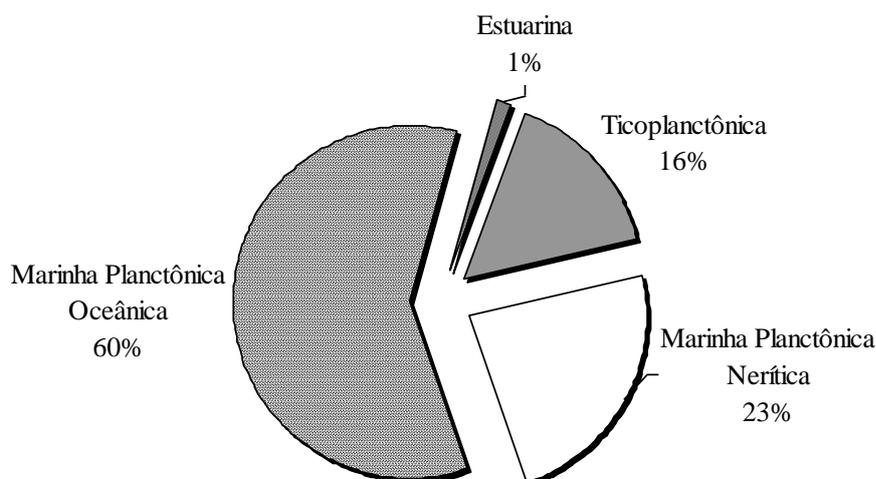


Figura 29 – Distribuição percentual dos táxons, baseada na classificação ecológica das espécies, identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.3 Tratamento Numérico dos Dados

6.3.1. Abundância Relativa dos Táxons

Ao longo do período estudado, foram registrados 19 táxons com abundância relativa acima de 10%. A diatomácea *Chaetoceros* sp. foi a que apresentou a maior média, considerando o universo amostral em que esteve presente, com 16,1% de abundância relativa; na sequência aparece a clorofícea *Rhizoclonium* sp. com 14,5%; *Oscillatoria* sp. com 12,7%; *Thichodesmium thiebautii* e *Asterionellopsis glacialis* com 11%. As espécies que registraram, em algum momento, abundância relativas acima de 10%, mas que na média geral ficaram abaixo desse valor, foram: *Chaetoceros lorenzianus* com 6,7; *Rhizosolenia stolterfot* com 6,6%; *Bacillaria paxillifera* com 6,3%; *Fragilaria* sp. com 5,2%; *Bleakeleya notata* com 5,1%; *Protoperidinium perplexum* com 5,0; *Neoceratium carriense* com 4,9%; *Rhizosolenia styliformis* com 4,7%; *Nitzschia closterium* com 4,2%; *Hemialus membranaceus* com 4,1%; *Rhizosolenia hebetata* com 3,7%; *Protoperidinium* sp. com 3,3%; *Rhabdonema adriaticum* com 3,2% e *Thalassionema frauenfeldii* com 5%.

- ***Chaetoceros* sp.**

Esta diatomácea se apresentou como dominante no fitoplâncton no mês de maio/08, em ambos os recifes artificiais e em todos os pontos de coletas. Em abril/08 foi

considerado abundante no Mercurius naufrágio e entorno, bem como nos meses de novembro/06 (Mercurius/naufrágio), março/07 (Mercurius/naufrágio), janeiro/08 (Mercurius/naufrágio e entorno) (Saveiros/naufrágio). Considerando os meses em que esteve presente nas amostras, a espécie apresentou uma média de abundância relativa de 16,1% (Figura 30).

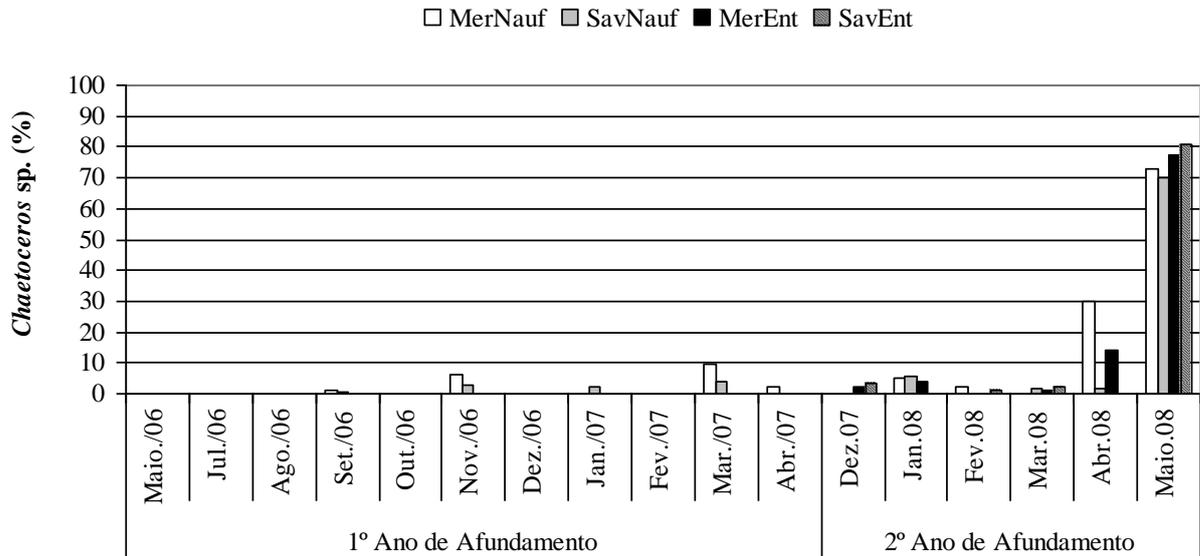


Figura 30 – Abundância relativa (%) de *Chaetoceros* sp. registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

● *Rhizoclonium* sp.

A *Rhizoclonium* sp. foi a microalga que apareceu como abundante no maior número de amostras durante o período estudado, somando um total de 33. Os meses em que esta microalga se apresentou como abundante na amostra, em ambos os recifes artificiais, compreendeu o intervalo de setembro/06 a abril/08, com exceção de março/07 no Saveiros e março/08 no Saveiros/naufrágio. Também foi registrada como um táxon abundante na amostra do mês de maio/06 no Mercurius. Contabilizando as amostras em que esteve presente, a média de abundância relativa para a *Rhizoclonium* sp. foi de 14,5% (Figura 31).

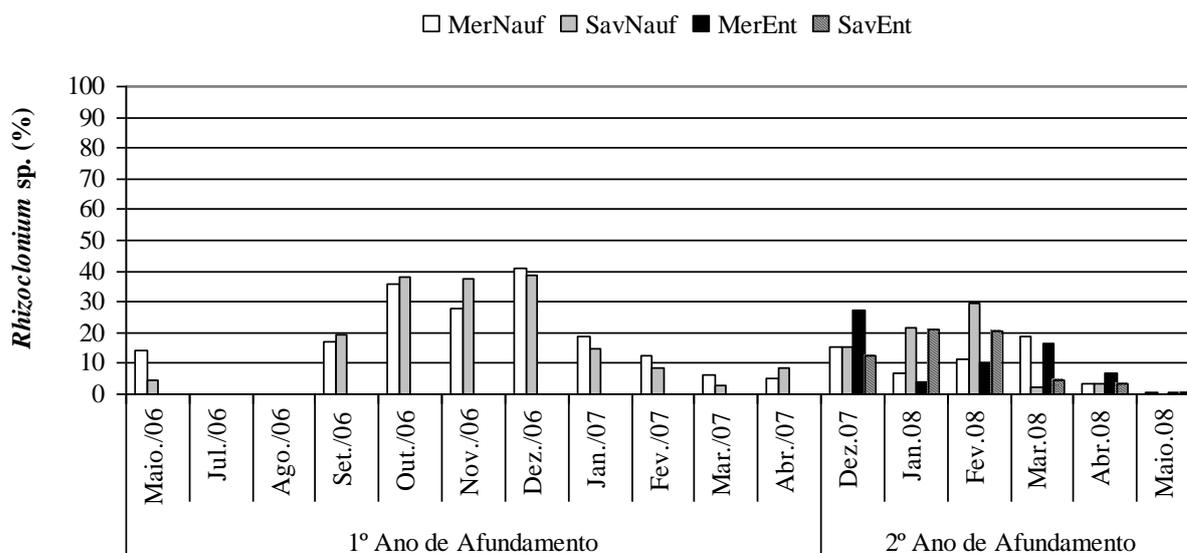


Figura 31 – Abundância relativa (%) de *Rhizoclonium* sp. registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

● *Oscillatoria* sp.

Este táxon se mostrou dominante na amostra de julho/06, no Saveiros (59,1% de abundância relativa). No primeiro ano de afundamento esta microalga apenas não foi abundante nas amostras de outubro/06 no Saveiros, e de fevereiro/07 nos dois recifes artificiais, destaque para os valores de abundância relativa nos meses de julho/06 no Mercurius (44,9%) e agosto/06 nos dois recifes. No segundo ano de afundamento, a *Oscillatoria* sp. se apresentou como abundante apenas nas amostras de dezembro/07 no Saveiro/naufrágio e março/08 no Mercurius/naufrágio e entorno. No que se refere à média total de abundância relativa deste táxon, o valor foi de 12,7% (Figura 32).

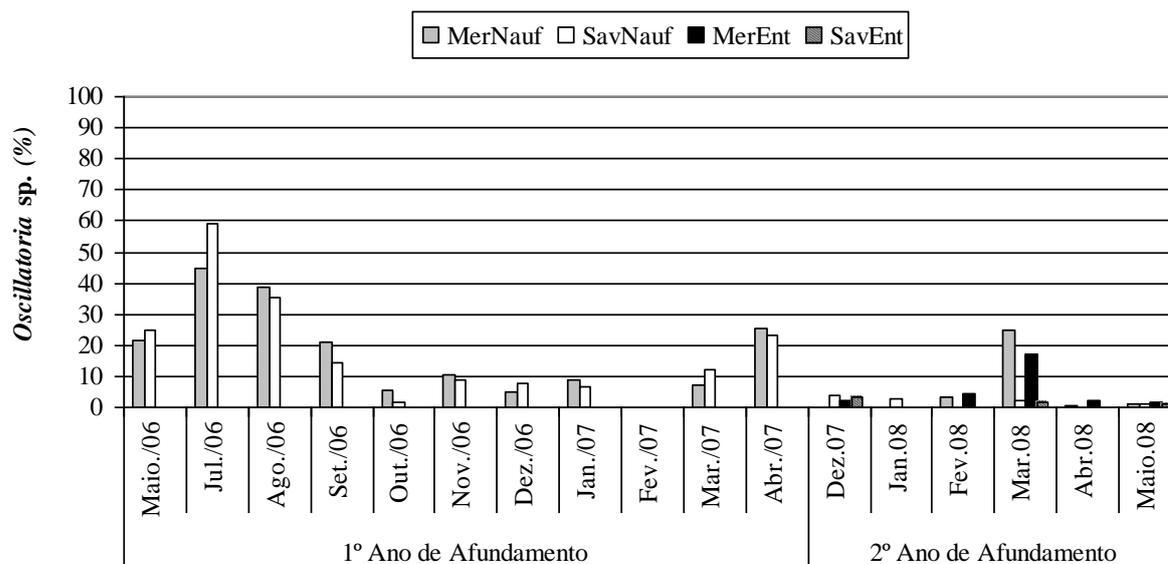


Figura 32 – Abundância relativa (%) de *Oscillatoria* sp. registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

● *Trichodesmium thiebautii*

Esta cianobactéria marinha foi registrada como abundante em 26 amostras, do total de 46, ao longo do período estudado. No primeiro ano de afundamento se apresentou como abundante nas amostras de maio/06 (Mercurius), julho/06 (Mercurius), agosto/06 (Saveiros), setembro/06 (Mercurius e Saveiros), novembro/06 (Mercurius), dezembro/06 (Mercurius e Saveiros), janeiro/07 (Mercurius), março/07 (Saveiros) e abril/07 (Mercurius e Saveiros). No segundo ano, as amostras com esta microalga em abundância compreendeu o intervalo de janeiro/08 a março/08, em ambos os recifes e todos os pontos de coleta, bem como as amostras do mês de abril/08 (Mercurius/naufrágio) e (Saveiros/naufrágio). Considerando os meses em que esteve presente nas amostras, a *Trichodesmium thiebautii* apresentou uma média de abundância relativa de 11% (Figura 33).

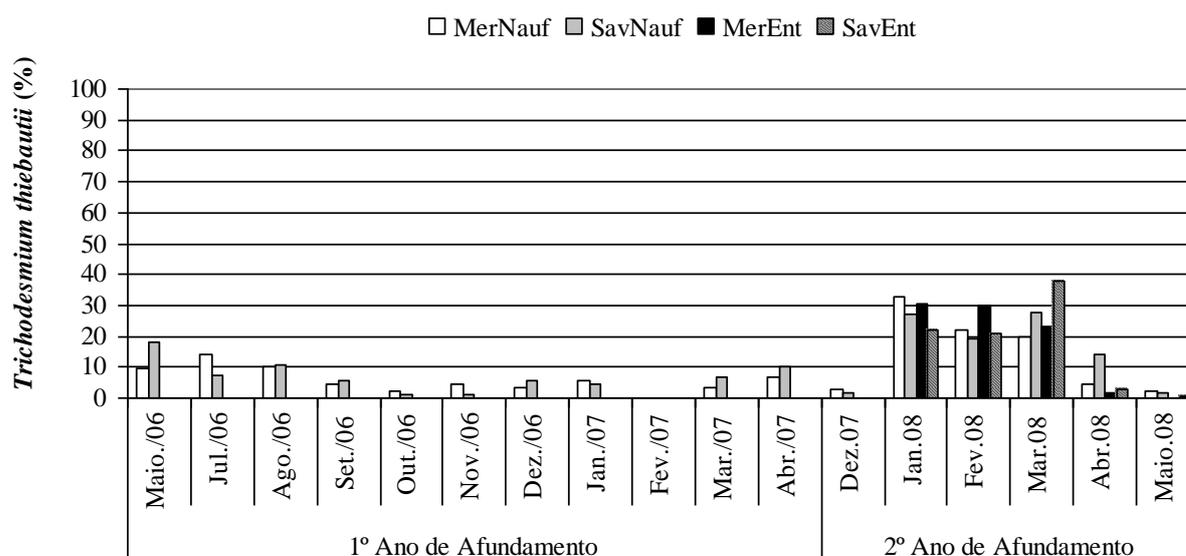


Figura 33 – Abundância relativa (%) de *Trichodesmium thiebautii* registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

● *Asterionellopsis glacialis*

Esta espécie marinha nerítica planctônica foi registrada como abundante em 21 amostras ao longo do período estudado. No primeiro ano de afundamento, mostrou-se abundante nos dois recifes artificiais, nos meses de setembro/06, novembro/06, março/07 e abril/07, além do mês de janeiro/07 no Saveiros. No segundo ano, o destaque fica para o mês de março/08, no Saveiros/naufrágio, quando a abundância relativa atingiu 22,4%. A abundância relativa média desta espécie, assim como a da espécie *Trichodesmium thiebautii*, alcançou o valor de 11% (Figura 34).

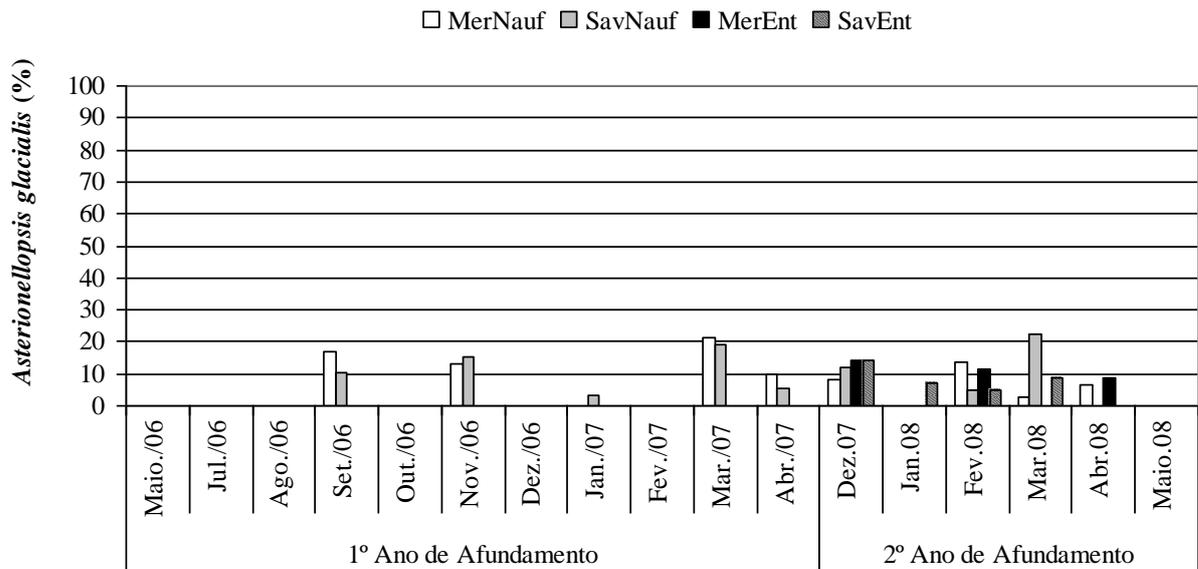


Figura 34 – Abundância relativa (%) de *Asterionellopsis glacialis* registrada nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

6.2. Frequência de Ocorrência

No que se refere à frequência de ocorrência das microalgas identificadas nos dois recifes artificiais ao longo do período amostral, observou-se que o maior número de táxons foi considerado pouco frequente (39%), com espécies caracterizadas como esporádicas representando 35%, frequentes 18%, e, por último, muito frequentes, com a parcela de 8% do fitoplâncton (Figura 35).

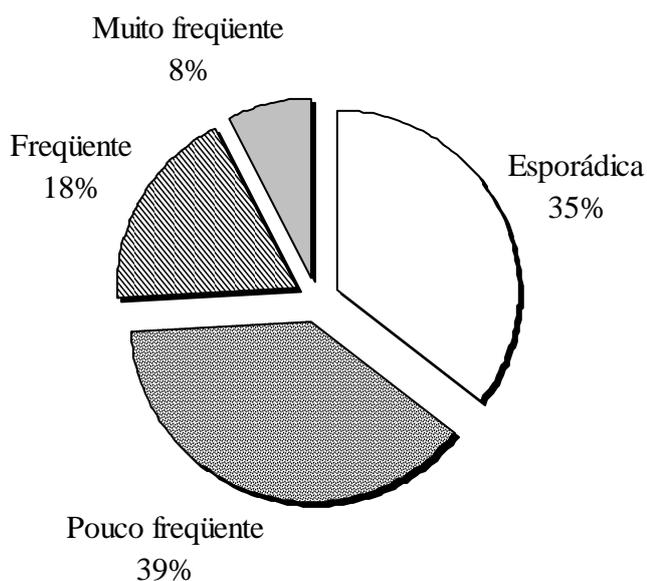


Figura 35 – Distribuição percentual das categorias de frequência de ocorrência dos táxons do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Dos 93 táxons identificados nos dois recifes artificiais, apenas sete (8%) foram considerados **muito frequente**, sendo três Cyanobacteria: *Richelia intracellulares*, *Trichodesmium thiebautii* e *Oscillatoria* sp.; duas Ochrophytas: *Rhizosolenia styliformis* e *Rhabdonema adriaticum*; uma Dinoflagellata: *Protoberidinium* sp. e uma Chlorophyta: *Rhizoclonium* sp.

Para a categoria **frequente**, foram enquadrados 17 táxons, correspondendo a 18,13% do total da comunidade fitoplanctônica identificada, sendo: Ochrophyta (10), Dinoflagellata (5), Chlorophyta (1) e Euglenozoa (1).

Na categoria **pouco frequente**, foram enquadrados 30 táxons, correspondendo a 39% do fitoplâncton identificado, distribuídos nas divisões Ochrophyta (15), e Dinoflagellata (12), Cyanobacteria (2) Chlorophyta (1).

As espécies caracterizadas como **esporádicas** nas amostras contabilizaram o total de 33 táxons, sendo 21 da divisão Ochrophyta e 12 da Dinoflagellata.

6.3.2 Diversidade Específica

A diversidade específica do fitoplâncton foi calculada com base no número absoluto de cada táxon identificado nas amostras. Observou-se que a diversidade foi considerada **muito alta** na maioria das amostras (89%), com exceção apenas para os meses de julho/06, no Saveiros, e maio/08 em ambos os recifes e em todos os pontos de coleta. Para o primeiro ano de afundamento, a média da diversidade específica foi de 3,5 no Mercurius e

de 3,47 no Saveiros. No segundo ano, os valores médios para os pontos foram: Mercurius/naufrágio (3,3), Saveiros/naufrágio (3,3), Mercurius/entorno (3,2) e Saveiros/entorno (3,2) (Figura 36).

