



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E  
POLÍTICAS AMBIENTAIS**



**A UTILIZAÇÃO DA MICROALGA *Skeletonema costatum* (GREVILLE)  
CLEVE (BACILLARIOPHYCEAE) NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE  
AMBIENTAL DE ÁREAS ESTUARINAS DE PERNAMBUCO**

**MARILIA OLIVEIRA SILVA MARINS**

**RECIFE  
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E POLÍTICAS  
AMBIENTAIS**

**MARILIA OLIVEIRA SILVA MARINS**

**A UTILIZAÇÃO DA MICROALGA *Skeletonema costatum* (GREVILLE)  
CLEVE (BACILLARIOPHYCEAE) NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE  
AMBIENTAL DE ÁREAS ESTUARINAS DE PERNAMBUCO**

**Dissertação apresentada ao Mestrado em Gestão  
e Políticas Ambientais (MGPA), como parte dos  
requisitos para a obtenção do Título de Mestre  
em Gestor Ambiental.**

**ORIENTADOR:**

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante

**CONSELHEIRAS:**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Enide Eskinazi–Leça

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Da Glória G. Silva Cunha

**RECIFE  
2007**

**Marins, Marília Oliveira Silva**

**A utilização da microalga *skeletonema costatum* (greville) cleve (bacillariophyceae) na avaliação da qualidade ambiental de áreas estuarinas de Pernambuco. – Recife: O Autor, 2007.**

**138 folhas : il., fig., graf., mapas, tab.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Gestão e Políticas Ambientais. Recife, 2007.**

**Inclui bibliografia e anexos**

**1. Meio ambiente – Qualidade. 2. Pernambuco – Áreas estuarinas. 3. Rio Ipojuca. 4. Bacia do Pina. 5. Ecossistema. 6. *Skeletonema costatum*. I. Título.**

**504.064  
579.8**

**CDU (2. ed.)  
CDD (22. ed.)**

**UFPE  
BCFCH2007/41**

**A UTILIZAÇÃO DA MICROALGA *Skeletonema costatum* (GREVILLE)  
CLEVE (BACILLARIOPHYCEAE) NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE  
AMBIENTAL DE ÁREAS ESTUARINAS DE PERNAMBUCO**

MARILIA OLIVEIRA SILVA MARINS

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora:

ORIENTADOR: \_\_\_\_\_

.José Zanon de Oliveira Passavante  
Presidente / Universidade Federal de Pernambuco

EXAMINADORES: \_\_\_\_\_

Profª. Dra. Maria Luise Koenig  
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Dra. Sigrid Neumann Leitão  
Universidade federal de Pernambuco

Prof. Dr. Naithirithi T. Chellappa  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

SUPLENTE: \_\_\_\_\_

Profª. Dra. Marlene Maria da Silva  
Universidade Federal de Pernambuco

SUPLENTE: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Cláudio Jorge Moura de Castilho  
Universidade Federal de Pernambuco

Data de aprovação: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 2007.

**RECIFE  
2007**

*Diz o mestre:*

*“Se você está percorrendo o caminho de seus sonhos, comprometa-se com ele. Não deixe a porta de saída aberta, através da desculpa. Assuma o seu caminho. Mesmo que precise dar passos insertos, mesmo que saiba que pode fazer melhor o que está fazendo. Se você aceitar suas possibilidades no presente, com certeza vai melhorar no futuro. Mas, se negar suas limitações, jamais ficará livre delas. Enfrente seu caminho com coragem, não tenha medo da crítica dos outros. E, sobretudo, não se deixe paralisar pela sua própria crítica. Deus está com você nas noites insones, e enxugará as lágrimas ocultas com seu amor”.*

*Pensamento popular.*

*Dedico esta obra aos verdadeiros companheiros de todas as horas.*

*A minha mãe Odacy Urcino da Silva,  
companheira incansável, o apoio em todas as conquistas.*

*Meu eterno agradecimento.*

*A minha Irmã Márcia Oliveira Silva, por tantos momentos dividindo tarefas  
a fim de alcançar mais esse degrau.*

*A minha tia Liette Oliveira Silva, que com sua simplicidade, mostrou-se  
sempre disposta a ajudar.*

*Ao meu esposo Marco Antônio Silva Marins, por tantos momentos de  
renúncia e dedicação, agindo com sabedoria e amor, nos instantes mais  
difíceis dessa jornada.*

## AGRADECIMENTOS

---

Todas as conquistas que almejei e consegui alcançar não seriam possíveis sem a presença do meu Deus de amor, força e amizade. A Ele dou graças e louvores por me dar a oportunidade de aprender e reconhecer no mundo, as oportunidades verdadeiramente prioritárias para a existência.

Ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, em nome de suas representantes Professoras, Doutoras Graça Cater e Taís Correa de Andrade e ao Mestrado de Gestão e Políticas Ambientais (MGPA) na pessoa das Coordenadoras, Professoras, Doutoras Marlene Maria da Silva e Vanice Santiago Fragoso Selva.

Ao meu Orientador, Professor Doutor José Zanon Oliveira Passavante pela aceitação de minha orientação e confiança na execução desse trabalho, assim como suas valorosas sugestões conferidas.

A minha Co-orientadora Professora, Doutora Enide Eskinazi-Leça, concedo em agradecimento especial, pela amizade, respeito e apoio, fazendo-se presente em acreditar no meu êxito, mesmo nos momentos de falhas. Sua atenção foi primordial em mais essa conquista, representando um exemplo de profissionalismo e humanidade a serem seguidos. Em atenção, também, ao Senhor Jaime Leça pelos momentos agradáveis e tratamento carinhoso a mim sempre conferidos.

De modo algum poderia esquecer-me de citar a tranquilidade, paciência e apoio cedidos pela minha Co-orientadora, Professora, Doutora, Maria da Glória Gonçalves Silva Cunha em suas observações pertinentes ao longo da execução do estudo.