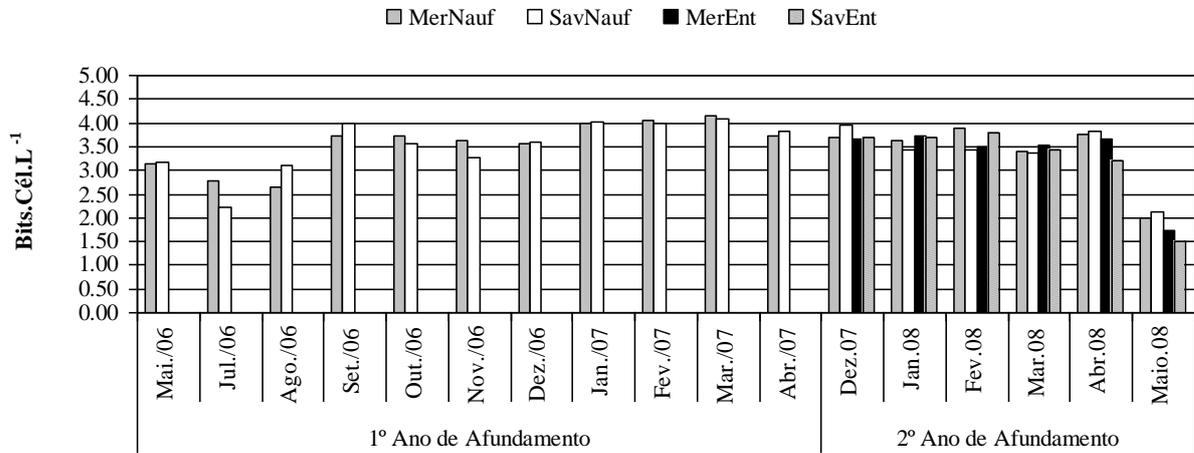


Figura 36 – Variação da diversidade específica (bits.cél.L^{-1}) do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Analisando a questão da sazonalidade nos valores de diversidade específica no ponto naufrágio, percebeu-se que existe diferença significativa ($p=0,02$), em ambos os recifes artificiais, com o período de estiagem apresentando as maiores médias: Mercurius (3,89 no período de estiagem e 3,00 no período chuvoso) e Saveiros (3,82 no período de estiagem e 3,04 no período chuvoso).

Tendo como base os valores obtidos nos pontos de coleta naufrágio, não se observa diferença significativa entre o Mercurius e Saveiros ($p=0,86$). Da mesma forma, não é constatada diferença significativa nos valores de diversidade entre os pontos de coleta naufrágio e entorno: Mercurius ($p=0,52$) e Saveiros ($p=0,62$).

6.3.3 Equitabilidade

Os valores variaram de 0,24 a 0,68, sendo que, das 46 amostras, 85% apresentaram valores acima de 0,5, indicando que, no geral, a flora do microfitoplâncton nas adjacências dos recifes está **uniformemente distribuída** (Figura 37).

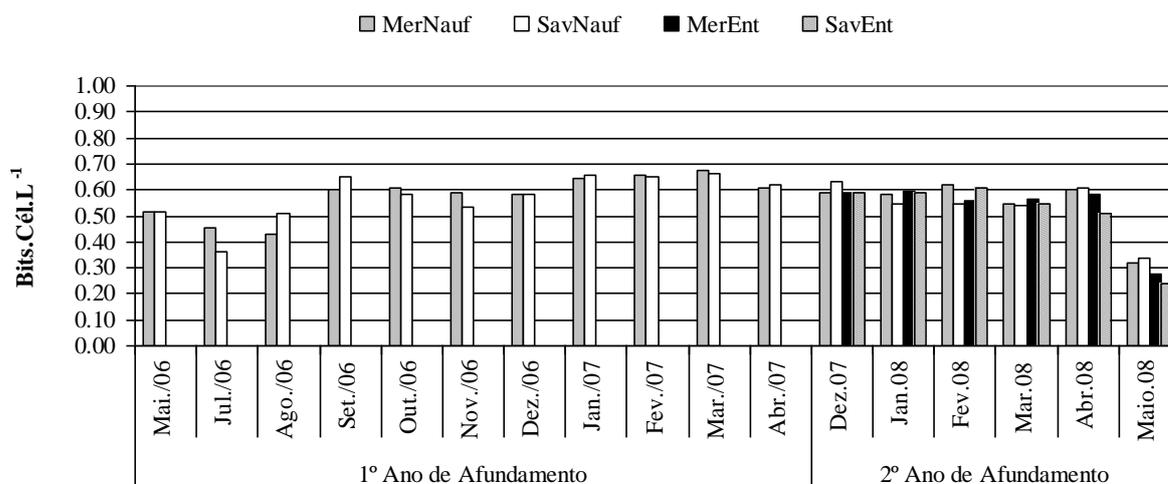


Figura 37 – Variação da equitabilidade (bits.cel.^{-1}) do microfitoplâncton identificado nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Em relação à sazonalidade, tomando como base os valores obtidos no ponto de coleta naufrágio, foi observado que existe diferença significativa entre os meses amostrados, Mercurius ($p=0,05$) e Saveiros ($p=0,02$), estando a média do período de estiagem maior do que a do período chuvoso, em ambos os recifes. A média geral da equitabilidade foi idêntica para os dois naufrágios: 0,49 no período chuvoso e 0,62 no de estiagem.

Comparando-se os valores encontrados nos pontos de coleta naufrágio, verifica-se que não há diferença significativa entre os dois recifes artificiais ($p=0,84$). A diferença também inexistente ao se comparar os pontos de coleta naufrágio e entorno: Mercurius ($p=0,56$) e Saveiros ($p=0,80$).

6.3.4 Análise Multivariada

6.3.4.1 Análise das amostras

A análise cofenética da associação dos táxons identificados nas amostras resultou num $r = 0,80$, o que evidencia um **alto índice de correlação** (Figura 38).

Pelo dendrograma abaixo, percebe-se que houve formação de alguns agrupamentos de espécies, de acordo com a frequência de ocorrência ao longo do período amostrado. Os seis primeiros táxons, por exemplo, representam os indivíduos que obtiveram uma frequência acima de 70%, caracterizando-se por espécies tipicamente oceânicas, com

exceção da *Rhabdonema adriaticum*. Em seguida, aparecem quatro táxons (*Neoceratium pentagonum*, *Cladophora* sp., *Pleurosigma* sp1 e *Neoceratium teres*) que completam a sequência de espécies com até 60% de frequência e que ocorreram uniformemente ao longo do período, porém em número pequeno. Já a espécie *Fragilaria* sp., logo abaixo, embora tenha uma frequência próxima a 60% (56,5%), das vezes que foi identificada nas amostras, geralmente se encontrava em maior número, geralmente em colônias. As espécies *Hemialus membranaceus*, *Neoceratium trichoceros* e *Chaetoceros* sp. aparecem agrupadas no dendrograma, refletindo o padrão de aparecimento nas amostras. O mesmo ocorre com os táxons *Euglena* sp. e *Nitzschia longissima* que se destacaram no período de dezembro a abril do primeiro ano. Compartilhando ainda desse grande agrupamento de espécies, por último aparece a diatomácea *Asterionellopsis glacialis* que, embora esteja bem representada ao longo do período, as vezes em que foi identificada estava reunida em colônias, tornando seu N amostral alto. No final do dendrograma, sem estar nitidamente correlacionada a outra microalga, encontra-se a espécie *Isthmia enervis* que, nos meses em que foi identificada, apareceu em pequeno número.

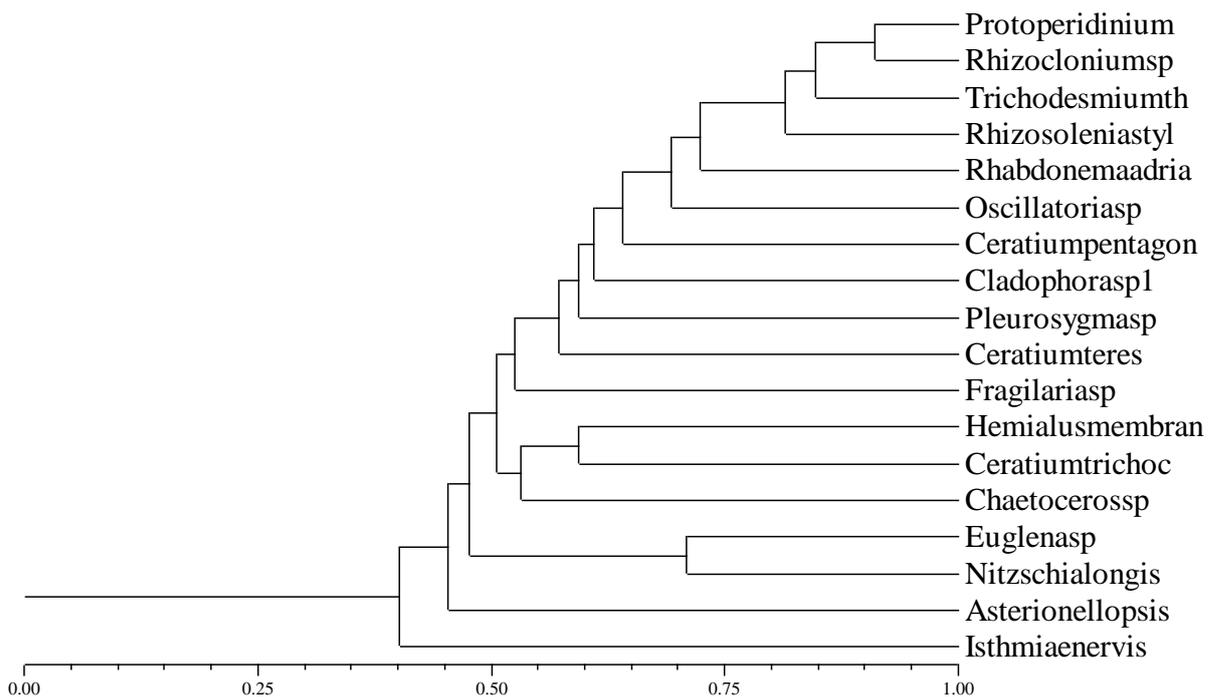


Figura 38 – Dendrograma da associação dos táxons identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil. **Legenda:** Protoperidinium (*Protoperidinium* sp.), Rhizocloniumsp (*Rhizoclonium* sp.), Trichodesmiumth. (*Trichodesmium thiebautii*), Rhabdonemaadria (*Rhabdonema adriaticum*); Oscillatoriasp (*Oscillatoria* sp.); Ceratiumpentagon (*Neoceratium pentagonum*); Cladophorasp1 (*Cladophora* sp1.); Pleurosygmasp (*Pleurosigma* sp.); Ceratiumteres (*Neoceratium teres*); Fragilariasp (*Fragilaria* sp.); Hemialusmembran (*Hemialus membranaceus*); Ceratiumtrichoc (*Neoceratium trichoceros*); Chaetocerossp (*Chaetoceros* sp.); Euglenasp (*Euglena* sp.); Nitzschialongis (*Nitzschia longissima*); Asterionellopsis (*Asterionellopsis glacialis*); Isthmiaenervis (*Isthmia enervis*).

6.3.4.2 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais mostrou que a contribuição dos parâmetros ambientais aos dois primeiros fatores, explicou 53,33% da variação dos dados (Figura 39, Tabela 02).

A componente 1 explicou 33,91% das variáveis analisadas e mostrou uma correlação positiva entre clorofila *a*, nitrito, nitrato, silicato e fosfato. A componente 2 explicou 19,42% e correlacionou diretamente oxigênio dissolvido, salinidade e transparência da água, e esses apresentaram uma correlação inversa com o material em suspensão.

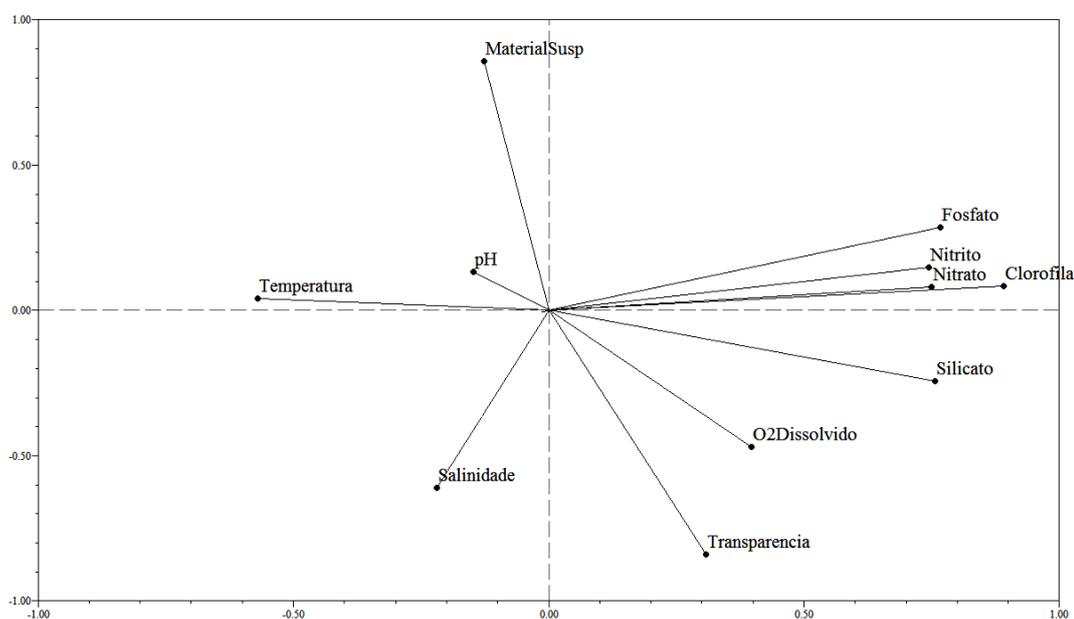


Figura 39 – Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais, hidrológicas e biológicas coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Tabela 02 – Coeficientes da Análise de Componentes Principais e sua correlação (negrito) com as variáveis ambientais, hidrológicas e biológicas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Variáveis	Abreviações	Fator 1 (33,91%)	Fator 2 (19,42%)
Clorofila <i>a</i>	Clorofila	0.8913	0.0846
Oxigênio Dissolvido	O2Dissolvido	0.3966	-0.4695
pH	pH	-0.1466	0.1334
Temperatura	Temperatura	-0.5693	0.0417

Salinidade	Salinidade	-0.2196	-0.6116
Nitrito	Nitrito	0.7443	0.1481
Nitrato	Nitrato	0.7500	0.0816
Silicato	Silicato	0.7570	-0.2438
Fosfato	Fosfato	0.7675	0.2858
Transparência	Transparencia	0.3087	-0.8409
Material em Suspensão	MaterialSusp	-0.1265	0.8569

6.4 Aspectos Quantitativos

6.4.1 Fitoplâncton de Garrafa – Densidade Fitoplanctônica (Cél.L⁻¹)

Os valores da densidade fitoplanctônica total apresentaram a mesma tendência do que foi verificado nas amostras coletadas através de rede, ou seja, destacam-se os meses de setembro/06 e maio/08. Os valores mensais totais obtidos variaram de 205.000 Cél.L⁻¹, em maio/08, no Mercurius/naufrágio a 4.000 Cél.L⁻¹, em maio/06, no Saveiros/naufrágio (Figura 40).

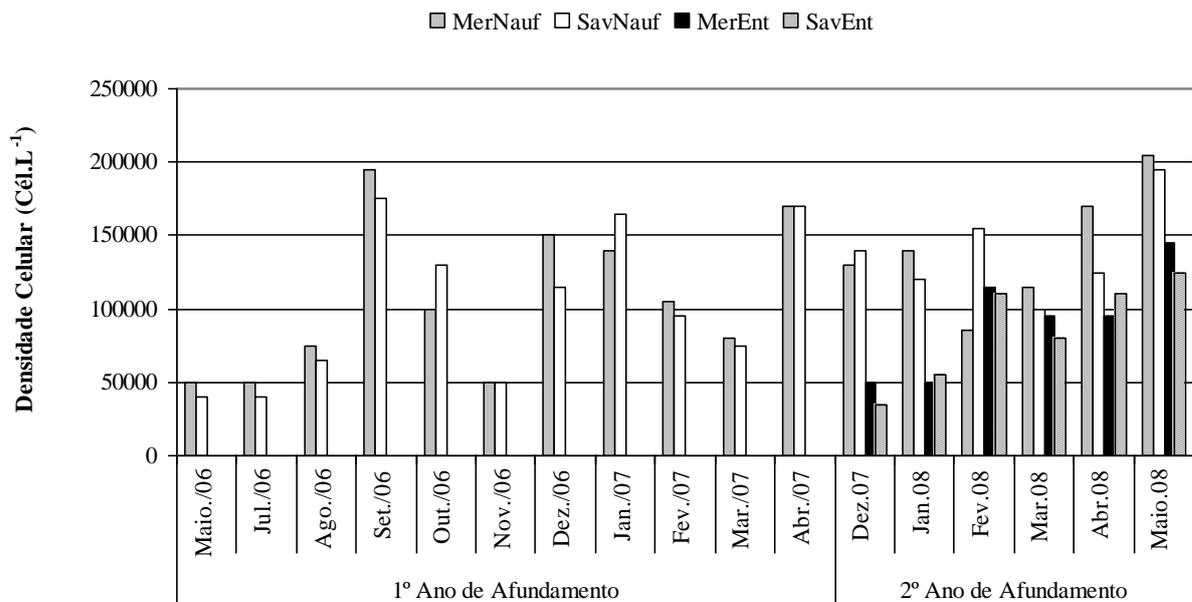


Figura 40 – Densidade fitoplanctônica total (Cél.L⁻¹) dos táxons identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Avaliando os valores de densidade total entre os pontos de coletas, tendo como base o segundo ano de afundamento, percebe-se que a média dos pontos naufrágio é superior ao entorno: Mercurius (naufrágio $140.833 \text{ Cél.L}^{-1}$ e entorno $91.666 \text{ Cél.L}^{-1}$) e Saveiros (naufrágio $139.166 \text{ Cél.L}^{-1}$ e entorno $85.833 \text{ Cél.L}^{-1}$). Nesse sentido, estatisticamente, comprovou-se que os valores obtidos nos pontos naufrágio diferem significativamente dos anotados nos entorno ($p=0,00$).

No que se refere à sazonalidade, analisando os dados anotados nos pontos naufrágios, percebe-se que não há diferença significativa ($p=0,99$) entre os períodos quanto à densidade fitoplanctônica, embora no chuvoso a média seja maior ($116.667 \text{ Cél.L}^{-1}$) do que na estiagem ($112.917 \text{ Cél.L}^{-1}$).

Em relação à composição florística das amostras de garrafa, dos 67 táxons identificados, a divisão Ochrophyta contribuiu com 28, Dinoflagellata com 25, Cyanobacteria com 06, Euglenozoa e Chlorophyta com 02 e ainda 06 fitoflagelados (Figura 41).

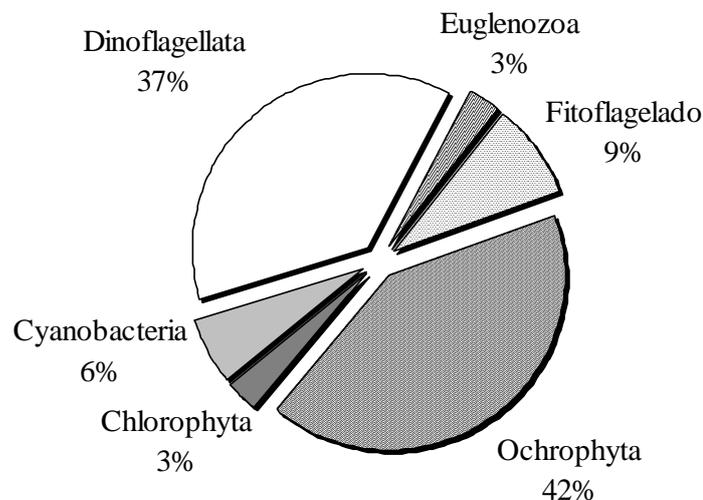


Figura 41 – Distribuição percentual, por Divisão, do número de táxons identificados nas amostras de garrafa coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

7 DISCUSSÃO

A variabilidade, tanto espacial quanto temporal, no ecossistema marinho estudado, foi um grande obstáculo para a diferenciação dos efeitos advindos, propriamente, da implantação dos recifes artificiais daqueles que ocorrem naturalmente no ambiente e, ainda mais, dos causados por ações antrópicas, principalmente, a poluição carreada pelas descargas continentais que, eventualmente, causa a eutrofização das águas costeiras. O conhecimento da amplitude dessa variabilidade e, paralelamente, do comportamento da comunidade fitoplanctônica foi, por sua vez, essencial para a correta avaliação da situação e do impacto causado pelos naufrágios.

Tendo em vista os resultados obtidos na presente pesquisa e comparando-os com dados de estudos já realizados na plataforma continental de Pernambuco, a principal questão a ser respondida nesta discussão foi a seguinte: **a comunidade fitoplanctônica sofreu alterações quali-quantitativa com a instalação dos recifes artificiais?** Diversas explicações serão dadas, baseadas nos resultados e nas observações durante os mergulhos, para mostrar o porquê da resposta afirmativa a essa pergunta. A primeira está relacionada com a **presença do novo substrato consolidado** na área, no caso em tela, naufrágios.

Não é de hoje que pesquisas mostram as implicações diretas da existência de substrato consolidado, seja ele de origem natural ou artificial, nos estoques biológicos da teia alimentar – onde está incluída a comunidade planctônica. Em recifes de corais, por exemplo, apesar da pouca concentração de nutrientes dissolvidos na água, a alta produtividade desses ambientes está relacionada à grande atividade biológica concentrada no bentos (ROGELIO, 1998; PEREIRA; ABÍLIO, 2002).

Trazendo para o caso dos recifes artificiais, quando as embarcações foram afundadas em seus respectivos pontos, suas estruturas passaram a servir de substrato para o assentamento de algas e larvas que, por sua vez, garantiram as condições necessárias à colonização de uma variedade de organismos da fauna marinha. Sobre esse assunto, Araújo e Brotto (1997) e Nunes (2003) explicam que o substrato artificial a ser colonizado, inicialmente passa pela etapa de colonização de biofilme bacteriano (composto principalmente por cianobactérias), em sequência perifíton, cobertura vegetal, animais bentônicos e peixes, sempre aumentando a complexidade estrutural da comunidade.

Sobre o biofilme, este possui também um importante papel funcional no ecossistema, isto é, atua na transferência de energia na teia trófica do complexo recifal, servindo como item de alimento disponível para a comunidade íctia (PINNEGAR et al., 2000; RELINI et al., 2002). Nos estudos de Zalmon e Gomes (2003) e Brotto et al. (2004) foi estimado como período inicial da colonização os três primeiros meses quando ainda podem

ser observados grandes espaços em branco e uma colonização firmada por cracas e hidrozoários.

Assim, logo após o naufrágio intencional, os organismos começam a colonizar todo o espaço disponível na estrutura. Com o passar do tempo outras espécies vão sucedendo as iniciais até haver um equilíbrio, conforme foi observado por Galamba (2004) ao estudar o naufrágio Servemar-I, na costa de Pernambuco. Nos três primeiros meses após o afundamento dessa embarcação, a pesquisadora registrou nas placas de sucessão uma abundância de diatomáceas e algas filamentosas. Estas, num segundo estágio, foram substituídas por macroalgas.

Os dados coletados mostram uma evolução quali-quantitativa nesse sentido, com os três primeiros meses de afundamento marcados pelos menores valores de número total de táxons e de riqueza de espécies, tanto na amostragem de rede quanto na de garrafa. À medida que a sucessão ecológica ocorria no naufrágio e este, conseqüentemente, adquiria uma estrutura populacional mais robusta e estável, essas mudanças, provavelmente, passaram a afetar positivamente o florescimento do fitoplâncton nas adjacências (Figuras 42 e 43).

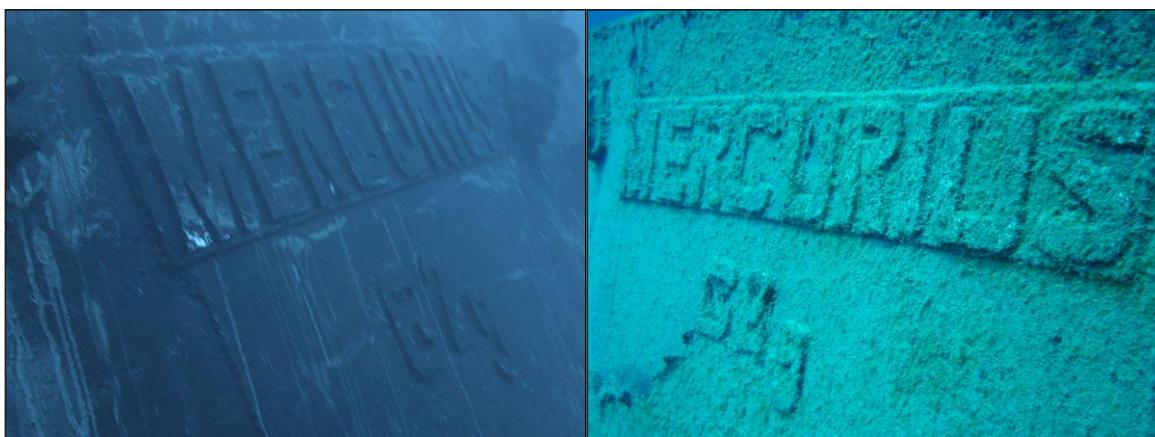


Figura 42 – Estrutura do Mercurius 24 horas após o afundamento (imagem à esquerda) e seis meses após o afundamento (imagem à direita).



Figura 43 – Estrutura do naufrágio Saveiros 24 horas após o afundamento (imagem à esquerda) e seis meses após o afundamento (imagem à direita).

Comprovando a evolução do ecossistema recifal artificial com o passar do tempo, nota-se que enquanto que no primeiro ano de afundamento a riqueza de espécies registrada nos pontos naufrágios foi de 24 táxons em ambos os recifes, no segundo ano esse número subiu para 28 táxons no Mercurius e 25 no Saveiros. Quanto ao número de táxons, no primeiro ano, o Mercurius obteve uma média de 166 táxons/mês, subindo para 234 táxons/mês no segundo ano de afundamento. Já o Saveiros alcançou uma média de 174 táxons/mês no primeiro ano e 175 no segundo.

Os indícios dessa mudança temporal parecem estar ligados a dois fatores, que podem ser apontados como o segundo argumento para explicar as alterações na comunidade fitoplanctônica causados pela implantação dos recifes artificiais: **o aumento da atividade no bentos e o incremento das concentrações de nutrientes dissolvidos na água.**

Sendo um dispositivo de atração e agregação da biota, a estrutura dos naufrágios, além de ser substrato rígido para as espécies sésseis se fixarem (AMARAL et al., 2004, MACEDO, 2005), serve como local de abrigo, repouso, alimentação e reprodução para uma diversidade de peixes (GROSSMAN et al., 1997, GOMES et al., 2003; ALENCAR et al., 2003; FISHER, 2009) incrementando, assim, a atividade biológica em seu entorno. Nesse cenário, a abundância de peixes presente no naufrágio, certamente, tem um papel importante no incremento das condições nutritivas da água, uma vez que a partir da excreção animal e vegetal, nutrientes como nitrogênio, amônia, fósforo etc. são disponibilizados para organismos da comunidade fitoplanctônica.

De acordo com Vanni et al. (1997) populações de peixes podem ter fortes influências nos processos ecológicos e na estrutura do ecossistema aquático, e um padrão comum é a alta abundância fitoplanctônica e elevada concentração de nutrientes na coluna

d'água, principalmente, quando da presença de densa população de peixes bentívoros e planctívoros.

Existem na literatura científica três modelos (não necessariamente exclusivos) propostos para explicar essa relação positiva entre peixes bentívoros/planctívoros, concentrações de nutrientes e abundância algal. No primeiro, basicamente, a excreção dos peixes é responsável pela elevação dos níveis de nutrientes na coluna d'água facilitando o incremento da abundância algal (BRADRAND et al., 1990; SCHINDLER et al., 1993). No segundo modelo, a predação de peixes sobre a comunidade zooplânctônica modifica o ciclo do consumo dos nutrientes e favorece o crescimento do fitoplâncton (STERNER, 1989; STERNER et al., 1992). No outro modelo, a abundância de microalgas aumenta por causa da predação dos peixes sobre organismos do zooplâncton, que são efetivos consumidores do fitoplâncton (CARPENTER et al., 1985; ATTAYDE; HANSSON, 1999).

Para ilustrar esse processo de atração, agregação e incremento da atividade biológica, especificamente da ictiofauna, à luz do caso dos naufrágios, é mostrada a figura abaixo (Figura 52).



Figura 44 – Cardumes de peixes que costumam habitar as adjacências dos recifes artificiais, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Ratificando as teorias de que a abundância de peixes pode refletir na comunidade fitoplanctônica e vice-versa, Fischer (2009), estudando a ictiofauna dos naufrágios Mercurius e Saveiros observou que os peixes planctívoros foram um dos grupos mais abundantes nos recifes artificiais. A pesquisadora contabilizou, no geral, 80 espécies distintas de peixes no

Mercurius e 71 espécies no Saveiros. Em termos de abundância absoluta, o Saveiros registrou mais de 40 mil indivíduos e o Mercurius aproximadamente 22 mil.

Um possível efeito dessa concentração da atividade biológica no fundo, excreções etc., ao lado dos naufrágios, pode ser o motivo que fez com que o pH registrasse média inferior nos pontos de coleta naufrágios quando comparados com superfície e entorno. Ressalta-se que para o Saveiros foi verificada diferença significativa ($p=0,05$) entre os valores anotados para a superfície e naufrágio.

De acordo com estudos realizados na área (CAVALCANTI; KEMPF, 1970; PASSAVANTE; FEITOSA, 1989; COSTA, 1991), as águas da plataforma continental de Pernambuco, em geral, são ligeiramente alcalinas não se observando qualquer tendência de acidificação.

Em relação ao controle da produção primária marinha pelos nutrientes, esse assunto é amplamente estudado pela comunidade científica, uma vez que as taxas de crescimento do fitoplâncton são limitadas por um ou mais nutrientes essenciais (EPPLEY; THOMAS, 1969; DROOP, 1973; SMAYDA, 1997). A concentração de nutrientes dissolvidos na água é um dos componentes mais importante e variável nas áreas oceânicas, sobretudo, nas plataformas continentais. Sabe-se que a região oceânica do nordeste brasileiro é caracterizada por um sistema oligotrófico, com baixos níveis de nutrientes, biomassa fiplanctônica e biomassa zooplanctônica, apesar de possuir uma teia alimentar complexa (EKAU; KNOPPER, 1999; BECKER, 2001, MEDEIROS et al., 1999, NEUMANN-LEITÃO et al., 1999). Já na plataforma continental, seu transporte pela drenagem dos rios tem sido bem documentado em todo o Brasil, a exemplo de Flores Montes (2003) para a região nordeste, e conseqüentemente, a resposta espacial e temporal do fitoplâncton é muito afetada pela quantidade do fornecimento de nutrientes pelas chuvas e descargas fluviais.

Percebe-se nos resultados, que o mês de pico do fitoplâncton coincidiu exatamente com altas concentrações de sais nutrientes na água. Em setembro/06, exatamente três meses após o afundamento, passado o período inicial de colonização, os valores de nutrientes foram os maiores da série, sobretudo, no ponto naufrágio. Contribuindo com o cenário ideal para o florescimento das microalgas nesse mês, nota-se que a transparência da água registrou 18 m de profundidade e o material particulado em suspensão estava com níveis baixos na superfície e bastante elevado no fundo.

No geral, embora os **nutrientes dissolvidos** (nitrato e fosfato) não tenham apresentado um padrão bem definido ao longo do período, observa-se que as médias do nitrito, nitrato e fosfato, **nos pontos naufrágios, foram maiores que as médias registradas nos pontos superfície e entorno**. Essa constatação também foi feita por (COSTA et al., 2008) em monitoramento do naufrágio Victory 8B, no litoral do Espírito Santo. Uma justificativa para que esses sais nutrientes estejam em maior quantidade ao lado dos

naufregios pode ser, justamente, devido à grande atividade biológica ali concentrada, conforme explicado anteriormente.

Comparando os teores de sais nutrientes registrados com aqueles de Oliveira et al. (2005), verifica-se que nas adjacências do Mercurius e Saveiros as concentrações de nitrito, nitrato e fosfato estão bem abaixo, ao contrário do silicato que obteve um média geral, em ambos os naufrégios, acima de $8 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Limpsaichol et al. (1994) estudando as condições nutritivas da água em três complexos recifais artificiais na Tailândia também encontraram valores médios de nitrito, nitrato e fosfato superiores aos aqui encontrados.

Embora se verifique que os valores de sais nutrientes aqui registrados sejam superiores à média dos de águas oceânicas, são inferiores às médias encontradas em águas mais costeiras de plataforma, o que permite caracterizar a área onde os naufrégios estão localizados como oligotrófica – resultado esperado para águas marinhas tropicais.

Quanto às concentrações de silicato, nutriente essencialmente continental, apesar de não apresentarem, no geral, o padrão dos demais sais nutrientes, elas também parecem estar atreladas às condições meteorológicas dos períodos de amostragem. Os teores estiveram relativamente altos de setembro/06 a janeiro/07, com maiores médias no ponto fundo (naufrégio e entorno). Conforme Brandini (1988) pode haver uma relação entre as concentrações de silicato e a quantidade de diatomáceas e silicoflagelados. De acordo com pesquisador, as maiores densidades de diatomáceas estão ligadas às menores concentrações de silício. De qualquer forma, não é possível afirmar que essa relação seja válida para o caso em estudo, uma vez que as diatomáceas estiveram sempre em maiores quantidades nas amostras e as altas concentrações de silicato no mês de setembro/06, provavelmente, estejam mais ligadas ao alto índice pluviométrico.

No que se refere à questão das **descargas fluviais**, que pode **também explicar as altas concentrações de nutrientes na área dos naufrégios**, a quantidade de chuva que ocorreu no Recife, cinco dias antes do dia da coleta de setembro/06 foi uma das maiores do período. Esses dias que antecederam a amostragem registrou aproximadamente 60mm de chuva. Outros meses que merecem destaque nesse aspecto, na sequência, são: janeiro/07, abril/07, abril/08 e maio/08. Este último, por exemplo, obteve 45mm de chuva nos cinco dias que antecedem a amostragem e 32mm no dia da coleta, totalizando 77mm em seis dias. Tal quantidade teve grande influência no número de táxons contados naquele mês, superando o valor de 1.300 no Mercurius/naufrégio.

Pesquisas realizadas na região do Caribe mostram que as chuvas e o aporte dos rios têm uma grande influência nas áreas de plataforma, produzindo mudanças temporais e espaciais na dinâmica das águas costeiras e na composição do fitoplâncton (BURKHOLDER et al., 1972; SANDER; STEVEN, 1973; GARCFA; LOPEZ, 1989). Brandini (1990), estudando a região oceânica do sul do Brasil, observou flutuações sazonais ligadas ao

regime hidrográfico e a drenagem terrígena, afetando, além dos nutrientes dissolvidos, a temperatura e a salinidade da água. Limpsaichol et al. (1994) também destacaram a influência do aporte continental influenciando os parâmetros hidrológicos, inclusive, atuando de forma negativa no desenvolvimento da vida marinha em recifes de concreto localizado a cerca de 10 km da costa da Tailândia. Santos et al. (2010b), por outro lado, aduzem que a influência das águas costeiras é um dos fatores determinantes da estrutura e da diversidade fitoplanctônica em áreas de naufrágios próximos à costa.

Tratando dessa questão da sazonalidade, a análise de variância mostrou haver diferenças significativas na transparência da água e no material particulado em suspensão. Como o esperado, a transparência da água apresentou os maiores valores no período de estiagem, diferente do material particulado que no período chuvoso esteve em maiores quantidades.

Na plataforma continental de Pernambuco, estudos pretéritos também reportaram sazonalidade na transparência da água, com valores de Secchi superiores a 25 m de profundidade no período de estiagem (RESURREIÇÃO et al., 1996). Santos (2006) observou uma amplitude de transparência de 13 m ao longo de um ano de estudo no naufrágio Servemar-I, localizado a aproximadamente 9 km da costa, registrando valor mínimo de 6 m de profundidade no mês de maio. Em outro naufrágio (Servemar-X), distante cerca de 13 km da costa, a variação foi menor, 7 m, com valor máximo de 17 m.

Embora os dois naufrágios aqui estudados estejam a mais de 13 km de distância da costa, os valores de transparência e material particulado em suspensão encontrados na presente pesquisa e, sobretudo as observações de campo revelam, claramente, a influência do aporte dos rios nas águas dessa região, reduzindo a camada fótica. Eskinazi-Leça et al. (1997), por exemplo, reportam a influência desses inputs no crescimento do fitoplâncton, com as águas do rio Capibaribe atingindo distâncias superiores a quatro milhas da costa.

Devido a esse padrão nutritivo das águas costeiras de Pernambuco comandado pelas chuvas e, conseqüentemente, pelo aporte fluvial, também foi possível constatar uma sazonalidade significativa nos dados de diversidade e equitabilidade do fitoplâncton. Esses dois descritores e, ainda, a riqueza de espécie registraram as maiores médias nos meses de estiagem. Por outro lado, o número total de táxons obteve maior média no período chuvoso.

Flutuações sazonais/temporais na riqueza de espécies têm sido descritas na costa de Pernambuco (GOMES, 1991; RESURREIÇÃO et al., 1996; ESKINAZI-LEÇA et al. 2004), com *blooms* fitoplanctônicos ocorrendo no outono e inverno em áreas afastadas até cinco milhas. Próximo ao continente, com o aumento das descargas dos rios, no período de inverno, há uma diminuição na penetração de luz, causando, assim, uma depleção das concentrações do fitoplâncton, aumentando apenas com a chegada da primavera e verão, quando a água fica mais transparente. No que diz respeito à espacialidade na área,

Eskinazi-Leça et al. (1997) notaram que há uma diminuição do número de células/litro da costa para o oceano. Por outro lado, Santos et al. (2010) observaram que o naufrágio localizado mais distante da costa apresentou uma riqueza específica maior em relação ao mais próximo.

Quanto à diversidade e equitabilidade, os valores registrados confirmam a importância ecológica desses ecossistemas recifais artificiais, da mesma forma que foi constatado por Santos et al. (2010b). O equilíbrio entre os táxons indica condições de estabilidade na área, fato característico de ambientes de mar aberto. Além disso, a ocorrência de espécies costeiras revela a conexão entre os ambientes terrestre e marinho, com forte interação entre essas comunidades. Segundo Brander et al. (2003), a diversidade, e ainda a riqueza, são descritores úteis das condições ambientais do ecossistema aquático e das mudanças hidrodinâmicas costeiras e dos padrões de qualidade da água.

Explicando os baixos índices de diversidade e equitabilidade, em julho/06, no naufrágio Saveiro, esteve relacionado ao alto número de *Oscillatoria* sp. que correspondeu a 58% do total de táxons contatos na amostra. Os valores estiveram também muito baixos em maio/08 nos quatro pontos amostrados. Nesse mês a espécie *Chaetoceros* sp. representou, em termos totais de números de táxons, as seguintes proporções nas amostras: 73% (Mercurius/naufrágio), 70% (Saveiros/naufrágio), 77% (Mercurius/entorno) e 81% (Saveiros/entorno). Percebe-se na figura 37 que a equitabilidade acompanhou a mesma tendência da diversidade com as espécies *Oscillatoria* sp. e *Chaetoceros* sp. se sobressaindo nas amostras.

Analisando a estrutura da comunidade fitoplanctônica nas adjacências dos naufrágios, no geral, pode-se dizer que essa foi caracterizada como uma mistura de espécies oceânicas e costeiras, com considerável influência continental – provavelmente de águas oriundas da Baía do Pina. Um sinal disso é a ocorrência da espécie tipicamente estuarina *Synedra undulata* nos meses de setembro/6, outubro/6, dezembro/06, fevereiro/08 e abril/08, além da presença constante do Euglenophyceae nas amostras. Assim como o observado por Dias-Júnior e Oliveira (2005), a análise morfológica de muitas microalgas, principalmente diatomáceas, revelou a ausência de pigmentos (cloroplastos), mostrando que elas realmente podem ter sido trazidas por correntezas e tenderam a não sobreviver em águas oligotróficas.

A predominância de diatomáceas nas amostras de ambos os naufrágios pode ser explicada pela característica do grupo, que é considerado o maior do fitoplâncton marinho com ampla distribuição geográfica, altas taxas de crescimentos e habilidade de tolerar variações nas condições ambientais (BOLD e WYNNE 1985). Lopes et al. (1998) aduz, ainda, que a dominância de diatomáceas é um indicativo de altos níveis tróficos, uma vez

que elas são o principal componente na dieta de copepodas (*Acartia lilljeborgii*, *Corycaeus* spp., *Oncaea* spp., *Paracalanus quasimodo*, *Temora turbinata*).

Uma forte influência de águas marinhas é bioindicada pela presença de espécies desse grupo (Diatomáceas) que são consideradas abundantes e comumente observadas em águas costeiras do nordeste brasileiro, em decorrência de uma melhor adaptação às condições de instabilidade típica desses ambientes (SMAYDA, 1980). Em áreas de plataforma continental esse grupo já foi apontado como abundante do Amapá até Paraíba (SILVA-CUNHA et al., 1991), no Ceará (PETROBRÁS, 2004), em Pernambuco (SILVA-CUNHA; ESKINAZI-LEÇA, 1990), em Alagoas (SARDEIRO, 1984), e também em outras regiões do Brasil como Espírito Santo (LINS; SILVA, 1980), Cabo Frio e desembocadura da Baía de Guanabara-RJ (TEIXEIRA, 1993).

A elevada riqueza das diatomáceas deve-se também ao fato de que elas têm uma alta taxa de crescimento quando comparada a outros grupos fitoplanctônicos com os dinoflagelados (CUSHING, 1989; EGGE; AKSNES, 1992). Ademais, as concentrações de silicato registradas ao longo do período estudado mostram que o ambiente na plataforma continental de Pernambuco oferece condições para esse grupo prosperar.

No rol das algas aderidas à estrutura do naufrágio – fazendo parte do chamado *fouling* – as diatomáceas também podem representar um número expressivo na medida em que a viscosidade de sua mucilagem pode facilitar a aderência ao substrato. Além da mucilagem, as espécies da ordem Pennales possuem estruturas como rafe, poros e suturas pleurais que facilitam a fixação. Ressalta-se que no presente estudo, observou-se uma riqueza considerável de espécies da ordem Pennales.

A maioria das espécies de diatomáceas encontradas corresponde aquelas que têm sido registradas para águas costeiras de outras regiões do Brasil (TENENBAUM, 1995; BRANDINI et al., 1997; FENANDES; BRANDINI, 2004; SOUZA et al., 2008). Sobressaíram em termos quantitativos nas amostras, os táxons *Rhabdonema adriaticum*, *Pleurosygma* sp., *Hemialus membranaceus*, *Fragilaria* sp., *Nitzschia longíssima* e *Isthmia enervis*, com destaque para *Chaetoceros* sp. e *Asterionellopsis glacialis*.