Aos meus colegas do Curso, Douglas Henrique, Yumma Bernardo, Fernanda Pinho, Valdecir Ferreira, Francicleide Palhano, Cláudia Lacerda, Aretuza Bezerra, Fernando Caldas Lins, Samanta Olivier, Vetor Uchoa, Luciana Raposo, Taís Regina Rodrigues, Gabriela Monteiro, Rosa Lúcia Lima e Jorge Luís pelos momentos de convivência ao longo desses anos.

Aos professores e pesquisadores do mestrado em Gestão e Políticas ambientais Ana Cristina Salibe, Manoel Correa de Andrade, Lucivânio Jatobá, Marlene Maria da Silva, Jan Bitoun, Edvânia Torres, Christine Dabat e Maria do Carmo Sobral, pela contribuição na construção de idéias sobre a gestão e monitoramento ambiental.

Faço menção aos funcionários do Mestrado Felipe Augusto Rodrigues e Anabele Lima, pela atenção carinhosa nas informações requisitadas e, em especial, a Solange de Paula Lima, que trata dos assuntos do curso com dedicação e eficiência, além de nos fornecer sua ajuda sincera na resolução de problemas com alegria e desprendimento.

Ao Departamento de Oceanografia na pessoa do então coordenador Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa pelo acesso ao Departamento de forma livre e despojada para a execução das análises do material de estudo, além do excelente convívio diário.

Aos colegas do laboratório de Fitoplâncton do Departamento Oceanografia Marilene Santiago, Bruno leão, Michele Rosevel, Leandro Cabanez, Marcos Honorato, e também aos funcionários Zinaldo Ferreira dos Santos e Edleuza J. da Silva pelo apoio e momentos de descontração ao longo do trabalho.

Ao Departamento de Botânica de Botânica da UFPE, Laboratório de Ficologia, através da Profa. Dra. Sônia Maria Barreto Pereira pela concessão do equipamento e espaço físico para a realização de parte das análises presentes no trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Ficologia Nadja Maia, Cláudio Santos da Costa, Antônio Travassos Jr., Juares Monteiro, Ise Goreth, Maria de Fátima Carvalho, Paula Regina Nascimento, Maria Elizabeth, Danielle Dark e Suellen Brayner pelo incentivo e excelente convívio.

Ao Prof. Dr. Alfredo Matos Moura pela grande ajuda com elaboração e interpretação dos dados estatísticos e pelo carinho ao longo dos anos, assim como sua esposa Karine Matos por tantas sugestões no decorrer de minha vida acadêmica.

A Profa. Dra. Maria Luise Koenig pelas informações ao longo da disciplina

Sistemática e Ecologia do Fitoplâncton, além das valorosas dicas sobre o estudo.

Os mais sinceros agradecimentos aos meus amigos pessoais que, por serem pessoas raras e indispensáveis a minha vida envolveram-se contribuindo efetivamente na idealização, execução e conclusão desse sonho Milca Simei da Silva Marins, Wagner Bezerra Simões, Dayse Félix de Gandra Rodrigues, Ridelma Jaciene, Roseane Soares, Suely Costa, Fabiana Dias Cavalcanti, Marília Benício e Marlene Cruz, a todos que participaram da minha caminhada, compartilhando dos obstáculos e conquistas, incentivando-me e fazendo da minha vida mais feliz.

Aos gestores e administradores escolares Edna Paiva, Maria do Socorro, Verônica Vaz e Ivelise Férias, Renato Ignácio e Belks Kleys pela compreensão e confiança nos momentos de ausência e na conquista dessa etapa de vida.

A tios, primos, cunhados, sogro e sogra que lançaram seus pensamentos benéficos e positivos sobre mim para os obstáculos não tornassem tão duros os caminhos dessa conquista.

Enfim, a todos que contribuíram com mais essa conquista, meu eterno reconhecimento.

## RESUMO

---

Os ambientes costeiros são regiões caracterizadas pela alta complexidade e diversidade biológica, onde a variedade supera outros ecossistemas já estabelecidos. As áreas estuarinas constituem um dos ecossistemas mais produtivos do mundo, graças ao grande aporte de nutrientes inorgânicos dissolvidos, oriundos do continente. O que vem sendo modificado nos últimos anos, devido ao seu uso indiscriminado. Nesse contexto, os estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina estão localizados, à cerca de 40 km ao sul da cidade do Recife e na parte interna da capital, respectivamente e encontram-se inseridos na região metropolitana do estado de Pernambuco. Esses ecossistemas foram investigados com o objetivo de inventariar a ocorrência da diatomécea *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve analisando suas variações quantitativas e morfométricas e as principais variáveis ambientais que interferem no seu desenvolvimento. O material analisado foi coletado nos meses de Junho, Julho e Agosto (período seco) e Outubro, Novembro e Dezembro (período chuvoso) nos anos de 1986, no rio Ipojuca, e 1990, na bacia do Pina, na baixa-mar e preamar. Foram aferidos no local: temperatura do ar e da água e transparência. Foram coletadas amostras da água com garrafa do tipo Nansen para análise dos demais parâmetros hidrológicos. As amostras do fitoplâncton foram coletadas através de arrasto superficial, horizontal, com duração de 3 minutos e auxílio de barco a motor, utilizando rede de plâncton (64µm de abertura de malha) e neutralizadas com formol 4%. A temperatura, transparência da água e salinidade, nos dois ambientes, teve seus maiores valores no período seco, o fosfato foi maior apenas na bacia do Pina e o silicato no rio Ipojuca. O pH não variou sazonalmente nos dois ambientes. Os maiores valores de oxigênio dissolvido, nitrito e nitrato foram registrados no período chuvoso. Em relação às marés, os valores mais elevados durante as baixa-mares foram temperatura e nitrato (no rio Ipojuca) e nitrito (na bacia do Pina), fosfato e silicato, de uma maneira geral. Nas preamares, foram registrados maiores valores de transparência, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, nitrito (no rio Ipojuca), temperatura e nitrato (na bacia do Pina). A espécie apresentou características distintas. No estuário do Ipojuca as células eram robustas, maiores e visíveis, colônias grandes, com processos evidentes. No estuário do Pina as frústulas eram frágeis, quase imperceptíveis, esbranquiçadas, com processos curtos e colônias pequenas. Os valores da altura, processos celulares e nº de cél/colônia apresentaram pequena variação sazonal, nos ciclos de marés e entre os ambientes, não sendo consideradas significativas pelo teste “t” de significância. O diâmetro celular demonstrou forte variação, entre os ambientes, mostrando-se mais elevado no estuário do rio Ipojuca representando o parâmetro mais significativo. A densidade celular, no rio Ipojuca, obteve valores elevados no período chuvoso, quando ocorreu baixa salinidade e maiores concentrações de silicato. Na bacia do Pina os maiores valores ocorreram no período seco. O biovolume celular foi mais alto no estuário do rio Ipojuca e os valores de biovolume total foram equivalentes nos dois ambientes. A análise dos componentes principais (ACP) evidenciou que no rio Ipojuca o oxigênio dissolvido, pH, nitrito, nitrato e fosfato contribuíram positivamente para o desenvolvimento da espécie. No entanto, para a bacia do Pina, a precipitação e transparência da água determinaram o desenvolvimento da espécie. Os dados obtidos classificam o estuário da bacia do Pina como ecossistema com forte estresse ambiental e eutrofização. O estuário do rio Ipojuca ainda encontra-se com certo grau de conservação. O estudo mostrou que a espécie *Skeletonema costatum* desenvolve-se melhor em ambientes não eutrofizados, sendo assim, uma boa indicadora da qualidade do ambiente.