Considerado como o gênero mais numeroso taxonomicamente entre as diatomáceas, *Chaetoceros* Ehrenberg tem sido citado como um dos mais representativos em águas costeiras brasileiras, contribuindo para a alta produtividade e biomassa algal desses ambientes (MOREIRA FILHO et al., 1990; PASSAVANTE; FEITOSA, 2004), devido a sua alta taxa de crescimento associada a águas muito turbulentas (SMETACEK, 1988).

O domínio dessa microalga foi registrado em diversos trabalhos realizados na plataforma do estado de Pernambuco (ESKINAZI-LEÇA et al., 1989; CAMPELO et al. 2001/2002; FERREIRA et al., 2010), inclusive em áreas de naufrágios próximos à costa (SANTOS et al., 2010b). Igualmente, Fernandes e Brandini (2004), estudando a plataforma

continental do Paraná, encontraram *Chaetoceros* sp. abundante, sobretudo, nas amostras coletadas próximo ao fundo. Em zonas de arrebenção, ela também dominou em trabalho realizado numa praia do estado de Santa Catarina (MACEDO, 2007).

Em relação à outra diatomácea colonial *Asterionellopsis glacialis* (F. Castracane) Round bastante contada nas amostras, esta se encontra amplamente distribuída no Atlântico, em regiões costeiras e estuarinas (JOHNSON; ALLEN, 2005) sendo citada como abundante e frequente em diversos locais (VIDEAU et al., 1998; VARELA; PREGO, 2003; SOUZA et al., 2008). Em Pernambuco, foi citada, inclusive, como abundante nas adjacências de embarcações afundadas (SANTOS et al., 2010) e em praias da capital Recife (FERREIRA et al., 2010).

No que concerne à ecologia dessa espécie, Macedo (1999) concluiu em seu trabalho que o crescimento de *A. glacialis* está diretamente relacionado com a variação da salinidade, apresentando um florescimento ótimo em águas com mais de 30ppm, o que se assemelha ao encontrado no presente estudo, uma vez que os valores anotados estiveram sempre acima de 35.

No sul do Brasil, Gianuca (1983, 1985) observou que a espécie *A. glacialis* é fonte de alimento para peixes bentônicos e que sua floração é favorecida pela liberação de nutrientes do sedimento em suspensão.

Segundo grupo mais representativo em termos quali-quantitativo nas adjacências dos naufrágios, os dinoflagelados são importantes por desempenharem papel ecológico como produtores primários e como organismos heterotróficos na teia trófica do ambiente marinho, com algumas espécies ocasionando florações nocivas, cuja amplitude e frequência têm reflexo direto sobre a saúde humana e atividade pesqueira (LICEA et al., 1995).

Em comparação com as diatomáceas, os organismos desse grupo estão mais adaptados à vida em alto mar – áreas com condições estáveis (MARGALEF, 1972; 1978). A partir dessa peculiaridade, que, inclusive, permite que os dinoflagelados sejam utilizados como indicadores biológicos de massas d'água, e ainda do número de espécies identificadas nas amostras, é possível ratificar os resultados dos nutrientes dissolvidos que caracterizam a região, onde estão localizados os naufrágios, como sendo tipicamente costeira, banhada por águas oligotróficas da corrente do Brasil.

Tal constatação também foi feita por Galvão (2000) ao estudar regiões de quebra de plataforma no nordeste brasileiro e observar que os dinoflagelados foi o grupo dominante nas amostras.

Assim como ocorreu com as espécies de diatomáceas, a abundância de dinoflagelados foi maior no Mercurius do que no Saveiros, especialmente as do gênero *Neoceratium* Schrank. A representatividade de formas neríticas e oceânicas desse gênero confirmam as características de região de plataforma continental. Sobre as espécies deste

gênero, Dodge e Marshall (1994) e Smalley e Coats (2002) afirmam que elas apresentam uma distribuição cosmopolita, de águas euritérmicas a eurihalinas, tanto oceânicas como neríticas.

Alguns pesquisadores destacam que a temperatura da água influencia o crescimento e a distribuição de algumas espécies desse gênero. Baek et al. (2008), por exemplo, constataram que *Neoceratium furca* tem sua melhor taxa de desenvolvimento com a temperatura da água entre 18 e 28,8°C e *Neoceratium fusus* a 26°C. Na presente pesquisa, a temperatura média da água foi de 27,6°C. Embora não se possa fazer relação neste sentido, destaca-se a diferença de 2°C entre a superfície e o fundo, no mês de setembro/06, estando a superfície na maioria das vezes mais quente que o fundo.

Outro parâmetro citado como significativo no desenvolvimento de organismos desse grupo é o pH. Hinga (2002) afirma que grandes populações de dinoflagelados ocorrem quase que exclusivamente durante períodos infrequentes de alto pH. Em seu estudo, enquanto que as diatomáceas apresentaram um crescimento ótimo em pH de aproximadamente 8, os dinoflagelados prosperam em águas com pH acima de 8,5. Destaca-se que os valores aqui registrados se situam nesse patamar, com uma média geral de 8,3.

Quanto à ocorrência de dinoflagelados na plataforma continental de Pernambuco, Koening e Lira (2005) verificaram também que espécies do gênero *Neoceratium* foram muito frequentes, sendo elas: *Neoceratium contortum* var. *karstenii*, *Neoceratium macroceros*, *Neoceratium teres* e *Neoceratium euarquatium* e *Neoceratium tripos*, esta última a única subespécie abundante na área. As pesquisadoras acima observaram ainda que cerca de 56% das táxons identificados ocorreu tanto na região nerítica como oceânica, porém a região oceânica apresentou maior riqueza de espécies por amostra analisada. A prevalência de espécies do gênero *Neoceratium* também foi observada por Passavante et al. (1982) na plataforma continental do Ceará.

No que diz respeito às cianobactérias, esse grupo de microalgas, embora tenha contado apenas cinco táxons – o que representou 5% do total de espécies –, merece destaque em função da importância que exercem na fixação de nitrogênio atmosférico e na produtividade de águas marinhas tropicais.

Em relação à ecologia dessas algas, a maioria delas apresenta melhor crescimento em temperaturas entre 15 a 30°C (GRAHAM; WILCOX, 2000), e atinge sua taxa máxima de crescimento em temperaturas acima dos 25°C (CHORUS; BARTHAM, 1999), mas algumas espécies podem ser encontradas em temperaturas de até 85 °C (águas termais).

Encontrada em 91,3% das amostras, *Trichodesmium thiebautii* é uma espécie colonial, filamentosa (tricomas retos, não constrictos) e fixadora de nitrogênio, responsável por uma porção significativa da produção primária total de águas oceânicas superficiais (MARAÑON et al., 2000; GALLON et al., 1996). Clayton (2000) encontrou uma população

abundante de *T. thiebautii* em amostras coletadas numa área do Golfo do México onde vários recifes artificiais (plataformas de petróleo) estão afundados. O pesquisador reportou que as colônias foram, comumente, encontradas em tufo, fato também observado neste trabalho. Nas amostras coletadas junto ao Mercurius e Saveiros também foram identificadas colônias com filamentos paralelamente arranjados (Figura 53).



Figura 45 – Colônias de *Trichodesmium thiebautii* encontradas nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

No oceano Atlântico, grande abundância de *Trichodesmium* tem sido descrita correlacionada a águas rasas e coluna d'água misturada, e ainda altas concentrações de ferro no fundo oceânico (TYRREL et al., 2003). No litoral brasileiro, vários estudos têm descritos eventos de blooms causados por espécies de *Trichodesmium*, particularmente, *T. erythraeum* e *T. thiebautii* (SATÔ et al., 1963/64; RÖRIG, 1998; GIANESELLA-GALVÃO et al., 1995; MEDEIROS et al., 1999; ROSEVELL-SILVA, 2005).

Nas amostras de garrafa, *T. thiebautii* também foi a espécie mais frequente (67%) dentre as identificadas, sobressaindo-se em fevereiro/08, março/08 e abril/08 – meses caracteristicamente de estiagem. Lugomela et al. (2002), por sua vez, aduz que, em áreas costeiras da Tanzânia, essa espécie apresenta uma forte relação com os nutrientes dissolvidos, ocorrendo em maior quantidade no período de chuvas.

Corroborando com os resultados encontrados neste trabalho, Monteiro e Eskinazi-Leça (2007) observaram que, na plataforma continental de Pernambuco, a densidade dos filamentos de *T. thiebautii* foi mais expressiva durante o período de estiagem, com a espécie apresentando preferência por águas superficiais e mais afastadas da costa (20 milhas).

No aspecto quantitativo da estrutura da comunidade fitoplanctônica, o **casco metálico dos naufrágios** também pode estar exercendo um efeito positivo no incremento da microflora. Isso porque estudos têm demonstrado a importância particular do nutriente ferro no desenvolvimento do fitoplâncton marinho como um fator potencial na regulação do

crescimento das algas em regiões costeiras e oceânicas (MARTIN; GORDON, 1998; MARTIN, 1994; GREGG, 2003). Experimentos realizados em laboratórios têm provado que a adição de ferro aumenta seis vezes mais a formação de cadeias de diatomáceas dos gêneros *Chaetoceros* e *Pseudonitzschia* (GRAHAM; WILCOX, 2000).

Resultados de experiências de enriquecimento de ferro fornece evidências de que baixas concentrações desse nutriente limita a produtividade do fitoplâncton e controla a diversidade de espécies em muitas comunidades de algas oceânicas, especialmente em regiões de ressurgência (MARTIN et al., 1989, 1991). A disponibilidade de ferro dissolvido também pode limitar a distribuição de espécies responsáveis pela fixação do nitrogênio atmosférico no oceano (BRAND, 1991; FALKOWSKI, 1997). Esta teoria é fortemente apoiada pela maior abundância de *Trichodesmium* identificada no percurso de fontes de ferro carregado de poeira na África do Norte e Ásia (CAPONE et al., 1997).

Por serem os naufrágios utilizados como local de lazer, através do mergulho recreativo (SANTOS et al., 2010b), vale a pena destacar a possível ameaça aos usuários causada pelas algas potencialmente tóxicas e capazes formar florações. Conforme Hallegraeff (2003), as microalgas nocivas de ambientes marinhos podem causar danos distintos, tais como: a depleção de oxigênio decorrente da decomposição da matéria orgânica morta gerada no final da floração; a mortalidade de organismos aquáticos através da liberação de substâncias prejudiciais na água ou de danos físicos ocasionados pela elevada concentração das microalgas; e a produção de ficotoxinas que podem afetar os animais e intoxicar seres humanos por ingestão de frutos do mar contaminados. Além disso, segundo Pilotto et al. (1997), estudando os efeitos da exposição da população a cianobactérias em áreas de recreação, demonstraram que a irritação de pele é um sintoma frequente.

Entre as espécies identificadas nas amostras que podem potencialmente gerar blooms tóxicos, estão as cianobactérias *Trichodesmium thiebautii* e *Oscillatoria* sp., os dinoflagelados *Neoceratium furca*, *Neoceratium fusus*, *Dinophysis caudata* e *Protoperidinium* sp. e a diatomácea *Pseudonitzschia pungens*. Embora essas espécies tenham estado presentes na área, inclusive, com alta frequência de ocorrência, a partir dos resultados de rede e de garrafa, constatou-se que não houve qualquer evento de floração tóxica.

A não ocorrência de florações (naturais ou induzidas pelo aporte de águas continentais) é evidenciada também quando se analisa os teores de oxigênio dissolvido e a taxa de saturação desse gás anotados no entorno dos naufrágios. Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, sendo considerado um importante indicador de áreas poluídas quando os seus valores são baixos (ESTEVES, 1998; FLORES-MONTES, 1996).

Levando-se em consideração os números mostrados nos resultados, os locais onde se encontram os naufrágios apresentam uma boa qualidade hídrica, sem sinais de impacto antrópico negativo consequente do aporte continental, ou seja, está dentro do esperado para águas de plataforma continental afastadas da costa. O fator mais provável para o menor teor de oxigênio, observado no mês de maio/06, pode ser atribuído a pouca atividade fotossintética na área, uma vez que nesse período ocorreu uma das menores quantidades de biomassa algal de todo o período somado a pequena transparência da água e grande quantidade de material em suspensão registrados.

Introduzindo a discussão mais um argumento que aponta para a influência dos naufrágios na comunidade fitoplanctônica, propõem-se, uma análise da variação da biomassa algal nas adjacências dos recifes artificiais.

No cômputo geral, **a média das concentrações de clorofila a, nos pontos de coleta naufrágio, foram elevadas** – maiores do que as já reportadas para águas de plataformas continentais do nordeste brasileiro afastadas da costa (PASSAVANTE et al., 1987/89; COSTA, 1991; PASSAVANTE; FEITOSA 1995; EKAU; KNOPPERS, 1996; MEDEIROS et al., 1999; RESURREIÇÃO et al., 1996; MAFALDA Jr., 2000). Os valores também estão muito acima dos encontrados por Macedo (2005) em seu estudo no naufrágio Pirapama, na costa de Pernambuco, e de Oliveira et al. (2005) no entorno do naufrágio Victory 8B. Tendo como base a classificação de Håkanson (1994), considerando apenas os dados de biomassa fitoplanctônica, os valores aqui anotados indicam que o ambiente nas adjacências dos naufrágios possui características mesotróficas, com valores médios, inclusive, semelhantes ao encontrado em outras áreas recifais costeiras (BASTOS, 2011; JALES, 2011).

Tal cenário também foi constatado por Santos et al. (2010b) ao estudar a biomassa fitoplanctônica no entorno dos naufrágios Servemar-X e Servemar-I na costa pernambucana. Nesse trabalho, é possível observar que os valores médios de clorofila a obtidos nos pontos de coleta naufrágio são superiores aos aqui anotados. Destaca-se, no entanto, que o Servemar-X quando estudado na época já se encontrava afundado há mais de três anos e o Servemar-I há mais de um ano e, certamente, possuíam uma comunidade biológica mais estabilizada.

Os valores de biomassa fitoplanctônica também se assemelham aos encontrados por Chaves et al. (2006), no talude sul da região nordeste do Brasil, porém são inferiores aos do talude norte.

Apesar de estatisticamente não haver diferença significativa entre os pontos de coleta, as médias de biomassa fitoplanctônica maiores nos pontos naufrágios podem estar associadas à presença dos recifes artificiais. Embora as concentrações de clorofila a em águas de plataforma continental possam ser, naturalmente, maiores no fundo, conforme

declara Medeiros et al. (1999), os argumentos propostos por Seaman Jr. (2000) e Millero (2000) acerca do revolvimento do fundo e “ressurgência” é pertinente para explicar essa situação particular nos pontos naufrágios, ou seja, as altas concentrações de biomassa fitoplanctônica.

Esses autores alegam que **funcionando como uma barreira no fundo, os recifes** podem contribuir consideravelmente para a produtividade local, ao passo que a presença dessas estruturas em grandes proporções, quando afundadas em águas costeiras submetidas à atuação permanente de correntes, **podem gerar uma considerável instabilidade no fluxo d’água, desencadeando uma “ressurgência local” ao seu entorno.** A ressurgência gerada, além de conduzir a ressuspensão dos sedimentos, disponibiliza nutrientes e matéria orgânica do fundo para coluna d’água atraindo muitas espécies, inclusive de peixes (SEAMAN JR., 2000; MILLERO, 2000).

Wilding e Sayer (2002) também defendem que áreas de recifes naturais ou artificiais de grande porte, como navios afundados, podem, potencialmente, aumentar a diversidade, a biomassa e a produção fitoplanctônicas, embora em escala e magnitude muito menores do que grandes estruturas o fazem. No mesmo caminho, Gabrielson e Lukatelich (1985) afirmam que a exportação de nutrientes da região bentônica para a coluna d’água pode aumentar a produtividade fitoplanctônica em áreas de recifes.

Segundo Turner et al. (1969) e Davis et al. (1982) os recifes artificiais podem potencialmente alterar a abundância de espécies, os padrões de distribuição e a estrutura da comunidade associada ao fundo através de mudanças na intensidade e direção das correntes, nas taxas de erosão e sedimentação, na distribuição das frações e na quantidade de material orgânica do sedimento, além da atração de predadores.

Sheng (2000) diz que quando um recife artificial obstrui o fluxo de uma corrente, uma espécie de **onda estacionária** é formada, o que acarreta a acumulação de larvas e algas na área. Essa biomassa estacionada no topo dos recifes favorece a remineralização no bentos e, conseqüentemente, promove a regeneração de nutrientes na coluna d’água (FABI et al., 2002). Dedieu et al. (2007), por fim, explica que toda matéria orgânica particulada presente nos arredores dos recifes artificiais ao cair no fundo acaba favorecendo a mineralização bêntica e a regeneração de nutrientes, beneficiando, conseqüentemente, a comunidade fitoplanctônica.

Avaliando os parâmetros químicos do naufrágio Victory 8B, Oliveira et al. (2005) verificaram que a porcentagem de matéria orgânica no sedimento mostrou uma maior deposição nas regiões sul-oeste do recife artificial (sentido predominante da corrente do local), indicando uma maior produção primária na coluna d’água.

Destarte, uma vez assentados no fundo oceânico, **os recifes artificiais se tornaram obstáculos para as correntes** que, então, sofrem desvios e, mesmo em

pequena escala, **geram um tipo de Onda Estacionária** que além de revolver o sedimento do fundo nas adjacências das estruturas, faz com que o material particulado se concentre sob os recifes. Esse mecanismo faz com que os nutrientes do sedimento alcancem a coluna d'água, enriquecimento-a e criando as condições necessárias para o florescimento do fitoplâncton naquele ponto. Colaborando com esse processo, a boa transparência da água é um fator determinante para que a luz alcance o fundo e proporcione as condições ideais para o crescimento do fitoplâncton ao redor dos recifes.

O exemplo desse cenário ideal parece ter ocorrido no mês de setembro/06, quando foi registrado o pico no fitoplâncton e nutrientes dissolvidos. Naquele mês, percebeu-se que o material particulado em suspensão estava com níveis baixos na superfície e bastante elevado no fundo. Tal fato denota, além do alcance das descargas fluviais, já mencionado acima, uma influência da corrente no revolvimento do fundo, levando à coluna d'água nutrientes do bentos que, certamente, puderam ser utilizados/regenerados por organismos fitoplanctônicos.

Essa perspectiva é ratificada pela análise de componentes principais quando se observa que a clorofila *a* tem sua variação relacionada diretamente com a dos sais nutrientes. A razão de estar a biomassa algal relacionada negativamente com as correntes pode ser explicada a partir das observações *in situ*. É que, com a mudança de direção da corrente, esta forçante acaba atuando no sentido contrário ao habitual, proporcionando uma quebra no arranjo do fundo e, conseqüentemente, obtendo uma maior eficácia no revolvimento do sedimento. Logo, o aumento ou a diminuição da biomassa fitoplanctônica vai estar ligado à alteração na direção da corrente; sem mencionar sua velocidade que não foi avaliada no presente trabalho.

No que se refere à direção das correntes na área, Hazin e Araújo (2007) acompanhando o processo de colonização e ocupação biológica do Mercurius e Saveiros, notaram que as correntes locais apresentam sentido paralelo à costa, variando apenas sua direção de nordeste para sudoeste ao longo dos meses do ano. Embora esses resultados não sejam, no todo, semelhantes aos do presente estudo, pois não foram identificadas correntes de sentido nordeste, prevaleceram correntes de norte e noroeste, com ocorrência de sudoeste em setembro/06. Os dados aqui coletados são coerentes com os resultados de Souza (2007), que estudando a circulação costeira na região do Recife, numa radial traçada próxima onde se encontram os naufrágios, as direções predominantes das correntes foram para NO e O.

Comprovando a influência desse parâmetro nas condições hidrológicas na área dos naufrágios, a calmaria observada no mês de novembro, com a coluna d'água praticamente estável, refletiu numa transparência da água de 27m e na menor quantidade registrada, em termos mensais, de material particulado em suspensão. Embora não se possa afirmar que

seja um reflexo direto da ausência de corrente no momento da amostragem, os teores de nitrito detectados neste mês, na superfície e entorno, foram os menores – igualando-se com os dos três primeiros meses de afundamento.

Além dos indícios mostrados pelos dados de clorofila *a*, a partir de evidências indiretas observadas nas amostras de rede e de garrafa, é possível afirmar que a ação das correntes pode influenciar no revolvimento do sedimento atuando na ressuspensão de espécies do fitobentos e, ainda, pode operar no desprendimento de espécies do perifiton – que são aquelas algas aderidas à estrutura dos naufrágios. Alguns exemplos de microalgas ticoplanctônicas encontradas nas amostras que podem estar associadas aos naufrágios e ao fundo são: *Climacosphenia moniligera*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia closterium*, *Rhabdonema adriaticum*, *Lyrella lyra*, *Isthmia enervis*, etc.

Na questão da remobilização dos sedimentos, Bastos e Veronez (2005) acreditam que a posição do navio no leito marinho pode influenciar nesse aspecto. Os autores concluíram que no caso do navio Victory 8B, a ausência de uma influência maior sobre os processos que ocorrem no entorno se deve ao posicionamento do navio, paralelo às correntes predominantes na área, minimizando as alterações sobre os processos que atuam no fundo. Embora o Mercurius e o Saveiros também se encontrem paralelos à costa, tal constatação não pode ser estendida ao presente caso, uma vez que a partir das observações *in situ* e dos resultados coletados, percebeu-se que, independentemente, da direção da corrente, um lado do naufrágio (bombordo), no geral, recebe a ação direta das correntes, ficando o lado boreste mais protegido – o que não significa que não seja afetado pelo hidrodinamismo.

Esse fato tem explicação quando se observam os resultados de Costa et al. (2010) ao estudar a área de fundeio do Mercurius e Saveiros do ponto de vista sedimentológico. As autoras observaram que no entorno do Mercurius (bombordo e boreste) a granulometria apresentou, durante todo o período examinado, uma distribuição bimodal, com altas frequências das frações areia e cascalho biodetrítico. Já a boreste de Saveiros, a população mais frequente foi classificada como areia fina, existindo pouco cascalho, enquanto que a bombordo do mesmo naufrágio, foram verificadas variações significativas durante os meses, sugerindo uma tendência de diminuição da quantidade de cascalho entre os meses de agosto a dezembro, o que pode indicar a formação de uma zona de sombra no local.

A grande quantidade de cascalho observada ao redor dos naufrágios parece estar associada à presença de fragmentos de organismos. Coutinho (1995) menciona que as algas calcárias verdes (*Halimeda*) e as algas coralinas ramificadas (*Lithothamnium*) são as principais responsáveis pela abundância desses sedimentos na plataforma continental de Pernambuco. Essa informação também pode ser corroborada pelo monitoramento biológico realizado nos naufrágios por Hazin e Araújo (2007), quando foi observado que o grupo

predominante de algas calcárias foi a Melobesiae, tendo a família Corallinaceae a maior representatividade, e *Halimeda*.

Ao descobrir que o teor de carbonato nas amostras foi superior a 92%, Costa et al. (2010) concluíram que a atividade biológica abundantemente presente na estrutura do navio está atuando como fonte desses sedimentos na área, pois com a morte de determinados organismos, suas carapaças ou seus esqueletos carbonáticos são depositados no sedimento.

A despeito da acumulação de matéria orgânica nos recifes artificiais poder deixar o sedimento mais ativo, deve-se lembrar que devido a isso haverá o incremento a produção do microfítobentos. Nesse sentido, sugere-se que sejam desenvolvidos no futuro trabalhos para avaliar o desenvolvimento dessa comunidade algal em áreas de recifes artificiais.

Embora os valores de clorofila *a* não apresentem diferença significativa entre o naufrágio e o seu entorno, a densidade fitoplanctônica evidenciou tal diferença estatística. Tanto no Mercurius como no Saveiros, os dois pontos de coleta apresentaram grande disparidade de valores, com o naufrágio registrando média superior. A partir desse resultado, foi possível confirmar que os naufrágios e os processos físicos, químicos e biológicos que estão envolvidos na sua área, influenciam positivamente no desenvolvimento do fitoplâncton.

Comparando os dois recifes artificiais, percebe-se que o Mercurius apresentou uma estrutura mais rica e abundante do que o Saveiros. Porém, essa distinção não pode ser atribuída a diferença de localização – distância da costa e profundidade – como identificou Santos et al. (2010) e Limpsaichol et al. (1994), uma vez que os dois naufrágios se encontram na mesma área, distantes menos de 1.000 metros um do outro. Também não se pode afirmar que este cenário foi uma consequência da proibição de visitação nos 12 primeiros meses após o afundamento, inclusive, porque, nesse período, os dados são bem semelhantes, destacando-se o segundo ano de afundamento, em disparidade qualitativa e quantitativa.

Sobre a visitação nos naufrágios, Fisher (2009) registrou que entre o dia do afundamento (03/05/06) e maio de 2007, 314 mergulhadores visitaram o Saveiros (os dados foram coletados apenas junto às operadoras de mergulho Aquáticos e Seagate, ou seja, não se contabilizou os registros de outras operadoras de mergulho da cidade). Analisando a ictiofauna dos dois naufrágios, a pesquisadora verificou que os índices de diversidade e equitabilidade não apresentam diferenças significativas, diferentemente da abundância de espécies que foi maior no Saveiros do que no Mercurius.

À vista dos resultados obtidos e das observações *in situ*, é proposto, então, um modelo para explicar e sumarizar os processos aqui apresentados (Figura 54).

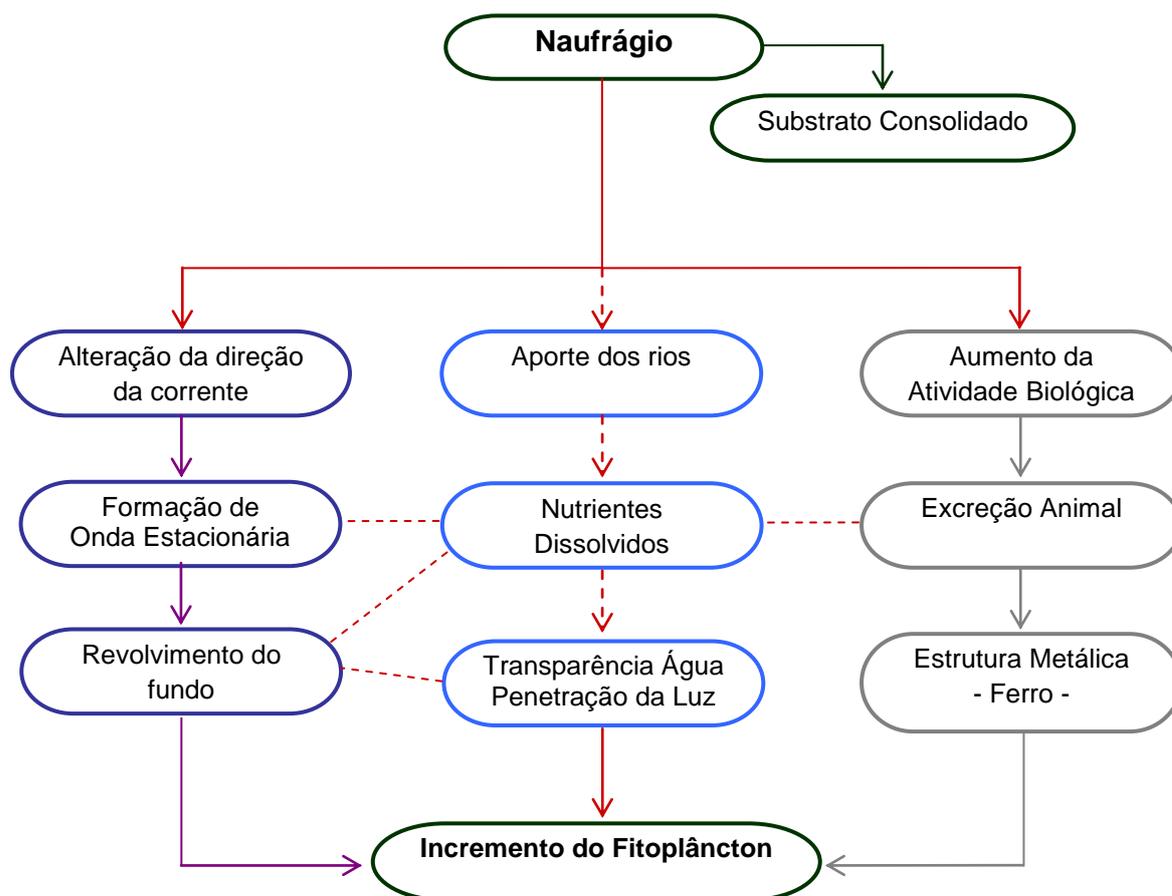


Figura 54 – Modelo dos diversos fatores e processos que atuam para desencadear o incremento da comunidade fitoplanctônica junto aos naufrágios Mercurius e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco, Brasil.

Em suma, nesse ecossistema amplamente influenciado por variações espaciais e temporais, o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica está condicionado a uma série de fatores que, quando não é determinado diretamente pela implantação do recife artificial, ou seja, pelo novo substrato consolidado, sua ocorrência se vale da existência da estrutura do naufrágio para, efetivamente, existir.

8 CONCLUSÕES

Depreende-se dos resultados que os naufrágios Mercurius e Saveiros estão associados ao enriquecimento quali-quantitativo da comunidade fitoplanctônica na área em que estão afundados. O fato das estruturas servirem de substrato consolidado para a flora e fauna marinha faz com que a atividade biológica aumente com o passar do tempo nas adjacências dos naufrágios e beneficie os produtores primários, especialmente as microalgas, a partir do aumento da atividade no bentos e da disponibilidade de nutrientes na coluna d'água.

É possível visualizar uma escala temporal do processo de sucessão ecológica nos recifes artificiais a partir dos dados da pesquisa, de forma que na sua fase inicial (três primeiros meses), os parâmetros refletem uma área típica de plataforma continental tropical, de substrato inconsolidado (arenoso) e águas pobres em sais nutrientes. Com a transformação/colonização do ecossistema recifal, há um incremento da condição nutritiva da água e, conseqüentemente, um favorecimento da flora planctônica na área.

Foi constatado, através dos dados de transparência da água e das observações *in situ*, que o aporte de águas continentais também regula o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica na área dos naufrágios, conquanto os dados de oxigênio dissolvido e taxa de saturação do oxigênio indicam que o local está isento de eutrofização.

A elevada densidade fitoplanctônica registrada nos pontos naufrágios em comparação com os de entorno, além da superioridade das médias de clorofila *a* nos recifes artificiais, corroboram a tese de que os naufrágios são responsáveis pelo incremento do fitoplâncton na coluna d'água, ou seja, eles atuam de forma positiva no sentido de gerar condições para o desenvolvimento das microalgas na área.

Quanto à estrutura da comunidade fitoplanctônica, representada pela composição, riqueza e diversidade específica, conclui-se que o local onde estão localizados os recifes artificiais possui características típicas de plataformas continentais tropicais, ou seja, apresenta-se como um típico ecossistema costeiro pelágico com estabilidade ambiental e flora fitoplanctônica complexa, diversa e bem distribuída.

Numa perspectiva macro, pode-se dizer que essa comunidade é condicionada pelos teores de sais nutrientes da água e pela transparência da água. Já ao nível dos naufrágios, a existência das estruturas permite que prospere uma biodiversidade vegetal e animal, de forma que as duas se desenvolvam com benefícios mútuos: a fauna, cujo hábito alimentar é planctófago, depende do fitoplâncton para sua dieta, e este último, por sua vez, utiliza-se dos compostos nitrogenados oriundos das excreções animais para seu crescimento.

A partir da série de dados coletados, pode-se inferir que o cenário ideal para o florescimento do fitoplâncton, na área dos naufrágios é a conjunção de alguns fatores: *input* de sais nutrientes advindos da precipitação pluviométrica (descargas continentais), presença de correnteza no fundo, de forma a possibilitar o revolvimento do substrato e disponibilização nutrientes para a coluna d'água, e boa transparência da água permitindo o alcance da luz nas camadas mais profundas.

Quanto à metodologia utilizada nas coletas, o uso do mergulho com equipamento SCUBA se mostrou adequado para a realização de arrastos de plâncton em áreas de recifes artificiais, podendo, inclusive, ser estendida para áreas de recifes naturais. Ressalta-se que a eficiência do método varia de acordo com as condições ambientais (correnteza, turbidez da água/quantidade de material em suspensão) e, ainda, o perímetro da área a ser amostrada. A quantidade de redes para serem arrastadas e suas aberturas de malhas também influenciam na coleta, de modo que quanto menor a malha utilizada maior o esforço empregado pelo mergulhador. Recomenda-se ainda que, durante a coleta, o mergulhador nade a pelo menos 1m do fundo de forma a não revolver o sedimento e influenciar a amostragem com espécimes do microfítobentos. Ademais, a metodologia permite que o mergulhador prospecte uma área submersa bem definida o que seria praticamente impossível a partir de uma embarcação.

9 RECOMENDAÇÕES

É fundamental a continuidade das pesquisas envolvendo os recifes artificiais recém criados, na plataforma continental de Pernambuco, de modo que a comunidade científica possa dispor no futuro de dados históricos abrangentes da situação ambiental desses ecossistemas.

No que se refere à amostragem da comunidade fitoplanctônica, é interessante que as próximas pesquisas incluam a coleta por bombeamento de forma que uma quantidade maior de água possa ser filtrada. Tal metodologia também permitirá que áreas específicas do recife artificial possam ser amostradas como, por exemplo, compartimentos interiores, proa, popa etc.

A análise da produtividade primária nas adjacências dos recifes artificiais também pode ser incluída em futuros trabalhos de pesquisa, assim como uma amostragem mais ampla dos parâmetros hidrológicos, a partir da utilização de CTD e roseta.

Por fim, é fundamental que a comunidade científica, assim como os gestores do poder público em geral, passem a considerar os recifes artificiais como verdadeiras ferramentas na gestão (ambiental) costeira, observando seus usos múltiplos e criando o devido suporte através de novas regulamentações. Nesse sentido, outros tipos de recifes artificiais, de diferentes materiais, como o concreto, podem ser utilizados em futuros projetos, principalmente, aqueles que visam à proteção e estabilização da linha de costa.

10 REFERÊNCIAS

- AHMAD, A. Impact of human activities on marine environment and guidelines for its management: Environmentalist viewpoints. **Recent Trends in Limnology**. Agrawal, - V.P.; Das, -P.-eds. Muzaffarnagar India Society of Biosciences. p.49-60, 1990.
- ALENCAR, C. A. G.; SILVA, A. S.; CONCEIÇÃO, R. N. L. **Texto básico de nivelamento técnico sobre recifes artificiais marinhos**. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP-PR); Brasília, 2003. 51p.
- AMARAL, F. D.; FARRAPEIRA, C. M. R.; LIRA, S. M. A.; RAMOS, C. A. C. Benthic Macrofauna Inventory of two Shipwrecks from Pernambuco Coast, Northeastern of Brazil. **Revista Nordestina de Zoologia**, v.4, n.1, p.24-41, 2009/2010.
- AMARAL, F. M. D.; RAMOS, M. A.; AMARAL, J. R. B. C.; IMENIS, J.; VASCONCELOS, S. L.; BARRADAS, A. L. L.; CALADO, J. **Zonação de organismos bentônicos com atenção especial à cnidofauna do Naufrágio Servemar X, Recife-PE**. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 2004, Brasília. **Resumo...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2004, p. 173-175.
- ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. In: VASCONCELOS SOBRINHO, J. **As regiões naturais do nordeste o meio e a civilização**. Recife: Ed. CONDEPE, 1971, p. 95-138.
- ARAGÃO, J. O. R. de. **Fundamentos de meteorologia e relação oceano-atmosfera**. [S.l.], o autor, 2000, 60p.
- ARAÚJO, F. G.; BROTTTO, D. S. **Uso de estruturas artificiais como habitat por organismos marinhos**. In: VII CONGRESSO LATINO AMERICANO SOBRE CIÊNCIAS DO MAR. 1997, São Paulo. **Resumo...** Santos-SP, 1997, 46p.
- ATTAYDE, J. L.; HANSSON, L. Effects of Nutrient Recycling by Zooplankton and Fish on Phytoplankton Communities. **Oecologia**, v.121, n.1, p.47-54, 1999.
- BAEK, S.H.; SHIMODE, S.; KIKUCHI, T. Growth of dinoflagellate, *Ceratium furca* and *Ceratium fusus* in Sagami Bay, Japan: the role of temperature, light intensity and photoperiod. **Harmful Algae**, v.7, p.163–173, 2008.
- BALECH, E. **Los dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental**. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion, (Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía, n.1), 1988, 310p.
- BASTOS, A. C.; VERONEZ, J.R. **Monitoramento Ambiental. “Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B”**, Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, UFES, 2º Relatório, 2005. 171p.

BASTOS, R. B. **Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica da Zona Costeira de Maracaípe (Ipojuca-Pernambuco)**. 2011. 121f. Tese de Doutorado (Departamento de Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

BECKER, M. **Hidrologia dos Bancos e Ilhas oceânicas do Nordeste Brasileiro, uma contribuição ao Programa Revizee**. 2001. 151f. Dissertação (Centro de Ciências Biológicas e da Saúde). Universidade Federal de São Carlos, 2001.

BOHNSACK, J. A. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference? **Bull. Mar. Sci.**, v.44, n.2, p.631-645, 1989.

BOHNSACK, J. A.; ECKLUND, A.M.; SZMANT, A. M. Artificial reef research: is there more than the attraction production issue? **Fisheries**, v.22, p.14-16, 1997.

BOLD, H. C.; WYNNE, M. J. **Introduction to the algae: structure and reproduction**. 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1985, 720p.

BOURRELLY, P. **Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique**. Paris: N. Boubée, Les algues, Vertes, 1972.

BRABRAND, A.; FAAFENG B. A.; NILSSEN J. P. M. Relative importance of phosphorus supply to phytoplankton production: fish excretion versus external loading. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, n.47, p.364-72, 1990.

BRAND, L. E. Minimum iron requirements of marine phytoplankton and the implications for the biogeochemical control of new production. **Limnol. Oceanogr.**, n.36, p.1756–1771, 1991.

BRANDER, K. M.; DICKSON, R. R.; EDWARDS, M. Use of continuous plankton recorder information in support of marine management: applications in fisheries, environmental protection, and in the study of ecosystem response to environmental change. **Progress in Oceanography**, v.58, p.175–191, 2003.

BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia**, v.196, p.111-148, 1990.

BRANDINI, F. P. **Instalação de Recifes Artificiais na Plataforma Interna do Estado do Paraná: uma Proposta de Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento da Pesca Artesanal**. Disponível em: <<http://www.cem.ufpr.br/ram/rampage.htm>, UFPR, 2001>. Acesso em: 18 set. 2010.

BRANDINI, F. P. Composição e distribuição do fitoplâncton na região Sueste do Brasil e suas relações com as massas de água (Operação Sueste – julho/agosto 1982). **Ciência e Cultura**, v.40, n.4, p.334-341, 1988.

BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L.; SASSI, R. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão**

bibliográfica. MMA/CIRM/FEMAR, 1997. 196p. (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE), 1997.

BRASIL. Conselho Nacional de Estatística. Normas de Apresentação Tabular. **Revista Brasileira de Estatística**, v.24, p. 18-42, 1963.

BRAY, R. J.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forests communities of Southern Wisconsin. **Ecology monographs**, v.27, p.325-349, 1957.

BROTTO, D. S.; KROHLING, W.; ZALMON, I. R. Usage patterns of an artificial reef by the fish community on the northern coast of Rio de Janeiro – Brazil. **Journal of Coastal Restoration**, v.39, p.1122-1125, 2004.

BURKHOLDER, P. R.; BRODY, R. W.; DAMMANN, A.E. Some phytoplankton blooms in the Virgin Islands. **Caribbean Journal of Science**, v.12, p.23-28, 1972.

CAMPELO, M. J. de A.; KOENING, M. L.; PASSAVANTE, J. Z. de O. Microalgas da praia de Carne de Vaca - Goiana - Pernambuco, Brasil. **Bol. Lab. Hidrobiol.**, v.14/15, p.1-17, 2001/2002.

CAPONE, D. G.; ZEHR, J.; PAERL, H. W.; BERGMAN, B.; CARPENTER, E. J. *Trichodesmium*, a globally significant marine Cyanobacterium. **Science**, v.276, p.1221-1229, 1997.

CARPENTER, S. R.; KITCHELL, J. F.; HODGSON, J. R. Cascading trophic interactions and lake productivity. **BioScience**, n.35, p.634–39, 1985.

CAVALCANTE, F. R. B.; OLIVEIRA, D. G. de O.; AMARAL, F. M. D. **Estudo de Hidróides em Naufrágios da Costa de Pernambuco**. Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2010 – UFRPE: **Anais**. 2010.

CAVALCANTI, L. B.; KEMPF, M. Estudo da plataforma continental na área de Recife (Brasil). (1). II – Meteorologia e Hidrologia. Recife, **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.9, n.1, p.149-158, 1970.

CEPENE. Projeto “Tuna” (Brasil) – Curso de construção de atratores para pescadores. SEMAN, IBAMA, **CEPENE**. Colaboração CIID, Tamandaré, Pernambuco. 1992. 21p.

CHAVES, T. B. C.; MAFALDA, Jr., P.; SANTOS, C.; SOUZA, C. S. de.; MOURA, G.; SAMPAIO, J.; MELO, G.; PASSAVANTE, J. Z. de O.; FEITOSA, F. A. do N. Biomassa planctônica e hidrografia na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. **Tropical Oceanography** (Revista online), v.34, n.1, p.12-30, 2006.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. New York and London.: E&FN Spon. 1999.

CHRETIÉNNOT-DINNET, M. J.; BILARD, C.; SOURNIA, A. Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées et Tribophycées In: SOURNIA, A. (Dir.). **Atlas du phytoplancton marin**. Paris: Editions du Centre National Recherche Scientifique, 1990. v.3, 261p.

CLAUDET, J.; PELLETIER, D. Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies. **Aquatic Living Resources**, n.17, p.129-138, 2004.

CLAYTON, T. A Fistful o' Tricho Cruise. Center for Coastal Physical Oceanography. **Circulation**, v.7, n.3, p.2-3, 2000.

CLEVE-EULER, A. **Die Diatomeen von Schweden und Finnland**. Stockholm: Almqvist e Wiksells, 1951. 163 p. (Kungl. Svenska vetenskapsademiens handlingar. 4 ser., v. 2, n.1).