**Palavras-chave:** *Skeletonema costatum*, estuário, bioindicação, rio Ipojuca, bacia do Pina, Pernambuco, Nordeste do Brasil.

## ABSTRACT

---

Coastal environments are characterized by the high complexity and biological diversity, where the variety overcomes others ecosystems. The estuaries represent one of the most productive ecosystems of the world, due to the great contribution of inorganic dissolved nutrients, coming from the continent. It has been changing in the last years, as a result of arbitrary manage. In this context, be present the Ipojuca River Estuary, located 40km south of Recife's city, and Pina Basin Estuary, right inside the mentioned city, both in the Recife Metropolitan Area. These ecosystems were studied aim to identify the diatom *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve occurrence, analyzing the quantitative and morphometric variations and the most important environmental variables influencing its development. Samples were collected in June, July and August (dry season) and October, November and December (rainy season) in 1986, at the Ipojuca River, and 1990, at the Pina Basin, in low and high tide. It was also register *in situ* air and water temperature and transparency. Water samples were collected with Nansen bottle for others hydrologic parameters analysis. Phytoplankton hauls were made, for the duration of 3 minutes on board a ship, using a plankton net (64µm mesh size) and the material was fixed in 4% neutral formaldehyde. The temperature, water transparency and salinity, in both environments, show highest values in the dry season; phosphate was high just in the Pina Basin and silicate in the Ipojuca River. The pH did not register a season variation. The highest values of dissolved oxygen, nitrite and nitrate were registered in the rainy season. In relation to tides, the highest values during low tides were temperature and nitrate (Ipojuca River) and nitrite (Pina Basin), phosphate and silicate, in both. In the high tides, larger water transparency values were register, and also salinity, pH, dissolved oxygen, nitrite (Ipojuca River), temperature and nitrate (Pina Basin). The species show different characteristics. In Ipojuca River Estuary cells were robust, larger and visible, big colonies, with evident processes. In Pina Basin Estuary the frústulas were fragile, whitish and almost imperceptible, with short processes and small colonies. The height values, cellular processes and cell/colony number presented small seasonal variation, in the cycles of tides and between the environments, being insignificant for the "T" test. Cellular diameter demonstrated strong variation between the environments, being higher in the Ipojuca River Estuary, representing the most significant parameter. The cell density, in Ipojuca River, obtained high values during the rainy season, when occur low salinity and high silicate concentrations. In Pina Basin, the largest values occur in the dry season. The cell biovolume was higher in Ipojuca River Estuary and total biovolume values were equivalent in both. The Principal Components Analysis (PCA) evidenced that in the Ipojuca River the dissolved oxygen, pH, nitrite, nitrate and phosphate have had contributed positively to the species development. However, in Pina Basin, the precipitation, nutrients and water transparency were decisive for the species development. The data analyzed classify the Pina Basin Estuary as a eutrophic ecosystem with strong environmental stress. The Ipojuca River Esturay still is preserved, in a certain point. The study show that the species *Skeletonema costatum* enhance grows rates in non eutrophic environments, thus, it is an excellent indicative species for environmental quality.

**Palavras-chave:** *Skeletonema costatum*, estuary, bioindicator, Ipojuca River, Pina Basin, Pernambuco, Brazil's Northeast.

## SUMÁRIO

---

### AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE APÊNDICES

<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA: O HOMEM COMO AGENTE TRANSFORMADOR DO AMBIENTE</b>	<b>19</b>
1.1 INTRODUÇÃO	20
1.2. PROBLEMÁTICA ACERCA DO AMBIENTE COSTEIRO: ABORDAGEM SOBRE ÁREAS ESTUARINAS	24
1.2.1. LEGISLAÇÃO PARA ÁREAS ESTUARINAS	27
1.2.2 CONCEITUAÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAIS	31
1.3 UTILIZAÇÃO DE BIOINDICADORES: CARACTERIZAÇÃO DA MICROALGA <i>Skeletonema costatum</i> (GREVILLE) CLEVE	33
<b>2 ABORDAGEM HISTÓRICA SOBRE O GÊNERO <i>Skeletonema</i> GREVILLE</b>	<b>37</b>
2.1. O SURGIMENTO DO GÊNERO	38
2.2 ESTUDOS ECOLÓGICOS DO GÊNERO NO MUNDO	41
2.3 OCORRÊNCIA DO GÊNERO <i>SKELETONEMA</i> NO BRASIL	43
2.4 OCORRÊNCIA DO GÊNERO <i>SKELETONEMA</i> EM PERNAMBUCO	47
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DOS ECOSISTEMAS ESTUDADOS</b>	<b>52</b>
3.1. O ESTADO DE PERNAMBUCO	53
3.2. ESTUÁRIO DO RIO IPOJUCA	54
3.3. ESTUÁRIO DA BACIA DO PINA	57
<b>4 CONSTRUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO: MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>61</b>
4.1 COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL	62
4.2 PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS	62
4.3 PARÂMETROS HIDROLÓGICOS	63