CLEVE-EULER, A. **Die Diatomeen von Schweden und Finnland**. Stockholm: Almqvist e Wiksells, 1952. 153 p. (Kungl. Svenska vetenskapsademiens handlingar. 4 ser., v.3, n.3).

CLEVE-EULER, A. **Die Diatomeen von Schweden und Finnland**. Stockholm: Almqvist e Wiksells, 1953a. 158p. (Kungl. Svenska vetenskapsademiens handlingar. 4 ser., v.4, n.1).

CLEVE-EULER, A. **Die Diatomeen von Schweden und Finnland**. Stockholm: Almqvist e Wiksells, 1953b. 255 p. (Kungl. Svenska vetenskapsademiens handlingar. 4 ser., v. 4, n. 5).

CLEVE-EULER, A. **Die Diatomeen von Schweden und Finnland**. Stockholm: Almqvist e Wiksells, 1955. 232 p. (Kungl. Svenska vetenskapsademiens handlingar. 4 ser., v. 3, n. 3).

COSTA, E. S.; ANDRADE, R. R.; BAZONI, L. J.; OLIVEIRA, C. M. S.; GAIGHER, L. P.; NETO, R. R. **Quais as interações entre os nutrientes e os outros parâmetros em um recife artificial marinho?** In: I CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE OCEANOGRAFIA (I CIAO), 2008, Fortaleza. **Resumo...** Fortaleza, 2008. 1 CD-ROM.

COSTA, K. M. P. **Hidrologia e biomassa primária da região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 8° 00' 00" e 2° 44' 30" S. e longitudes de 35° 56' 39" e 31° 48' 00" W**. 1991. 217f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1991.

COSTA, K. M. P.; QUEIROZ, C. M.; MACEDO, S. J. **Hidrologia e plâncton da plataforma continental de Pernambuco 1. variação das características físico-químicas da água**. In: III ENCONTRO BRASILEIRO DE GERENCIAMENTO COSTEIRO, 1985, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1989. p.337-362.

- COSTA, M. B. S. F.; MALLMANN, D. L. B.; GUERRA, N. C. Caracterização Sedimentológica da Área de Fundeio de dois naufrágios na Plataforma Continental Pernambucana. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Paraná, v.1, n.10, p. 49-64, 2010.
- COSTA, M. F.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SOUZA-SANTOS, L. Bioindicadores da qualidade ambiental. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.). **Oceanografia - Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. p. 319-333.
- COUTINHO, A. M. A **Fundamentos de climatologia**. Recife: EDUFPE, 1991. 44 p. (Notas e Comunicações de Geografia; Série B: Textos didáticos, n. 10).
- COUTINHO, P. N. Geologia marinha da plataforma continental de Pernambuco. **Trabalhos do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.9/8, p. 41-50, 1976.
- COUTINHO, P.N. Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira. **Revista de Geologia**, v. 2, nº 1, p. 1-18, 1995.
- CUPP, E. E. **Marine plankton diatoms of the west coast of North America**. Los Angeles: University of California, 1943, 237p.
- CUSHING, D. H. A difference in structure between ecosystems in strongly stratified water and in those that are only weakly stratified. **Journal of plankton Research**, v.11, p.1-13, 1989.
- DAVIS, N.; VAN BLARICOM, G. R.; DAYTON, P. K. Man-made structures on marine sediments: effects on adjacent benthic communities. **Marine Biology**, v.70, p.295–303, 1982.
- DEDIEU, K.; RABOUILLE, C.; GILBERT, F.; SOETAERT, K.; METZGER, E.; SIMONUCCI, C.; JE´ZE´QUEL, D.; PRE´VOT, F.; ANSCHUTZ, P.; HULTH, S.; OGIER, S.; MESNAGE, V.. Coupling of carbon, nitrogen and oxygen cycles in sediments from a Mediterranean lagoon: a seasonal perspective. **Marine Ecology Progress Series** , v.346, p.45–59, 2007.
- DESIKACHARY, T. V. **Cyanophyta**. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research, (I. C. A. R. Monographs on Algae), 1959. 686 p.
- DIAS-JÚNIOR, C.; OLIVEIRA, F. R. do A. Estudo da comunidade fitoplanctônica. In: Bastos, A.C.; Veronez, J.R., **Monitoramento Ambiental. “Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B**. 2005, p. 90-115.
- DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. Portaria nº 0023, de 12 de Maio de 1998. Norma da Autoridade Marítima para Atividade de Inspeção (NORMAM 07). **Diário Oficial da União**, 16 jun. 1998 p.105-109.
- DODGE, J. D. **Marine dinoflagellates of British Isles**. London: Her Majesty’s

Stationary Office, 1982, 303 p.

DODGE, J. D., MARSHALL, H. G. Biogeographic analysis of the armored planktonic dinoflagellate *Ceratium* in the North Atlantic and adjacent seas. **Journal of Phycology**, v.30, p.905–922, 1994.

DONE, T. Remediation of degraded coral reefs: The need for broad focus. **Mar. Pollut. Bull.**, v.30, n.11, p.686-688, 1995.

DROOP, M. R. Some thoughts on nutrient limitation in algae. **Journal of Phycology**, n.9, p.264–272, 1973.

EGGE, J. K.; AKSNES, D. L. Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. **Marine Ecology**, v.83, p.281-289, 1992.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the north-east and east Brazilian shelf. **Archive of Fishery and Marine Research**, v.47, n.2-3, p.113-132, 1999.

EPPLEY, R. W.; THOMAS, W. H. Comparison of half-saturation constants for growth and nitrate uptake of marine phytoplankton. **Journal of Phycology**, v.5, p.365-369, 1969.

EPSTEIN, N.; BAK, R. P. M.; RINKEVICH, B. Strategies for Gardening Denuded Coral Reef Areas: The Applicability of Using Different Types of Coral Material for Reef Restoration. **Restoration Ecology**, v.9, n.4, p.432-442, 2001.

ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. O. Estudo da plataforma continental da área do Recife. IV. Aspectos quantitativos do fitoplâncton. **Trabalhos do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, n° 13, p. 83-106, 1972.

ESKINAZI-LEÇA, E.; SATÔ, S. Contribuição ao estudo das diatomáceas da praia de Piedade (Pernambuco - Brasil). Recife, **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.5/6, p.73-104, 1966.

ESKINAZI-LEÇA, E. Estudo da Plataforma Continental na área do Recife (Brasil). III. Diatomáceas do fitoplâncton. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, n° 9/11, p. 159-172, 1970.

ESKINAZI-LEÇA, E.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; KOENING, M. L. Variação quantitativa do fitoplâncton na Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil). **Insular**, v.19, p.37-46, 1989.

ESKINAZI-LEÇA, E.; SILVA-CUNHA, M. G. G. ; KOENING, M. L. ; MACEDO, S. J. ; COSTA K. M. P. Variação espacial e temporal do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco–Brasil. **Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco**, v.25, p.1-17, 1997.

ESKINAZI-LEÇA, E; KOENING, M. L.; SILVA-CUNHA, M. G. G. Estrutura e dinâmica da Comunidade Fitoplanctônica. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.). **Oceanografia - Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004, p.319-333.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência Ltda., 1998, 602p.

FABI, G.; LUCCARINI, M.; PANFILI, C.; SOLUSTRISPAGNOLO, A. Effects of an artificial reef on the surrounding soft-bottom community (central Adriatic Sea). **ICES. Journal of Marine Science**, v.59, p.343–S349, 2002.

FALKOWSKI, P. G. Evolution of the nitrogen cycle and its influence on the biological sequestration of CO₂ in the ocean. **Nature**, v.387, p.272–275, 1997.

FAO. **Code of Conduct for Responsible Fisheries**, FAO, Roma, 1995.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. Rome: FAO, 2000. 142p.

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. Diatom Associations in shelf waters off Parana state, Southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.52, n.1, p.19-34. 2004.

FERNANDES, M. L. B.; SILVA, A. K. P.; FERREIRA, G. F. A.; NERY, P. P. C. F.; CHAVEZ, A. C. C; MAGALHÃES, J. S.; CAMPOS, J. D.; OLIVEIRA, P. L. S.; Estudo qualitativo de sucessão da fauna incrustante sobre recifes artificiais em área sob influência de usina termoeletrica em Pernambuco, Brasil. **Revista Nordestina de Zoologia**, v.4, n.1, p.82-96, 2009/2010.

FERREIRA, L. C.; SILVA-CUNHA, M. da G. G.; KOENING, M. L.; FEITOSA, F. A. do N.; SANTIAGO, M. F.; MUNIZ, K. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, **Acta Botanica Brasílica**, v.24, n.1, p.214-224, 2010.

FISCHER, A. F. **Afundamento dos naufrágio Mercurius, Saveiros e Taurus, Caracterização e Comportamento de simbiose Alimentar da Ictiofauna na Plataforma de Pernambuco – Brasil**. 2009. 100fls. Tese de Doutorado. (Departamento de Oceanografia) Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

FLORES MONTES, M. J. **Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: A importância do fluxo de difusão dos nutrientes para a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do Nordeste brasileiro**. 2003. 197fls. Tese de Doutorado (Departamento de Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Normas de Apresentação Tabular**. 3. a. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 62 p.

GABRIELSON, J. O.; LUKATELICH, R. J. Wind - related resuspension of sediments in the Peel-Harvey estuarine system. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, v.3, n.201-217. 1985.

GALAMBA, J. **Estudo qualitativo da sucessão ecológica e de recrutamento de organismos incrustantes no naufrágio Servemar I, localizado na costa de Recife –PE.** 2004. 66fls. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas)- Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

GALAMBA, J. **Procedimentos de normas para gestão de um mergulho sustentável fundamentado em educação ambiental.** 2009. 180fls. Dissertação de Mestrado (Gestão e Políticas Ambientais), Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

GALLON, J. R.; JONES, D. A.; PAGE, T. S. *Trichodesmium*, the paradoxical diazotroph. **Algological Studies**, v.83, p.215-243, 1996.

GALVÃO, I. B. **O nanoplâncton e o microplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (REVIZEE – NEII).** 2000. 176fls. Dissertação de Mestrado (Departamento de Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, 2000.

GARCIA, J. R.; LOPEZ, J. M. Seasonal patterns of phytoplankton productivity, zooplankton abundance and hydrological conditions in Laguna Joyuda, Puerto Rico. *Topics in Marine Biology*, ROS, J. D. (Ed.). **Scientific Marine**, v.53, p.625-631, 1989.

GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F.; COSTA, M. P. F.; KUTNER, M. B. B. Bloom of *Oscillatoria (Trichodesmium) erythraeum* (Her.) Kutz. in coastal waters of the Southwest Atlantic. **Publ. Esp. do Inst. Oceanogr., São Paulo**, v.11, p.133-140, 1995.

GIANUCA, N. M. A preliminary account of the ecology of sandy beaches in Southern Brazil. In: McLachlan, A.; Erasmus, T., **Sandy Beaches as Ecosystems**, Junk, The Hague, p.413–419, 1983.

GIANUCA, N. M. **The ecology of a sandy beach in southern Brazil.** 1985. 330fls. Ph.D. Dissertation, University of Southampton, 1985.

GOMES, M. P.; NOVELI, R. N.; FARIA, V. V.; ZALMON, I. R. Potencial atrator de peixes ósseos em recife artificial no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.18, n.3, p.779-792, 2001.

GOMES, N. A. Estrutura e composição florística do fitoplâncton na plataforma continental norte de Pernambuco (Brasil). In: IV Encontro Brasileiro de Plâncton, **Anais**. Recife, p.35-53, 1991.

GRAHAM, L. E.; WILCOX, L. W. **Algae**. New Delhi, Prentice Hall, 2000. 640 p.

GRASSHOFF, K.; EHRARDT, M.; KREMELING, K. **Methods of sea water analysis.** 2 ed. New York: Verlag Chemie, 1983. 317p.

GREGG, W. W.; GINOUX, P.; SCHOPF, P. S.; CASE, N. W. Phytoplankton and iron: validation of a global three-dimensional ocean biogeochemical model." **Deep-Sea Research II**, v.50, p.3143-3169, 2003.

GROSS, M. G.; GROSS, E. **Oceanography a view of earth**. 7th ed. New Jersey: Prentice Hall, cap. 11, p. 277-299: Oceanic Life and Ecosystems. 1996.

GROSSMAN, G. D., JONES, G. P.; SEAMAN, W. J. Do artificial reefs increase regional fish production? A review of existing data. **Fisheries**, v.22, p.17–23, 1997.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. W. **Algae Base: World-wide electronic publication**. Galway: National University of Ireland, 2010. Disponível em: <http://www.algaebase.org>. Acesso em 13/06/2011.

HALLEGRAEFF, G. M. Harmful Algal Blooms: a global overview. In HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D. (Ed.), **Manual on Harmful Marine Microalgae** – Monographs on Oceanographic Methodology 11. Paris: UNESCO, 2003, p.25-50.

HARRIS, L. E. **Artificial Reef Structures for Shoreline Stabilization and Habitat Enhancement**. In: **Proceedings** of the 3rd International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, June 22-25, p.176-178, 2003.

HAZIN, F. V.; ARAÚJO, M. E. Acompanhamento do processo de colonização e ocupação biológica dos naufrágios Taurus, Mercurius e Saveiros. Universidade Federal Rural de Pernambuco, **Relatório Parcial**, 24p. Recife, Brasil, 2007.

HENDEY, N. I. **An introductory account of the smaller algae of British coastal water**. London: Fishery Investigations, 90p. (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food; Fishery Investigations Series IV; pt. 4: Bacillariophyceae - Diatoms), 1964.

HINGA, K. R. Effects of pH on coastal marine phytoplankton. **Marine Ecology Progress Series**, n.238, p.281–300, 2002.

HUSTEDT, F. **Die Kieselalgen**. Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen ander Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. 1959. 845 p. (Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. v.7, pt. 2, n. 1-6).

HUSTEDT, F. **Die Kieselalgen**. Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest e Portig K-G. 1961-1966. 920 p. (L. Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, v.7, pt. 3, n.1-4).

HUSTEDT, F. **Die Kieselalgen**. Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen ander Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete.

Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest e Portig K-G. 1930. 920 p.
(L.Rabenhorst, Kryptogamen-Flora an Deutschland, Österreich und der Schweiz, v. 7,
a. 1)

IBAMA. Instrução Normativa nº125, de 18 de Outubro de 2006. Diário Oficial da União,
Seção 1, nº203, 23/out./2006, p.84. 2006.

JALES, M. C. **O ecossistema recifal de Serranbi (Pernambuco-Brasil): estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais**. 2011. 87fls. Dissertação de Mestrado. (Departamento de Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco. 2011.

JOHNS, G. M.; VERNON, R. L.; FREDERICK, W. B.; MARK, A. B. **Socioeconomic Study of Reefs in Southeast Florida**. Prepared by Hazen and Sawyer in association with Florida State University and the National Oceanic and Atmospheric Administration for Broward County, Florida, Fort. Lauderdale. 2001.

JOHNSON, W. S.; ALLEN, D. M. **Zooplankton of the Atlantic and Gulf Coasts: A Guide to Their Identification and Ecology**. The Johns Hopkins University Press, 2005, 379p.

KEMPF, M. A plataforma continental de Pernambuco (Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.9/11, p.111-124, 1970.

KOENING, M. L.; MACÊDO, S. J. de. Hydrology and Phytoplankton Community Structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.42, n.4, p. 381-392, 1999.

KOENING, M. L.; MACÊDO, S. J. de; TRAVASSOS, P. E. ; PASSAVANTE, J. Z. de O. Biomassa fitoplanctônica do estuário do Rio Capibaribe (PE- Brasil). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 1071-1083, 1995.

KOENING, M. L.; LIRA, C. G. O genero *Ceratium* Schrank (Dinophyta) na plataforma continental em aguas oceanicas do Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, vol.19, n.2, p.391-397, 2005.

LABOREL, J. **Les peuplements de Madréporaires des côtes tropicales du Brésil**. Marselha, Thèse A. O. Fac. Sci., 1967, 313p.

LAPOINTE, B. E.; MATZIA, W. R. Effects of stormwater nutrient discharges on eutrophication processes in nearshore waters of the Florida Keys. **Estuaries**, v.19, n. 2B, p.422-435, 1996.

LEÃO, Z. M. A. N. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.68, n.3, p.339-452, 1996.

LEPS, I.; STRASKRABA, M.; DESORTOVA, B.; PROCHÁZKOVÁ, L. Annual cycles of plankton species composition and physical chemical conditions in Slapy Reservoir detected by multivariate statistics. **Arch. Hydrobiol. Beith. Ergebn. Limnol.**, v.33, p.933, 1990.

LICEA, L.; MORENO, J. L.; SANTOYO, H.; FIGUEROA, G. **Dinoflagelados del Golfo de California**. Baja California: Universidad Autonoma de Baja California Sur, 1995. 155 p.

LIMPSAICHOL, P.; KHOKIATTIWONG, S.; BUSSARAWIT, N. Water conditions and nutrient content at the artificial reef sites in Ranong Province, Thailand. In: Bay of Bengal Programme, "**The effect of artificial reef installation on the biosocioeconomics of small-scale fisheries in Ranong Province, Thailand**". Madras, India. 1994. 100p.

LINDÉN, O. Human impact on tropical coastal zones. **Nature & Resources**. v.26, p.3-11, 1990.

LINS DA SILVA N. M.; VALENTINJ. L., BASTOS, C. T. B. O microfitoplâncton das águas costeiras do litoral Fluminense (estado do Rio de Janeiro): Lista de espécies e aspectos ecológicos. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v.36, n.1/2, p.1-16, 1993.

LIRA, L. G. G. **Aspectos da erosão marinha no litoral de Suape-PE**. Parecer elaborado para a Prefeitura Municipal do Cabo. 1987. 45p.

LIRA, S. M. A.; AMARAL, F. M. D.; FARRAPEIRA, C. M. R.; RAMOS, C. A. C.; LIMA, K. K. M. **Bioincrustantes de um Naufrágio Artificial de Pernambuco**. In: III Congresso Brasileiro de Oceanografia – I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia, Fortaleza (CE), 20 a 24 de maio de 2008. **Resumos do...** 1-CD-ROM.

LIRA, S. M. de A.; FARRAPEIRA, C. M. R.; AMARAL, F. M. D.; RAMOS, C. A. C. Sessile and sedentary macrofauna from the Pirapama Shipwreck, Pernambuco, Brazil. **Biota Neotrop**. v.10, n.4, p.000-000, 2010.

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

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecology of tropical oceans**. San Diego. Academic Press. 1987. 407p.

LOPES, R. M.; VALE, R.; BRANDINI, F. P. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. **Rev. Bras. Oceanogr.**, v.46, n.2, p.195-211, 1998.

LUGOMELA, C.; LYIMO, T. J.; BRYCESON, I.; SEMESI, A. K.; BERGMAN, B. *Trichodesmium* in coastal waters of Tanzania: diversity, seasonality, nitrogen and carbon fixation. **Hydrobiologia**, n. 477, p.1-13, 2002.

MACEDO, A. B.; AMARAL, F. M. D. Cnidários do navio Pirapama, naufragado na costa de Recife – PE. In: CIC/PIB/UFRPE, 10, 2000, Recife. **Resumos do X CIC/PIBIC/UFRPE**. Recife: UFRPE, v.1, p.481, 2000.

MACEDO; C. X. de. **Dinâmica temporal de microalgas de zona de arrebentação na praia de Navegantes – SC**. 2007. 93fls. Dissertação de Mestrado (Setor de Ciências da Terra), Universidade Federal do Paraná, 2007.

MAFALDA, Jr., P.; SINQUE, C.; BRITO, R., SANTOS, J. J. Biomassa Planctônica, hidrografia e pluviosidade na costa norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 2, p. 145-160, 2004.

MAIDA, M.; FERREIRA, B. P. Coral reefs of Brazil: an overview. **Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.**, Panama, v.1, 1997. 274p.

MANSO, V. A. V. **Geologia da planície costeira e da plataforma continental interna adjacente da região entre Porto de Galinhas e Tamandaré – litoral Sul de Pernambuco**. 1997, 171fls. Tese de Doutorado (Instituto de Geociências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

MARANHÃO, H. A.; ARAÚJO, M. A. Avaliação do impacto do turismo subaquático sobre a Ictiofauna dos naufrágios Mercurius e Saveiros (Recife-PE) In: III Congresso Brasileiro de Oceanografia – I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia, Fortaleza (CE), **Resumo**. 2008.

MARANHÃO, H. A.; VÉRAS, D.; ARAÚJO, M. E.; HAZIN, F. H. V. **Ninhos e Comportamento de Guarda do Peixe *Abudefduf saxatilis* em naufrágios recentes (Recife - PE)**. In: III Congresso Brasileiro de Oceanografia – I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia, Fortaleza (CE), **Resumos**. 2008.

MARAÑÓN, E.; HOLLIGAN, P. M.; VARELA, M.; MOURINO, B.; BALE, A. J. Basin-scale variability of phytoplankton biomass, production and growth in the Atlantic Ocean. **Deep-Sea Research**, v.47, p.825-857. 2000.

MARGALEF, R. (1991). **Ecologia**. 7. ed. Barcelona: Omega, 1991. 951p.

MARGALEF, R. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. **Oceanologica Acta**, v.1, n.4, p.493-509. 1978.

MARGALEF, R. **Ecologia**. 7 ed. Barcelona, Omega, 1991. 951p.

MARGALEF, R. Las algas inferiores. In: **Fundacion La Salle de Ciencias Naturales**. Caracas, p.230-72, 1972.

MARTIN, J. H.; GORDON, R. M.; FITZWATER, S. E. The case for iron. **Limnol. Oceanogr.**, n.36, p.1793-1802. 1991.

MARTIN, J. H.; GORDON, R. M.; FITZWATER, S. E.; BROENKOW, W. W. Vertex: phytoplankton/iron studies in the Gulf of Alaska. **Deep-Sea Research**, n.36, p.649-680. 1989.

MARTIN, J. H.; GORDON, R. M. Northeast Pacific iron distributions in relation to phytoplankton productivity. **Deep-Sea Research**, v.35, p.177-196. 1988.

MARTIN, J. H. Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pacific Ocean. **Nature**, v.371, p.123-129. 1994.

MEDEIROS, C.; MACÊDO, S.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east Brazilian waters. **Archive of Fishery and Marine Research**, v.47, n.2-3, p.133-151. 1999.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C. P.; TORNER, L. G. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. **Boletim. Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.18, n.3/4, p.115-127. 1975.

MILLERO, F. J. **Chemical Oceanography**. Flórida: CRC. 2ª ed., 2000. 305p.

MIZUNO, T. **Illustrations of freshwater plankton of Japan**. Higashiku: Hoikusha, 1968. 351p.

MMA. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União**. Brasília: MMA/PNMA, 1996, 280p.

MONTEIRO, J. J. F.; ESKINAZI-LEÇA E.. **Distribuição quantitativa de populações de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Cyanophyta) em trecho da plataforma continental de Pernambuco**. Brasil. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, **Anais**. 2007.

MOREIRA FILHO, H.; VALENTE-MOREIRA, I. M.; SOUZA-MOSIMANN, R. M.; CUNHA, J. A. Avaliação florística e ecológica das diatomáceas (*Chrysophyta*, *Bacillariophyceae*) marinhas e estuarinas nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Estudos de Biologia**, v.25, p.5-48. 1990.

MOTTET, M. G. Enhancement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan. In: F.M D'Itri (ed.), **Artificial Reefs**. Lewis Publ. Inc., USA. 1986.

MUNRO, J. L.; BALGOS M. C. **Artificial Reefs in the Philippines**. ICLARM Conf. Proc. 1995. 56p.

NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; SCHWAMBORN, R.; LEITÃO, S. N. Macrozooplâncton recifal de Tamandaré, Pernambuco, Brasil. In: XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia, 2002, Itajaí. **Resumos**. p.624. 2002.

NEUMANN-LEITÃO, S. ; GUSMÃO, L. M. ; SILVA, T. ; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A. ; SILVA, A. P. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic waters off

North-Eastern Brasil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v.47, n. 2-3, p.153-165. 1999.

NOGUEIRA PARANHOS, J. D. **Taxonomia e ecologia dos Tintinnina em um trecho da plataforma de Pernambuco (Brasil)**. 1990. 147fls. Dissertação de mestrado (Departamento de Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco, 1990.

NUNES, F. S.; PORTO NETO, F. F.; NEUMANN-LEITÃO, S. Condições Ambientais na orla de Brasília Teimosa, Recife - Pernambuco): Re-Urbanização e sua influência nos recifes costeiros. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia 2005, 2005, Vitória (ES). **Anais**. 2005.

NUNES, J. L. S. **Colonização da meiofauna em ambiente algal e limnético do infralitoral da Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo-RJ, Brasil**. 2003. 88fls. Dissertação de mestrado (Departamento de Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco. 2003.

OLIVEIRA, C. M. S.; GAIGHER, L. P.; COSTA, S. E.; OLIVEIRA, F. R. A.; PAVANI, F. C.; DIAS, C. JR.; NETO, R. R. Avaliação dos parâmetros químicos em um recife artificial (navio Victory 8B, Guarapari-ES). In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória – ES. **Resumos**. 2005.

OLIVEIRA, C. M. S.; GAIGHER, L. P.; COSTA, S. E.; OLIVEIRA, F. R. A.; PAVANI, F. C.; DIAS, C. Jr.; NETO, R. R. Avaliação dos parâmetros químicos em um recife artificial (navio Victory 8B, Guarapari-ES). In: II Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória – ES. **Resumos**. 2005.

PAERL, H. W.; VALDES, L. M.; PINCKNEY, J. L.; PIEHLER, M. F.; DYBLE, J.; MOISANDER, P. H. Phytoplankton photopigments as indicators of estuarine and coastal eutrophication. **Bioscience**, v. 53, n.10, p.955-1017. 2003.

PARANAGUÁ, M. N. Estudo da Plataforma Continental na área do Recife (Brasil) – Composição e Variação do Zooplâncton. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.9/11, p.173, 1970.

PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments, with revised equations of ascertaining chlorophyll *a* and carotenoids. **Journal of Marine Research**, v.21, n.3, p.155-163, 1963.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; FEITOSA, F. A. do N. **Hidrologia e plâncton da plataforma continental de Pernambuco. Biomassa primária do fitoplâncton**. In: Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro, Fortaleza. **Anais**. p.363-371. 1989.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; GOMES, N. A.; ESKINAZI-LEÇA, E.; FEITOSA, F. A. do N. Variação da clorofila *a* do fitoplâncton na Plataforma Continental de Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.20, p.145–154, 1987/1989.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA. Dinoflagelados da plataforma continental do Ceará. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.17, p.47-66, 1982.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; SANTOS, D. H. C.; FEITOSA, F. A. do N. **Mergulho como Ferramenta na Coleta e Estudo do Plâncton em Naufrágios da Costa de Recife, Pernambuco**. In: I Workshop Brasileiro de Mergulho Científico, Natal – RN. Resumos. 2007.

PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Produção primária do fitoplâncton da plataforma continental de Pernambuco (Brasil): área de Piedade. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, v.3, n.1, p.7-22. 1995.

PASSAVANTE, J. Z. O. Contribuição ao estudo dos dinoflagelados da plataforma continental de Pernambuco (Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.14, p.31-54. 1979.

PASSAVANTE, J. Z. O., KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E. Dinoflagellates from the continental shelf of Ceará, Brazil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.17, p.47-66. 1982.

PÉRAGALLO, H.; PÉRAGALLO, M. **Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins**. Paris: M. J. Tempère, 1897-1908. 491p.

PEREIRA, R. C.; ABÍLIO S. G. **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 240p.

PETROBRAS. Relatório Técnico de Caracterização da Bacia Ceará. 2004.

PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1967. 385p.

PILOTTO, L. S.; DOUGLAS, R. M.; BURCH, M. D.; CAMERON, S.; BEERS, M.; ROUCH, G. R.; ROBINSON, P.; KIRK, M.; COWIE, C. T.; HARDIMAN, S.; MOORE, C.; ATTWELL, R. G. Health effects of exposure to cyanobacteria (bluegreen algae) due to recreational waterrelated activities. Austrália, N. Zealand. **Journal public health**, v.21, p.562-566. 1997.

PINNEGAR, J. K.; POLUNIN, N. V. C.; FRANCOUR, P.; BALADAMENTI, F.; CHEMELLO, R.; HARMELIN-VIVIEN, M. L.; HEREU, B.; MILAZZO, M.; ZABALA, M.; D'ANNA, G.; PIPITONE, C. Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area manament. **Environmental Conservancy**, n.27, vol.2, p.179-200, 2000.

POLOVINA, J. J. Ecological considerations on the applications of artificial reefs in the management of artisanal fishery. **Trop. Coastal Area Manage.**, v.6, n.1/2, p.1-4. 1991.

PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade**

das Zonas Costeira e Marinha. BDT, Porto Seguro, Bahia. 1999.

RELINI, G. M.; TORCHIA, G.; ANGELIS, G. Trophic relationship between fishes and na artificial reef. *ICES. Journal of Marine Science*, n.59, p.36-42, 2002.

RESURREIÇÃO, M. G.; PASSAVANTE, J. Z. de O.; MACÊDO, S. J. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil): Variação da biomassa fitoplanctônica (08° 03'38 Lat. S., 34° 42'28 3° 52'00 Long. W. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.24, p.39-59. 1996.

REVIZEE. Dinâmica de Populações, Avaliação dos Estoques e Estatística Pesqueira. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE), Sub-Comitê Regional Nordeste (SCORE – NE). **Relatório Síntese.** LESSA R. P. e J. L. Oliveira (ed's). Recife. 2002. 100p.

RICARD, M. Diatomophyceés. In: SOURNIA, A (Ed.). **Atlas du phytoplankton marin.** Paris: CNRS, v.2, 1987. 297p.

RODRIGUEZ, A. M. Sucesión, Enviromental Flutuacions, and Stability in Experimentally Manipulated microalgal Communities. *Oikos*, v.70,107-120, 1994.

ROGELIO, H. P. **Dinámica de las comunidades bentónicas de los arrecifes artificiales de Arguineguín (Gran Canaria) y Lanzarote.** 1998. 355fls. Tesis Doctoral. (Departamento de Biología), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 1998.

ROHLF, F. J.; FISHER, D. L. Test for hierarcldcal structure in randon data sets. *Systematical Zoology*, v.17, p.107-412. 1968.

ROLLNIC, M. **Hidrologia, clima de onda e transporte advectivo na zona costeira de Boa Viagem, Piedade e Candeias-PE.** 2002, 111fls. Dissertação de mestrado (Departamento de Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco. 2002.

RORIG, L. R. Studies on the ecology and toxicity of *Trichodesmium* spp. Blooms in southern Brazilian coast waters. In: REGUERA, B. (ed.), **Harmful Algae.** Santiago del Compostella, Xunta de Galicia and IOC of UNESCO Publishers. 1998. p.22-25.

ROSEVELL-SILVA, M. R.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Estrutura da comunidade fitoplanctonica na baia de Tamandare (Pernambuco, nordeste do Brasil). *Tropical Oceanography*, v.34, n.2, p.159-177. 2005.

RYTHER, J. H. Photosymthesis and fish production in the sea. *Science*, v.166, p.72-6, 1969.

SAMPAIO, J. A. de A. Distribuição horizontal e vertical da clorofila a fitoplanctônica em águas da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro. **Relatório Técnico.** João Pessoa. 1998. 19p.

SANDER, J.; STEVEN, D. M. Organic productivity of inshore and offshore waters of Barbados: A study of the island mass effect. **Bulletin of Marine Science**, v.23, p.771-792. 1973.

SANTOS, D. H. C. **Estudo Socioambiental dos Naufrágios da Plataforma Continental de Pernambuco – Brasil: Contribuição para a Formulação de Políticas Ambientais e Manejo de Recifes Artificiais Marinhos na Costa do Estado de Pernambuco**. 2006. 152fls. Dissertação de Mestrado. (Departamento de Geografia), Universidade Federal de Pernambuco. 2006.

SANTOS, D. H. C.; PASSAVANTE, J. Z. O. Recifes Artificiais Marinhos: Modelos e Utilizações no Brasil e no Mundo. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, v.15, n.1, p.113-124. 2007.

SANTOS, D. H. C.; PASSAVANTE, J. Z. O. Recifes Artificiais Marinhos: O Desafio da Gestão Integrada na Costa de Pernambuco, Brasil. In: MESSIAS, A. S.; COSTA, R. N. (Org.). **Gestão Integrada de Ambientes Costeiros e Impactos Ambientais**. Recife: UNICAP, 2009, 439p.

SANTOS, D. H. C.; HAZIN, F. V.; FISHER, A. F.; FEITOSA, F. A. N.; ARAÚJO, M. E. The Creation of a Shipwreck Park Off the Coast of Pernambuco (Brazil). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.3, n.1, p.91-97. 2008.

SANTOS, D. H. C.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; AMANCIO, F. C.; PASSAVANTE, J. Z. O. Recifes Artificiais, Mergulho e Pesca Artesanal: Alguns Aspectos do Conflito na Costa de Pernambuco – Brasil, **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.10, n.1, p.7-22. 2010.

SANTOS, D. H. C.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; SANTIAGO, M. F.; PASSAVANTE, J. Z. O. Characterization of phytoplankton biodiversity in tropical shipwrecks off the coast of Pernambuco, Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v.24, n.4, p.924-934. 2010.

SARDEIRO, M. S. **Distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) na plataforma continental do Estado de Alagoas e Sergipe (Brasil)**. 1984. 165fls. Dissertação de Mestrado. (Departamento de Ciências Biológicas), Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1984.

SATÔ, S.; PARANAGUÁ, M. N.; ESKINAZI-LEÇA, E. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in Recife Northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, "Tamandaré fever". **Trabalho do Instituto Oceanográfico da Universidade do Recife**, v.5/6, p.7-49. 1963/1964.

SCHINDLER, D. E.; KITCHELL, J.F.; HODGSON, J. R.; CARPENTER, S. R. Food web structure and phosphorus recycling in lakes. **Trans. Am. Fish. Soc.**, v.122, p.756-72. 1993.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **O Planeta Azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro – RJ. Interciência. 2004, 202p.

SEAMAN Jr., W. **Artificial Reef Evaluation: With Application to Nature Marine Habitats**. Boca Raton, Flórida: CRC Press, 2000.

SEAMAN, W.; SEAMAN, W. Jr. **Artificial Reef Evaluation With Application to Natural Marine Habitats**. Florida, CRC Press, 2000, 264p.

SERAFIM, C. F. S. **Coleção explorando o ensino – Geografia – o mar no espaço geográfico brasileiro**. Coordenação: Carlos Frederico Simões Serafim; Organização Paulo de Tarso Chaves. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, vol. 08. 2005. 304p.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, Illinois, v. 27, p. 379-423, 1948.

SHENG, P.Y. Physical characteristics and engineering at reef sites. In: SEAMAN, W.J.E. (Ed.), **Artificial Reef Evaluation: With Application to Natural Marine Habitats**. CRC Marine Science Series, CRC Press LLC, Boca Raton, FL, USA, pp.51–94. 2000.

SILVA, M. G. G. Distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) na plataforma continental de Pernambuco (Brasil). **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE.**, v.17, p.7-46. 1982.

SILVA-CUNHA, M. G. G.; ESKINAZI-LEÇA, E. **Catálogo das diatomáceas (Bacillariophyceae) da plataforma continental de Pernambuco**. Série Estudos de Pesca. SUDENE (DPG/PRN/RPE) / UFPE. 1990. 318p.

SILVA-CUNHA, M. G. G.; ESKINAZI-LEÇA, E.; ALMEIDA, C. D. P. **Estrutura e distribuição do microfítotoplâncton na região compreendida entre Amapá e Paraíba (operação Norte-Nordeste II)**. In: IV Encontro Brasileiro de Plâncton, Recife-PE – Sociedade Brasileira de Plâncton. **Anais**. p.9-33. 1991.

SMALLEY, G. W.; COATS, D. W. Ecology of the red-tide dinoflagellate *Ceratium furca*: Distribution, mixotrophy, and grazing impact on ciliate populations of Chesapeake Bay. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v.49, p.63-73. 2002.

SMAYDA, T. J. Phytoplankton species succession. In: MORRIS, I. (ed.), **The physiological ecology of phytoplankton**. Studies in ecology. Oxford Blackwell Scient. Publ. p.493-570. 1980.

SMAYDA, T. J. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. **Limnol. Ocernog.**, v.42, p.1137-1153. 1997.

SMETACEK, V. S. Plankton characteristics. In: POSTMA, H.; ZIJLSTRA, J. J. (eds.). **Ecosystems of the world: Continental Shelves**. Amsterdam, Elsevier. p.93-130.1988.

- SOURNIA, A. **Atlas du phytoplancton marin: introduction**, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Paris: Centre National de La Recherche Scientifique, v.1. 1986. 220p.
- SOURNIA, A. Le genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le Canal Mozambique. Contribution a une révision mondiale. **Vie Milleu**, Ser. A., nº 2/3, p.375-499, 1967.
- SOUZA e SILVA, E. O microplâncton de superfície nos meses de setembro e outubro na Estação Inhaca (Moçambique). Lisboa: **Memórias da Junta de Investigação Ultramar**. 2ª série. n.18, 1960, 56p.
- SOUZA, C. C. R. **Arqueologia Subaquática: Identificação das Causas de Naufrágios nos Séculos XIX e XX na Costa de Pernambuco**. 2010. 243 Fls. Tese de Doutorado. (Departamento de Arqueologia), Universidade Federal de Pernambuco. 2010.
- SOUZA, C. C. R. **Identificação arqueológica de um naufrágio localizado no lamarão externo do Porto do Recife**. 2007. 147Fls. Dissertação de Mestrado (Departamento de Arqueologia), Universidade Federal de Pernambuco. 2007.
- SOUZA, E. B.; COSTA, V. B. da; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. da. Microfitoplancton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v.22, n.3, p.626-636. 2008.
- SOUZA, P. F. R. de. **Circulação hidrodinâmica na região costeira dos municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes durante o verão austral**. 109f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, 2007.
- STEIDINGER, K. A.; TANGEN, K. Dinoflagellates. In: TOMAS, C. R. (Ed.). **Identifying marine diatoms and dinoflagellates**. San Diego: Academic, Cap. 3. p.387-598, 1996.
- STERNER, R. W.; ELSER, J. J.; HESSEN, D. O. Stoichiometric relationships among producers, consumers and nutrient cycling in pelagic ecosystems. **Biogeochemistry**, v.17, p.49-67. 1992.
- STERNER, R. W. The role of grazers in phytoplankton succession. In *Plankton Ecology: Succession in Plankton Communities*, ed. U Sommer, pp. 107–70. Berlin: Springer – 1989.
- STEVENSON, J. R. An Introduction to Algal Ecology in Freshwater Benthic Habitats. In: STEVENSON, J. R.; R. BOTWELL, M. L.; LOWER, R. L. (Eds.), **Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystems**. Academic Press: California, p.317-327. 1996.
- STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A Practical handbook of seawater analysis. 2 ed. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, v.167, p.207-211. 1972.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco**. Apresentação Cláudio Marinho. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Editora Massangana, v.2, 2002.

TAKAKI, G. C.; DIU, M. B. S.; KOENING, M. L.; PEREIRA, C. Screening of marine algae from brasilian northeastern coast for antimicrobial activity. **Botanica Marina**, v.31, n. 5, p.375-377, 1988.

TEIXEIRA, C. B. **Distribuição espacial e temporal do fitoplâncton e suas relações com os fatores ambientais na Baía do Espírito Santo (E.S., Brasil)**. 1993. 74fls. Dissertação de Mestrado. (Instituto de Geociências), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1993.

TENENBAUM, D. R. **O fitoplâncton numa região tropical costeira impactada pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil)**. 1995. 245Fls. Tese de Doutorado (Departamento de Ciências Biológicas), Universidade Federal de São Carlos. 1995.

TOMAS, C. R. **Marine Phytoplankton: a guide to naked flagellates and coccolithophorids**. London: Academic Press Limited, 1993. 262p.

TOMMASI, L. R. O espaço marinho. In: Magalhães, L.E.. **A questão ambiental**. São Paulo – SP, p.185-221, 1994.

TRAVASSOS, P. E. ; MACÊDO, Silvio José de ; KOENING, M. L. Aspectos hidrológicos do estuário do rio Capibaribe (Recife-PE). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v.22, p.7-36, 1993.

TURNER, C. H.; EBERT, E. E.; GIVEN, R. R. Man-made reef ecology. **California Department Fish Game Bulletin**, v.146, p.1–221. 1969.

TYRRELL, T.; MARAÑÓN, E.; POULTON, A. J.; BOWIE, A. R.; HARBOUR, D. S.; WOODWARD, E. M. S. Large-scale latitudinal distribution of *Trichodesmium* spp. in the Atlantic Ocean, **Journal of Plankton Research**, v.25, n.4, p.405-416. 2003.

UNESCO. **Determination of photosyntetic pigments in seawater**. Report of SCOR/UNESCO, working group 17 with meat from 4 to 6 June 1964. Paris: (monography on Oceanography Methodology, 1). Paris, 1966, 69p.

UNESCO. **International Oceanographic Table**. Wormly: UNESCO, v.2. 1973. 141p.

USFWS – United States Fish and Wildlife Services. **Guidelines for artificial reef materials**. Artificial Reef Subcommittee of the Technical Coordinating Committee Gulf States Marine Fisheries Commission – United States Fish and Wildlife Services, January, 1997. 123p.

VALENTIN, J. L.; SILVA, N. M. L.; TENENBAUM, D. R.; SEIVA, N. L. A Diversidade específica para análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao ecossistema de

ressurgência de Cabo Frio (RJ). **Nerítica**, v.6, n.1/2, p.7-26, 1991.

VAN HEURCK, H. **A treatise on the diatomaceae**. London: Willian Wesley, 1986, 559p.

VANNI, N. J.; LAYNE, C. D. Nutrient recycling and herbivory as mechanisms in the “top-down” effects of fish on phytoplankton in lakes. **Ecology**, n.78, p.21-41, 1997.

VARELA, M.; PREGO, R. Hydrography and phytoplankton in an isolated and non-pristineria area: the Coruna harbour (NW Spain). **Acta Oecologica**, v.24, p.113-124. 2003.

VIDEAU, C.; RYCAERT, M.; L'HELGUEN, S. Phytoplankton em baie de Seine. Influence du panache fluvial sur la production primaire. **Oceanologia Acta**, v.21, n.6, p. 907-918. 1998.