4.3.1	TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA	63
4.3.2	TEMPERATURA DA ÁGUA	63
4.3.3	SALINIDADE	63
4.3.4	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	63
4.3.5	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)	63
4.3.6	SAIS NUTRIENTES	64
4.4	PARÂMETROS BIOLÓGICOS	64
4.4.1	PROCEDIMENTO DE CAMPO	64
4.4.2	ANÁLISES BIOLÓGICAS	64
4.4.3	ASPECTOS QUANTITATIVOS	64
4.5	ANÁLISE NUMÉRICA E ESTATÍSTICA DOS DADOS	67
4.5.1	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)	67
4.5.2	ESTATÍSTICA DESCRITIVA	67
4.5.2.1	MEDIDAS DE POSIÇÃO	68
4.5.2.2	MEDIDAS DE DISPERSÃO	68
4.5.3	ESTATÍSTICA ANALÍTICA (OU INDUTIVA)	69
4.6	NORMATIZAÇÃO DO TEXTO	69
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>70</b>
5.1	PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS	71
5.1.1.	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	71
5.1.1.	TEMPERATURA DO AR	72
5.1.1	EVAPORAÇÃO TOTAL	74
5.2.	PARÂMETROS HIDROLÓGICOS	75
5.2.1	TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA	75
5.2.2	TEMPERATURA DA ÁGUA	77
5.2.3	SALINIDADE	78
5.2.4	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	79
5.2.5	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	80
5.2.6	SAIS NUTRIENTES	81
5.3	ASPECTOS QUALITATIVOS	85
5.3.1	VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS	85
5.4	ASPECTOS QUANTITATIVOS	89
5.4.1	DENSIDADE CELULAR (CEL.L <sup>-1</sup> )	89

5.4.2	MEDIDAS DE BIOVOLUME	90
5.5	RESULTADOS NUMÉRICOS E ESTATÍSTICOS	94
5.5.1	ANÁLISE MULTIVARIADA	94
5.5.2	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)	96
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>99</b>
6.1	QUALIDADE DA ÁGUA	100
6.2	VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DA <i>Skeletonema costatum</i>	108
6.3	ASPECTOS QUANTITATIVOS DA <i>S. costatum</i>	114
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>118</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>120</b>
	APÊNDICE	

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 1** – Localização do estuário do rio Ipojuca, Ipojuca (PE), evidenciando a estação de coleta. 56
- Figura 2** – Localização do estuário da bacia do Pina, Recife (PE), evidenciando a estação de coleta. 58
- Figura 3** – Variação mensal da precipitação pluviométrica total (média mensal) no ano de 1996-1997 no estuário do rio Ipojuca – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE). 71
- Figura 4** – Variação mensal da precipitação pluviométrica total (média mensal) no ano de 1990 na bacia do Pina – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE). 72
- Figura 5** – Variação mensal da Temperatura do ar (média mensal) no ano de 1996-1997 no estuário do rio Ipojuca – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE). 73
- Figura 6** – Variação mensal da Temperatura do ar (média mensal) no ano de 1990 na bacia do Pina – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE). 73
- Figura 7** – Variação mensal da Evaporação do ar (média mensal) no ano de 1996-1997 no estuário do rio Ipojuca – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE). 74
- Figura 8** - Variação mensal da Evaporação do ar (média mensal) no ano de 1990 na bacia do Pina – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE). 74
- Figura 9** - Variação anual da transparência da água nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário do rio Ipojuca – PE. 76
- Figura 10** - Variação anual da transparência da água nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE. 76
- Figura 11** - Variação anual da temperatura da água nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE . 77
- Figura 12** - Variação anual da salinidade da água nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE. 78

- Figura 13** - Variação anual do pH da água nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE. 79
- Figura 14** - Variação anual do oxigênio dissolvido nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE. 80
- Figura 15** - Variação anual dos teores de nitrito ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE. 82
- Figura 16** - Variação anual dos teores de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE. 82
- Figura 17** - Variação anual dos teores de fosfato ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE. 84
- Figura 18** - Variação anual dos teores de silicato ( $\text{SiO}_2$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE. 84
- Figura 19** - Variação na altura celular nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE. 87
- Figura 20** - Variação no diâmetro celular nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE. 87
- Figura 21** - Variação na altura dos espinhos nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE. 88
- Figura 22** - Variação do número de células por colônia nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE. 89
- Figura 23** - Variação da densidade celular nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE. 90
- Figura 24** - Variação do biovolume celular nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE. 91
- Figura 25** - Variação do biovolume total nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE. 92
- Figura 26** – Aspecto geral da microalga *Skeletonema costatum* ocorrentes nos estuários do rio Ipojuca (A, B, C, D) e bacia do Pina (E, F, G, H) Pernambuco, Brasil. (escala 10  $\mu\text{m}$ ). 93
- Figura 27** - Dendograma de associação dos parâmetros ambientais e medidas celulares da *S. costatum* no estuário do rio Ipojuca-PE. 95
- Figura 28** - Dendograma de associação dos parâmetros ambientais e medidas celulares da *S. costatum* no estuário da bacia do Pina-PE. 95

- Figura 29** - Análise dos Componentes Principais no estuário do rio Ipojuca (PE) no período seco e chuvoso (siglas na tabela 2). **98**
- Figura 30** - Análise dos Componentes Principais no estuário da bacia do Pina, Recife (PE) no período seco e chuvoso (siglas na tabela 2). **98**

## LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 1</b> – Variação das medidas celulares de <i>Skeletonema. costatum</i> em marés diferentes marés no estuário do rio Ipojuca-PE.	<b>86</b>
<b>Tabela 2</b> – Variação das medidas celulares de <i>Skeletonema costatum</i> em marés diferentes marés no estuário do rio Ipojuca e bacia do Pina –PE., (medidas em $\mu\text{m}$ ).	<b>97</b>
<b>Tabela 3</b> – Registro do diâmetro da <i>Skeletonema costatum</i> descrito por alguns autores em diferentes regiões costeiras.	<b>109</b>

## LISTA DE APÊNDICES

---

<b>APÊNDICE A</b> – Médias mensais dos parâmetros climatológicos da área do estuário do rio Ipojuca-PE (Brasil).	<b>146</b>
<b>APÊNDICE B</b> – Médias mensais dos parâmetros climatológicos da área do estuário da bacia do Pina-PE (Brasil).	<b>146</b>
<b>APÊNDICE C</b> – Médias mensais dos parâmetros hidrológicos do estuário do rio Ipojuca-PE (Brasil).	<b>147</b>
<b>APÊNDICE D</b> – Médias mensais dos parâmetros hidrológicos do estuário da bacia do Pina-PE (Brasil).	<b>147</b>
<b>APÊNDICE E</b> – Variação anual das medidas celulares de <i>S. costatum</i> no estuário do rio Ipojuca –PE.	<b>148</b>
<b>APÊNDICE F</b> – Variação anual das medidas celulares de <i>S. costatum</i> no estuário da bacia do Pina –PE.	<b>149</b>

---

*“Eu conheço os rios.  
Eu conheço os rios tão antigos como o mundo, e mais velhos que o fluxo de sangue nas veias humanas.  
Minha alma é tão profunda como os rios.  
Eu me banhei no Eufrates, na aurora da civilização.  
Eu fiz minha cabana na margem do Congo, e suas águas me cantaram uma canção de ninar.  
Eu vi o Nilo, e construí as pirâmides.  
Eu escutei o canto do Mississipi”.*  
*“Minha alma se tornou tão profunda como os rios”.*

*Autor desconhecido*

---

## **CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA:**

# **O HOMEM COMO AGENTE TRANSFORMADOR DO AMBIENTE**



# 1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA: O HOMEM COMO AGENTE TRANSFORMADOR DO AMBIENTE

---

## 1.1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o homem tem sido o maior responsável pela transformação e degradação do ambiente natural e vem pelo menos há doze milênios, promovendo essas adaptações nas mais variadas localizações climáticas, geográficas e topográficas. A poluição, o desmatamento, a exploração irracional dos recursos naturais, a degradação dos solos agricultáveis e outras agressões atingiram, no último século, níveis inadmissíveis. Atualmente vive-se uma época de grandes preocupações ecológicas, mediante um quadro elevado de degradação ambiental que ameaça a qualidade de vida do homem, ou seja, a continuidade da vida em nosso planeta.

A partir da década de 1970, as questões ambientais tornaram-se populares, havendo uma tomada de consciência da problemática ambiental no mundo, sobretudo a partir da Conferência das Nações Unidas (CNUMAD) para o meio ambiente e desenvolvimento, na Suécia, em 1972, que reuniu representantes de várias nações com o objetivo de discutir os principais problemas, ocasionados pela própria humanidade ao meio ambiente, em consequência da exploração irracional dos recursos.

Os temas Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental vêm assumindo destaque em numerosos debates tanto no meio acadêmico como no cenário político internacional e nacional. Apesar das contradições que os envolve, não há impedimento para que este conceito se torne uma referência das políticas públicas adotadas pela ONU (Agenda 21) e pelos seguimentos regionais.

A gestão ambiental caracteriza-se por um conjunto de princípios, estratégias, ações e procedimentos para proteger a integridade dos meios físico e biótico. Incluem o monitoramento e o controle de elementos essenciais à qualidade de vida; o controle e a fiscalização do uso dos recursos naturais; o processo de estudo, avaliação e eventual licenciamento de atividades potencialmente poluidoras; a normatização de atividades; definição de parâmetros físicos, biológicos e químicos dos elementos naturais, assim como os

limites de sua exploração e/ou as condições de atendimento dos requerimentos ambientais em geral.

A maneira de gerir a utilização desses recursos é o fator que pode acentuar ou minimizar os impactos, obedecendo a leis, critérios, e métodos precisos, adequados ao fator gerencial que o gestor adota para o espaço de sua intervenção.

A civilização humana sempre utilizou os oceanos e os mares para extrair seu sustento, aliás, mais da metade dos 6 bilhões de habitantes do mundo vivem nas costas ou a 60 km delas, o que propicia o fluxo dos dejetos diretamente nas regiões costeiras.

Nos últimos anos, devido ao processo de ocupação indiscriminada e conseqüente degradação ambiental, os ambientes aquáticos tiveram sua produtividade alterada gerando desequilíbrio local. Graças à evolução da sociedade e suas práticas de exploração do meio, a região costeira, tendo em vista os impactos negativos que a afetam, tem o seu valor ecológico e sócio-econômico ameaçado, através de uma utilização não sustentável (MMA, 1996).

A explosão demográfica, o crescimento no número e tamanho das cidades, as aglomerações junto ao litoral, a poluição, o desenvolvimento tecnológico, que exige mais custo ambiental das últimas décadas e, principalmente, a pesca predatória, são fatores formadores de grandes pressões sobre os recursos hídricos marinhos, que já estão mostrando esgotamento, atingindo drasticamente a morte instantânea do plâncton, ou ainda a bioacumulação. Esse fenômeno caracteriza-se pela retenção de substâncias tóxicas pelos organismos vivos que se acumulam em seu corpo passando para os demais seres da teia alimentar até chegar ao homem, através de intoxicação, muitas vezes letal.