VILLAFAÑE, V. E.; REID, F. M. H. Metodos de microscopia para la cuantificacion del fitoplancton. In: ALVEAL, K.; FERRARIO, M. E.; OLIVEIRA, E. C.; SAR, E. (Eds.) **Manual de metodos ficocologicos**. 1995.

WHITE, A. T.; CHOU, L. M.; SILVA, M. W. R; GUARIN, F. Y. Artificial reefs for marine habitat enhancement in Southeast Asia. **ICLARM Educ. Ser.**, v.11, 1990, 45p.

WILDING, T. A.; SAYER, M. D. J. Evaluating artificial reef performance: approaches to pré- and post-deploymant research. **Journal of Marine Science**, v.59, p.222- 230. 2002.

WOOD. E. J. F. **Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacents areas**. Flórida: University of Miami Press, 1968. 143p.

ZALMON, I. R.; GOMES, F. A. C. Comunidade incrustante em diferentes materiais de um recife artificial no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. **Biotemas**, n.16, vol.1, p.57-80, 2003.

ZANN, L. P. The status of coral reefs in south western Pacific Islands. **Mar. Pollut. Bull.**, v.29, n.1-3, p.52–61. 1995.

APÊNDICE

Apêndice A – Variação mensal da biomassa fitoplanctônica – Clorofila *a* – ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, durante o **primeiro ano** de afundamento.

Meses/Ano	Biomassa Fitoplanctônica ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)					
	Mercurius			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	0.94	1.17	1.33	0.51	0.92	0.97
Jul./06	1.30	1.05	0.72	1.21	1.25	0.83
Ago./06	0.47	1.31	1.41	0.53	1.15	1.60
Set./06	2.40	4.96	4.01	2.33	4.07	3.77
Out./06	1.62	2.16	1.96	1.25	2.54	2.14
Nov./06	1.38	1.77	1.44	1.53	1.55	0.78
Dez./06	1.42	2.06	1.22	1.51	3.34	1.86
Jan./07	1.43	1.53	1.41	1.67	1.67	1.47
Fev./07	1.42	1.77	1.46	1.28	1.46	1.40
Mar./07	0.86	1.85	0.93	0.73	1.54	1.14
Abr./07	0.83	2.25	1.38	0.53	1.72	1.20
Média	1.279	1.989	1.570	1.189	1.928	1.560

Apêndice B – Variação mensal da biomassa fitoplanctônica – Clorofila *a* – ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, durante o **segundo ano** de afundamento.

Meses/Ano	Biomassa Fitoplanctônica ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)			
	Mercurius		Saveiros	
	Naufrágio	Entorno	Naufrágio	Entorno
Dez./07	0.514	0.665	0.751	0.548
Jan./08	0.878	1.113	1.816	0.975
Fev./08	1.482	1.024	1.378	0.998
Mar./08	3.354	2.860	2.033	1.780
Abr./08	2.561	2.012	2.349	1.720
Maio/08	5.387	4.798	4.422	3.277
Média	2.363	2.079	2.125	1.550

Apêndice C – Variação mensal do oxigênio dissolvido (ml.L^{-1}), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Oxigênio Dissolvido (ml.L^{-1})					
	Mercúrius			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	4,35	4,00	4,08	4,06	4,13	4,02
Jul./06	4,64	4,79	4,77	4,60	5,07	4,78
Ago./06	4,85	4,70	4,97	4,73	5,19	4,98
Set./06	4,81	4,91	4,97	4,77	4,85	4,97
Out./06	4,99	4,90	5,31	5,12	5,08	5,01
Nov./06	4,84	5,11	4,78	4,63	5,18	5,29
Dez./06	4,69	4,88	4,72	4,76	4,92	4,81
Jan./07	4,71	4,68	4,63	4,83	4,69	4,82
Fev./07	5,10	5,17	5,10	5,12	5,13	5,08
Mar./07	5,02	4,86	4,59	4,91	4,87	4,77
Abr./07	5,41	4,79	5,23	5,08	4,95	4,97
Média	4,86	4,80	4,83	4,78	4,92	4,86

Apêndice D – Variação mensal da taxa de saturação do oxigênio (%), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Taxa de Saturação do Oxigênio (%)					
	Mercurius			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	96,67	88,50	90,27	90,22	91,37	88,94
Jul./06	106,40	106,47	105,98	105,41	112,73	106,22
Ago./06	109,46	105,10	111,14	106,77	116,20	111,36
Set./06	105,88	104,47	105,79	104,96	103,15	105,79
Out./06	111,70	107,89	116,89	114,43	111,83	110,44
Nov./06	110,00	113,05	105,75	105,23	114,60	117,04
Dez./06	104,92	106,32	102,83	106,49	107,19	104,79
Jan./07	106,56	104,00	102,89	109,28	104,22	107,11
Fev./07	114,61	113,63	112,09	115,06	112,75	111,65
Mar./07	112,30	108,72	102,68	109,84	108,95	106,71
Abr./07	124,01	107,07	116,96	116,44	110,83	111,12
Média	109,32	105,93	108,53	107,65	108,53	107,38

Apêndice E – Variação mensal do pH, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Potencial Hidrogeniônico					
	Mercurius			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	8,58	8,52	8,43	8,57	8,56	8,35
Jul./06	8,51	8,61	8,47	8,49	8,55	8,49
Ago./06	8,56	8,51	8,54	8,54	8,49	8,55
Set./06	8,47	8,27	8,39	8,61	8,36	8,33
Out./06	8,52	8,36	8,61	8,49	8,71	8,52
Nov./06	8,7	8,55	8,57	8,59	8,47	8,42
Dez./06	8,61	8,47	8,53	8,62	8,47	8,39
Jan./07	8,49	7,48	8,41	7,96	7,46	8,09
Fev./07	7,33	7,35	7,6	8,63	7,39	7,81
Mar./07	8,52	8,51	7,88	8,64	7,48	8,53
Abr./07	8,52	8,20	8,47	8,33	8,17	8,38
Média	8,44	8,26	8,35	8,50	8,19	8,35

Apêndice F – Variação mensal do nitrito – N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Nitrito – N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)					
	Mercúrios			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jul./06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ago./06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Set./06	0,03	0,07	0,07	0,03	0,06	0,05
Out./06	0,03	0,06	0,04	0,03	0,05	0,03
Nov./06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Dez./06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
Jan./07	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Fev./07	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03
Mar./07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Abr./07	0,01	0,06	0,05	0,01	0,07	0,02
Média	0,011	0,026	0,022	0,011	0,026	0,017

Apêndice G – Variação mensal do nitrato - N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Nitrato - N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)					
	Mercurius			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	0,15	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05
Jul./06	0,02	0,06	0,00	0,02	0,09	0,04
Ago./06	0,39	0,89	0,07	0,16	0,47	0,35
Set./06	1,06	1,21	1,49	1,27	1,99	1,68
Out./06	0,75	1,19	1,03	1,03	1,49	0,78
Nov./06	0,57	0,71	0,70	0,55	0,66	0,88
Dez./06	0,83	0,80	0,67	0,75	0,96	0,80
Jan./07	0,19	1,09	0,64	0,26	0,93	0,66
Fev./07	0,03	0,85	0,07	0,03	0,05	0,07
Mar./07	1,60	0,24	0,29	1,26	0,24	0,11
Abr./07	0,83	1,69	0,87	0,49	1,35	1,06
Média	0,58	0,79	0,53	0,53	0,75	0,59

Apêndice H – Variação mensal do fosfato – P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Fosfato – P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)					
	Mercurius			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,00
Jul./06	0,00	0,24	0,04	0,10	0,27	0,04
Ago./06	0,01	0,14	0,07	0,02	0,03	0,05
Set./06	0,15	0,92	0,37	0,13	0,53	0,44
Out./06	0,06	0,12	0,12	0,06	0,26	0,27
Nov./06	0,06	0,07	0,02	0,03	0,06	0,08
Dez./06	0,09	0,27	0,48	0,00	0,18	0,16
Jan./07	0,04	0,16	0,21	0,03	0,15	0,25
Fev./07	0,01	0,04	0,05	0,02	0,06	0,01
Mar./07	0,03	0,14	0,14	0,02	0,32	0,13
Abr./07	0,06	0,15	0,17	0,06	0,19	0,24
Média	0,05	0,20	0,16	0,04	0,19	0,15

Apêndice I – Variação mensal do silicato – Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Silicato – Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)					
	Mercúrios			Saveiros		
	Superfície	Naufrágio	Entorno	Superfície	Naufrágio	Entorno
Maio./06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jul./06	1,04	0,00	7,11	0,00	5,80	4,07
Ago./06	8,19	6,52	9,98	13,12	8,99	8,91
Set./06	14,80	24,18	17,90	17,29	21,30	11,82
Out./06	10,94	14,47	13,96	8,73	18,84	17,76
Nov./06	12,97	13,87	16,82	16,30	16,97	11,06
Dez./06	11,8	14,71	8,98	10,36	19,07	11,41
Jan./07	10,52	12,97	18,36	17,17	16,56	10,76
Fev./07	4,25	1,24	4,00	1,17	7,63	2,00
Mar./07	3,56	0,68	0,89	0,48	0,00	0,89
Abr./07	7,51	6,52	5,90	4,53	3,00	7,29
Média	7,78	8,65	9,45	8,10	10,74	7,82

Apêndice J – Variação mensal da salinidade, nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Salinidade	
	Mercurius/Saveiros	
	Superfície	Naufrágio
Maio./06	36	37
Jul./06	36	36
Ago./06	36	37
Set./06	36	36
Out./06	36	36
Nov./06	37	37
Dez./06	37	37
Jan./07	35	35
Fev./07	37	37
Mar./07	36	36
Abr./07	36	36
Média	36,18	36,36

Apêndice K – Variação mensal da temperatura da água (°C), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Temperatura da Água (°C)	
	Mercurius/Saveiros	
	Superfície	Naufrágio
Maio./06	27,5	27
Jul./06	29,5	27,5
Ago./06	28,5	27,5
Set./06	27	25
Out./06	28	27
Nov./06	28,5	27
Dez./06	27,5	26
Jan./07	29	28
Fev./07	28	26,5
Mar./07	28	28
Abr./07	29,5	28
Média	28,27	27,05

Apêndice L – Variação mensal da transparência da água (m), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

	Transparência da Água (m)
Meses/Ano	Mercurius/Saveiros
Maio./06	12
Jul./06	13
Ago./06	14
Set./06	18
Out./06	15
Nov./06	27
Dez./06	24
Jan./07	20
Fev./07	24
Mar./07	13
Abr./07	15
Dez./07	18
Jan./08	27
Fev./08	18
Mar./08	20
Abr./08	17
Maio/08	11
Média	18

Apêndice M – Variação mensal do material em suspensão – (mg.L⁻¹), nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Material em Suspensão – (mg.L ⁻¹)			
	Mercurius		Saveiros	
	Superfície	Naufrágio	Superfície	Naufrágio
Maio./06	12,80	9,50	10,60	8,80
Jul./06	10,61	6,07	9,40	7,07
Ago./06	8,27	6,27	7,27	6,87
Set./06	2,80	8,40	2,87	9,87
Out./06	2,27	5,73	3,40	5,33
Nov./06	2,73	2,07	2,66	2,42
Dez./06	3,47	4,60	4,78	4,53
Jan./07	4,27	6,07	3,92	6,12
Fev./07	4,00	3,14	3,35	2,49
Mar./07	7,32	5,60	8,81	5,01
Abr./07	6,76	7,20	5,11	9,38
Média	5,94	5,88	5,65	5,17

Apêndice N – Sinópse dos táxons identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros, na plataforma continental de Pernambuco.

CYANOBACTERIA

Classe Cyanophyceae

Subclasse Oscillatoriophyceae

Ordem Oscillatoriales

Família Oscillatoriaceae

Lyngbya sp.

Oscillatoria sp.

Família Phormidiaceae

Subfamília Phormidioideae

Phormidium sp.

Trichodesmium thiebautii Gomont ex Gomont

Subclasse Nostocophycideae

Ordem Nostocales

Família Nostocaceae

Richelia intracellulares J.Schmidt in Ostenfeld & J. Schmidt

EUGLENOZOA

Classe Euglenophyceae

Ordem Euglenales

Família Euglenaceae

Euglena sp.

DINOFLAGELLATA

Classe Dinophyceae

Subclasse Peridiniphyceae

Ordem Gonyaulacales

Família Ceratiaceae

Neoceratium breve (Ostenfeld & Schmidt) F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia

Neoceratium contortum (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium carnegiei (Graham & Bronikowsky) F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia

Neoceratium declinatum (Karsten) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium euarquatam (Jørgensen) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium furca (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium fusus (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium gibberum (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium horridum (Gran) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium macroceros (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium massiliense (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium pentagonum (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium porrectum (Karsten) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium extensum (Gourret) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium symmetricum (Pavillard) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium teres (Kofoid) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium trichoceros (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Neoceratium tripos (O.F.Müller) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Ordem Dinophysiales

Familia Dinophysiaceae

Dinophysis caudata Saville-Kent 1881

Ornithocercus magnificus Stein

Ornithocercus steinii Schütt

Ordem Peridiniales

Familia Oxytoxaceae

Oxytoxum scolopax Stein

Familia Protoperidiniaceae

Protoperidinium claudicans (Paulsen) Balech

Protoperidinium divergens (Ehrenberg) Balech

Protoperidinium longipes Balech

Protoperidinium oblongum (Aurivillius) Parke & Dodge

Protoperidinium penducunlatum (Schütt) Balech

Protoperidinium perplexum (Balech) Balech

Protoperidinium sp.

Ordem Pyrocystales

Familia Pyrocystaceae

Pyrocystis robusta Kofoid

OCHROPHYTA

Subfilo Khakista

Classe Bacillariophyceae

Ordem Bacillariales

Familia Bacillariaceae

Bacillaria paxillifera (O.F.Müller) T.Marsson

*Bacillariophyceae**Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin*Nitzschia incerta* (Grunow) M.Peragallo*Nitzschia longíssima* (Brébisson) Ralfs*Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex Cleve) G.R.Hasle*Nitzschia* sp.*Pleuro/Gyrosigma* sp.*Pleurosygma* sp.*Podocystis adriatica* (Kützing) Ralfs**Ordem Naviculales****Familia Naviculaceae***Navicula* sp1.*Navicula* sp2.*Tropidoneis lepidoptera* (Gregory) Cleve*Tropidoneis* sp.**Familia Diploneidaceae***Diploneis bombus* Ehrenberg ex Cleve**Familia Amphipleuraceae***Amphiprora* sp.**Familia Pleurosigmataceae***Gyrosigma* sp.**Ordem Licmophorales****Familia Licmophoraceae***Licmophora remulus* Grunow*Licmophora* sp.**Ordem Rhabdonematales****Familia Rhabdonemataceae***Rhabdonema adriaticum* Kützing**Subclasse Bacillariophycidae****Ordem Achnanthales****Familia Cocconeidaceae***Cocconeis scutellum* Ehrenberg**Ordem Climacospheniales****Familia Climacospheniaceae***Climacosphenia moniligera* Ehrenberg

Ordem Lyrellales**Familia Lyrellaceae**

Lyrella lyra (Ehrenberg) Karajeva

Ordem Striatellales**Familia Striatellaceae**

Grammatophora oceânica

Ordem Striatellales**Familia Striatellaceae**

Striatella unipunctata (Lyngbye) C.Agardh

Ordem Surirellales**Familia Surirellaceae**

Surirella fastuosa Ehrenberg

Ordem Thalassionematales**Familia Thalassionemataceae**

Thalassionema frauenfeldii (Grunow) Tempère & Peragallo

Ordem Thalassiophysales**Familia Catenulaceae**

Amphora sp.

Subclasse Fragilariophycidae**Ordem Fragilariales****Familia Fragilariaceae**

Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round

Bleakeleya notata (Grunow) Round

Fragilaria sp.

Podocystis adriatica (Kützing) Ralfs

Subclasse Biddulphiophycidae**Ordem Biddulphiales****Familia Biddulphiaceae**

Biddulphia obtusa (Kützing) Ralfs

Biddulphia tridens (Ehrenberg) Ehrenberg

Isthmia enervis Ehrenberg

Ordem Chaetocerotales**Familia Chaetocerotaceae**

Chaetoceros brevis Schütt

Chaetoceros coartactus Lauder

Chaetoceros didymus Ehrenberg

Chaetoceros lorenzianus Grunow

Chaetoceros peruvianus Brightwell

Chaetoceros sp.

Subclasse Biddulphiophycidae

Ordem Hemiaulales

Familia Hemiaulaceae

Hemiaulus hauckii Grunow ex Van Heurck

Hemialus membranaceus Cleve

Ordem Toxariales

Familia Toxariaceae

Toxarium undulatum J.W.Bailey

Subclasse Biddulphiophycidae

Ordem Triceratiales

Familia Triceratiaceae

Triceratium shadboltianum Greville

Triceratium sp.

Classe Coscinodiscophyceae

Subclasse Biddulphiophycidae

Ordem Triceratiales

Família Plagiogrammaceae

Dimeregramma sp.

Classe Coscinodiscophyceae

Subclasse Rhizosoleniophycidae

Ordem Rhizosoleniales

Familia Rhizosoleniaceae

Proboscia alata (Brightwell) Sundström

Pseudosolenia calcaravis (Schultze) Sundström

Rhizosolenia hebetata J.W.Bailey

Rhizosolenia setigera Brightwell

Guinardia striata (Stolterfoth) Hasle

Rhizosolenia styliformis Brightwell

CHLOROPHYTA

Subfilo Tetraphytina

Classe Siphonocladophyceae

Ordem Cladophorales

Família Cladophoraceae

Cladophora sp1.

Cladophora sp2.

Classe Siphonocladophyceae

Ordem Cladophorales

Familia Cladophoraceae

Rhizoclonium sp.

Apêndice O – Variação mensal do número de táxons identificados nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Número de Táxons			
	Mercurius		Saveiros	
	Naufrágio	Entorno	Naufrágio	Entorno
Maio./06	42	-	44	-
Jul./06	49	-	66	-
Ago./06	49	-	65	-
Set./06	439	-	564	-
Out./06	217	-	165	-
Nov./06	160	-	150	-
Dez./06	177	-	165	-
Jan./07	226	-	234	-
Fev./07	110	-	139	-
Mar./07	95	-	73	-
Abr./07	265	-	251	-
Dez./07	71	85	124	64
Jan./08	161	121	103	101
Fev./08	147	96	149	104
Mar./08	461	323	308	202
Abr./08	330	315	191	117
Maio/08	1336	928	993	905
Média	255	311	222	248

Apêndice P – Variação mensal da riqueza de espécies identificadas nas amostras coletadas nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Riqueza de Espécies			
	Mercurius		Saveiros	
	Naufrágio	Entorno	Naufrágio	Entorno
Maio./06	12	-	13	-
Jul./06	13	-	11	-
Ago./06	10	-	13	-
Set./06	33	-	38	-
Out./06	32	-	30	-
Nov./06	25	-	23	-
Dez./06	30	-	27	-
Jan./07	29	-	31	-
Fev./07	24	-	22	-
Mar./07	25	-	24	-
Abr./07	26	-	28	-
Dez./07	20	23	26	20
Jan./08	26	26	21	22
Fev./08	26	21	19	25
Mar./08	29	27	23	25
Abr./08	32	29	23	18
Maio/08	36	32	35	31
Média	25	26	23	23

Apêndice Q – Variação mensal da diversidade específica nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Diversidade Específica			
	Mercurius		Saveiros	
	Naufrágio	Entorno	Naufrágio	Entorno
Maio./06	3,15	-	3,16	-
Jul./06	2,79	-	2,21	-
Ago./06	2,64	-	3,11	-
Set./06	3,72	-	3,99	-
Out./06	3,73	-	3,57	-
Nov./06	3,64	-	3,27	-
Dez./06	3,57	-	3,59	-
Jan./07	3,98	-	4,03	-
Fev./07	4,05	-	3,99	-
Mar./07	4,15	-	4,07	-
Abr./07	3,72	-	3,81	-
Dez./07	3,70	3,68	3,96	3,68
Jan./08	3,63	3,71	3,43	3,68
Fev./08	3,88	3,49	3,43	3,80
Mar./08	3,39	3,52	3,37	3,42
Abr./08	3,75	3,65	3,81	3,19
Maio/08	1,99	1,72	2,13	1,49
Média	3,50	3,29	3,47	3,21

Apêndice R – Variação mensal da equitabilidade nas adjacências dos naufrágios Mercúrios e Saveiros.

Meses/Ano	Equitabilidade			
	Mercurius		Saveiros	
	Naufrágio	Entorno	Naufrágio	Entorno
Maio./06	0,51	-	0,51	-
Jul./06	0,45	-	0,36	-
Ago./06	0,43	-	0,51	-
Set./06	0,60	-	0,65	-
Out./06	0,61	-	0,58	-
Nov./06	0,59	-	0,53	-
Dez./06	0,58	-	0,58	-
Jan./07	0,65	-	0,66	-
Fev./07	0,66	-	0,65	-
Mar./07	0,68	-	0,66	-
Abr./07	0,61	-	0,62	-
Dez./07	0,59	0,59	0,63	0,59
Jan./08	0,58	0,59	0,55	0,59
Fev./08	0,62	0,56	0,55	0,61
Mar./08	0,54	0,56	0,54	0,55
Abr./08	0,60	0,59	0,61	0,51
Maiio/08	0,32	0,28	0,34	0,24
Média	0,57	0,53	0,56	0,51