Todas essas questões ganharam destaque através de discussões e encontros envolvendo governos e instituições da sociedade civil de 179 países num processo preparatório que durou dois anos e culminou com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida por ECO-92. Nesse grande evento foi criado um documento consensual abordando todas as intervenções e diretrizes para o crescimento mundial “sustentável”. A Agenda 21 (1992) é um programa de ação que busca promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Conforme a Agenda 21 (op. cit.) o meio ambiente marinho é caracterizado pelos oceanos, mares e os complexos das zonas costeiras formam um todo integrado que é componente essencial do sistema que possibilita a existência da vida sobre a Terra, além de ser uma riqueza que oferece possibilidade para um desenvolvimento sustentável. Um de seus capítulos está voltado para o gerenciamento integrado de desenvolvimento das zonas costeiras e das Zonas Econômicas Exclusivas (ZEE), proteção do meio ambiente marinho, o uso sustentável dos recursos marinhos, o desenvolvimento sustentável das pequenas ilhas, etc.

Relacionam também quais os métodos e mecanismos para a coordenação e implementação dos programas integrados de gerenciamento destes recursos, estabelecendo medidas para a manutenção da biodiversidade e aumento da produtividade, como determinou o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) a realização de uma reunião mundial sobre a proteção do meio ambiente marinho e da poluição decorrente das atividades terrestres, no que resultou na Conferência Intergovernamental que envolveu 109 países, em Washington, entre 23 de outubro e 03 de novembro de 1995, que adotou o Programa de Ação Mundial para a Proteção do Meio Marinho frente às Atividades Realizadas na Terra.

Para se formular uma melhor utilização dos ecossistemas aquáticos faz-se necessário avaliar o corpo de água, integrando e interagindo, simultaneamente, ao ambiente terrestre. Os ambientes estuarinos, por se tratar de um local de transição entre água doce e marinha, constituem paisagens ou unidades ambientais, nas quais todos os elementos naturais ou humanos se relacionam de maneira efetiva e inseparável.

A utilização de bioindicadores no monitoramento ambiental amplia as informações a respeito dos impactos, gerando dados possíveis de serem utilizados na gestão dos ambientes estuarinos de todo Estado de Pernambuco. A gestão ambiental consiste numa série de intervenções humanas sobre um patrimônio ambiental que se localiza em determinado território.

Como não era possível analisar todas as áreas estuarinas de Pernambuco, por não haver disponibilidade de tempo e apoio logístico, foram escolhidos dois ambientes, na tentativa de melhor observar o desenvolvimento da população escolhida para o estudo, a diatomácea *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. A decisão de estudar esses estuários repousa sobre suas diferenças estruturais, principalmente influência antrópica e nível de

poluição. Nestes ambientes, o que estaria por trás da ocupação humana em seu entorno? Quais as principais fontes de influência direta do homem na sua degradação? Locais que, apesar de estarem incluídos na região metropolitana do Recife e passando por uso desordenado, ainda mantêm a sobrevivência da vida.

A motivação para o estudo surgiu do fato de serem ambientes urbanos de grande beleza e importância ecológica, porém altamente impactados. Entretanto, o que nos chamou a atenção, foi a função social e econômica que esses ecossistemas ainda possuem, servindo de berço para o alimento em muitas comunidades ribeirinhas.

Nesse contexto, é fundamental a realização de estudos que envolvam os ambientes estuarinos, a fim de contribuir para a gestão equilibrada de seus recursos. Desta forma o presente trabalho foi proposto, visando analisar a ocorrência da diatomécea *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina (PE), de características ambientais diferentes, analisando suas variações quantitativas e morfométricas, como uma forma de contribuir para o conhecimento do seu papel em cada ecossistema e, ao mesmo tempo, reunir um conjunto de informações que possam elevá-la como uma espécie indicadora no monitoramento ambiental das áreas estuarinas do Estado. Sendo assim foram propostos os seguintes objetivos:

- Avaliar as condições físico-químicas da água dos estuários, classificando-os de acordo com os graus de poluição;
- verificar as mudanças morfológica celulares ocorridas na espécie nos dois ambientes analisados;
- determinar a densidade e o biovolume das populações nos locais e períodos estudados;
- evidenciar o comportamento da população através de análise estatística aplicando-se a análise multivariada e estatística descritiva;
- identificar as principais variáveis abióticas que influenciam nas modificações morfológicas da espécie;

- determinar se a espécie funciona como boa bioindicadora propondo dados utilizáveis no monitoramento dos ambientes estuarinos de Pernambuco.

## **1.2 PROBLEMÁTICA ACERCA DO AMBIENTE COSTEIRO: ABORDAGEM SOBRE ÁREAS ESTUARINAS**

Os ambientes costeiros são regiões caracterizadas por sua situação entre o mar aberto e a massa terrestre, seja continental ou insular, dos quais recebem influência a partir das correntes marinhas e de ressurgência, da ação dos ventos e dos aportes continentais de água e de nutrientes, onde a variedade de vida supera inclusive a das florestas úmidas tropicais (ODUM, 1988).

O assoreamento de cursos fluviais, as atividades de extrativismo, a construção de barragens, a ocupação da faixa de praia e exploração turística de forma desordenada representam, dentre outras, o comprometimento e/ou a destruição de ecossistemas costeiros, onde se destacam os estuários que interagem de forma significativa na sustentabilidade ambiental, produtividade de ecossistemas e qualidade de vida da população local. Em meio a essas pressões, sejam de origem antrópica ou natural, ocorrem perturbações que são refletidas diretamente na sua comunidade produtora (primária e secundária), fornecendo assim indicações sobre o grau de disponibilidade alimentar dentro do ecossistema (GREEN, 1968).

A ação das marés representa um papel relevante na morfodinâmica e hidrodinâmica costeira, principalmente no sentido de ampliar a área de ação das ondas, gerando correntes em estuários, canais lagunares e em águas rasas, próximas à costa, além de favorecer o transporte de sedimentos (PINHEIROS, 2004).

Sabe-se que, as áreas estuarinas constituem um dos ecossistemas mais produtivos do mundo, isto se deve, principalmente, ao grande aporte de nutrientes inorgânicos dissolvidos oriundos do continente, incorporando uma rede balanceada de inter-relações bióticas e abióticas. Embora, esse balanço natural venha sendo modificado nos últimos anos, devido ao uso indiscriminado, o estuário permanece como um dos ambientes mais resilientes sobre a terra por manter as suas características naturais (NIXON et al., 1986, apud PERSICH et al., 1996; FRENCH, 1997; ELLIOTT; McLUSKY, 2002).

A descarga de água doce na parte interna, a entrada de água do mar e os transportes associados de sedimentos em suspensão e nutrientes orgânicos e inorgânicos são processos que desempenham uma grande importância para as áreas estuarinas. Parte dessas substâncias é utilizada como alimentos pelos organismos marinhos, e os poluentes podem afetar grande variedade da biota representando uma ameaça para a saúde das populações que delas se utilizam como alimento (MIRANDA et al., 2002).

As regiões estuarinas, os manguezais, os corais e as baías são os locais de procriação da maioria da fauna marinha. São nestes locais que grande parte das espécies marinhas se reproduzem. Justamente nestes riquíssimos ambientes surgem os maiores efeitos da poluição representados pelos resíduos tóxicos lançados diretamente no ambiente, vindos das cidades ribeirinhas, através das inúmeras indústrias e pela agricultura, ou trazidos de grandes distâncias por rios que deságuam nestes locais.

O ecossistema estuarino possui um papel fundamental na manutenção do equilíbrio do sistema costeiro. É definido como um corpo d'água, semifechado, que apresenta conexão livre com o mar aberto e no qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce, derivada da drenagem terrestre. Sofre interação de duas massas d'água diferentes química e fisicamente, dando origem a processos de padrões sedimentológicos e biológicos característicos. De uma maneira geral são corpos de água de pequena profundidade, com volumes que dependem dos períodos de estiagem e chuva com fundos predominantemente lamosos, cuja dinâmica depende também das taxas de precipitação, evaporação e altura das marés (YANEZ-ARANCIBIA, 1978).

Tais características resultam no estabelecimento de um ecossistema altamente variável com importantes efeitos sobre toda a vida aquática, onde uma variedade de espécies animais e vegetais tornam-se adaptadas a um ambiente em que o fluxo das correntes, salinidade e temperatura, são submetidos a amplas variações. Esses ecossistemas são críticos para alguns organismos, porém, ideais para outros (PERKIS, 1974).

Os manguezais, que são riquíssimas fontes energéticas e de primordial importância para a vida de milhares de espécies, existem em quase todos os continentes tropicais e subtropicais e representam cerca de 25.000Km<sup>2</sup> e ocorrem em quase todo o litoral desde o Oiapoque à Laguna em Santa Catarina (SCHAEFER-NOVELLI, 1995).

No Brasil, como em outros países, a necessidade de aproximar-se dos recursos levou à ocupação destas áreas, com conseqüente pressão antrópica ao ambiente, que ocorre na forma de construção de vilas, implicando na derrubada da vegetação para construção e utilização do espaço físico; na formação de centros urbanos às margens dos estuários, com lançamento de efluentes e conseqüentes comprometimentos da qualidade da água; na produção de resíduos industriais, que promovem degradação mesmo a grandes distâncias, devido ao carreamento dos poluentes à jusante dos rios. De igual maneira, a implantação de atividades portuárias em estuários ou nas proximidades destes exercem alterações no hidrodinamismo da região, com efeitos na estruturas das comunidades biológicas (KOENING, 1997).

Com a degradação acelerada dos ambientes estuarinos, diversas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de determinar as mudanças na sua ecologia, estrutura e dinâmica, levantando informações necessárias a políticas de conservação do ecossistema, manutenção da qualidade da água e recursos como a pesca, a aqüicultura e atividades turísticas e de lazer.

Desta forma as áreas estuarinas ocupam o cenário de centros de intensa atividade econômica contribuindo para o seu crescimento, pois são locais adequados para a instalação de portos, constitui importante via de acesso para o interior do continente e possuem constante renovação de suas águas pelas marés. Encontram-se particularmente expostas à poluição e muito ameaçadas por atividades humanas como aterramento, poluição industrial e de esgotos domésticos, atividades turísticas, etc. Portanto, é fundamental conhecer o funcionamento desses ecossistemas, proporcionando com isso, um acompanhamento constante de seu uso.

O impacto na qualidade da água pode afetar a comunidade aquática, cuja diversidade decresce com a eutrofização e poluição, enquanto que as alterações físicas do ambiente resultam na destruição dos habitats e modificações hidrológicas alterando o modelo da circulação estuarina causando profundas modificações no hidrodinamismo e geomorfologia da área (MIRANDA, et al. 2002). Segundo Elliott e McLusky (2002) os estuários apesar de ser um habitat que o homem vem explorando e sempre destruindo, permanece como um dos ambientes mais produtivo sobre a Terra por manter suas características naturais.

Devido à complexidade do ambiente estuarino, uma série de estudos vem sendo desenvolvidos para obter um melhor conhecimento da sua funcionalidade, buscando minimizar efeitos degradantes e ordenar seu manejo (MELO, 2001).

### 1.2.1 Legislação para Áreas Estuarinas

A riqueza biológica dos ecossistemas costeiros faz com que essas áreas sejam os grandes "berçários" naturais, tanto para as espécies características desses ambientes, como para peixes e outros animais que migram para as áreas costeiras durante, pelo menos, uma fase do seu ciclo de vida.

No mundo existem cerca de 162.000 Km<sup>2</sup> manguezais. No Brasil existem cerca de 25.000 Km<sup>2</sup> de mangue, que representam mais de 12% dos manguezais do mundo inteiro. Os manguezais estão distribuídos desde o Amapá até Laguna, em Santa Catarina. Na região costeira do Estado de Pernambuco a faixa litorânea é bastante reduzida, e como consequência, uma pequena representação de áreas estuarinas. Segundo Coelho; Torres (1982), elas ocupam 25.040 hectares. Dentre essa extensão, a grande maioria, sofreu e sofre, algum tipo de degradação, caracterizando novo perfil para o ambiente.

O manguezal é considerado como área de preservação permanente, incluído em diversos dispositivos constitucionais (Constituição Federal e Constituições Estaduais) e infraconstitucionais (leis, decretos, resoluções, convenções). A observação desses instrumentos legais impõe uma série de ordenações do uso e/ou de ações em áreas de manguezal (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

As legislações que incluem, mesmo que implicitamente, as áreas de manguezal são: Código Florestal, **Lei nº 4.771/65** - Resolução CONAMA, **nº 04/85** - **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**, Lei Estadual, **nº 9.931/86** - Constituição Federal de 1988, **artigo 225** - Decreto Federal, **nº 750/93** - **Proteção das Áreas Estuarina** - Lei Federal, **nº 7.661/98** - Lei Federal, **nº 9.605/98** .

**O Código Florestal Brasileiro de setembro de 1965, Lei nº 4.771**, foi à primeira legislação que abordou questões ambientais no âmbito nacional, mesmo citando apenas a vegetação, deu início ao surgimento de normatização específica para as questões ambientais. Determina que as florestas são bens de interesse comum a todos os habitantes do país, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação permite. Instituiu áreas de preservação permanente nas florestas e demais formas de vegetação natural sendo a primeira legislação que considera o ecossistema manguezal.

A resolução do **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 004, de 18 de setembro de 1985**, diz serem consideradas Reservas Ecológicas as formações florísticas e as áreas de florestas de preservação permanente mencionadas no Artigo 18 da Lei nº 6.938/81, bem como as que estabelecidas pelo Poder Público de acordo com o que preceitua o Artigo 1º do Decreto nº 89.336/84. - Para efeitos desta Resolução são estabelecidas definições para pouso de aves, - aves de arribação, olho d'água, nascente, montanha, etc., dentre elas define manguezal como: "...ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos sujeitos à ação das marés localizadas em áreas relativamente abrigadas e formado por vasas lodosas recentes às quais se associam comunidades vegetais características", considerado como reserva ecológica em toda a sua extensão, fortalecendo as investidas para proteção do ecossistema.

Como grande avanço na preocupação com o ecossistema de manguezal foi instaurada **a Lei Estadual nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986**, conhecida como **Lei de Proteção aos Manguezais**, que define como áreas de proteção ambiental as reservas biológicas do litoral do Estado de Pernambuco e dispõe sobre condições básicas relativas à sua preservação, são elas área estuarina dos rios Goiana e Megaó; área estuarina do rio Itapessoca; área estuarina do rio Jaguaribe; área estuarina do canal de Santa Cruz; área estuarina do rio Timbó; área estuarina do rio Paratibe; área estuarina do rio Beberibe; área estuarina do rio Capibaribe; área estuarina dos rios Jaboatão e Pirapama; área estuarina dos rios Sirinhaém e Maracáipe; área estuarina do rio Formoso; área estuarina do rio Carro Quebrado; área estuarina do rio Uma. As áreas estuarinas dos rios Paratibe e Beberibe são consideradas como casos especiais de proteção, dada a sua localização dentro da malha urbana, serão delimitadas e serão definidas as condições para a sua utilização, com base em planos específicos a serem elaborados para cada uma delas.

O **Art. 225, da Constituição Federal de 1988**, representa um marco divisional na proteção do Meio Ambiente, no momento em que direciona as novas ações, direitos e deveres, que compete a todos a conservação da qualidade ambiental. E diz "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações".

**A Lei Nº 7.804, de 18 de julho de 1989** a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e seus instrumentos, altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre

a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de junho de 1980, e dá outras providências através da lei 6938/81, de 31 de agosto de 1981, que reconheceu a necessidade de dispor de informações atualizadas sobre a qualidade ambiental, passando o Artigo 3º vigorar na forma seguinte: entende-se por recursos ambientais: “a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora”.

Em 1992 com a aprovação da agenda 21, durante a Conferência das Nações Unidas (UNCED-92), a importância do monitoramento ambiental foi reafirmada como instrumento de geração de informação para a tomada de decisão diante da compreensão segura das mudanças globais para o uso adequado dos recursos naturais e ordenamento do território visando um desenvolvimento sustentável MMA (2000).

**O Decreto Federal nº 750/93, de 10 de fevereiro de 1993**, dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançados e médio de regeneração da Mata Atlântica. Para os efeitos deste decreto, considera-se Mata Atlântica as formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1988): Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Manguezais, Restingas Campos de Altitude, Brejos interioranos e Encaves Florestais do Nordeste. Pode haver permissão de corte, excepcionalmente, mediante decisão motivada do órgão estadual competente, com anuência prévia do IBAMA, informando-se ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), quando necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, mediante aprovação de estudo e relatório de impacto ambiental.

**A Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1998**, institui o **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**, que é parte integrante da Política Nacional para os Recursos do Mar - PNRM e da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA. Tem como principal objetivo orientar a utilização racional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural. Para os efeitos desta Lei, considera-se “Zona Costeira” o espaço geográfico de

interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano.

O Plano nacional de Gerenciamento Costeiro deverá prever o zoneamento de usos e atividades na Zona Costeira e dar prioridade à conservação e proteção, entre outros, dos recursos naturais, renováveis e não renováveis, recifes e bancos de algas; ilhas costeiras e oceânicas; sistemas fluviais, estuarinos e lagunares, baías e enseadas; praias; promontórios, costões e grutas marinhas; restingas e dunas; florestas litorâneas, manguezais e pradarias submersas; - sítios ecológicos de relevância cultural e demais unidades naturais de preservação permanente; - monumentos que integrem o patrimônio natural, histórico, paleontológico, espeleológico, arqueológico, étnico, cultural e paisagístico.

Apesar de não ser exclusivo as áreas de manguezal, assegura a Zona Costeira como patrimônio nacional, dentro de condições que promovam a preservação, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais, criando o primeiro gancho, levando ao surgimento das leis específicas para os ecossistemas estuarinos. A degradação dos ecossistemas, do patrimônio e dos recursos naturais da Zona Costeira implicará ao agente a obrigação de reparar o dano causado e a sujeição as penalidades previstas.

A legislação determina o veto para ações que agridam o ambiente como o parcelamento para fins urbanos e a ocupação com edificações; o desmatamento e a remoção da cobertura vegetal, bem como a movimentação de terras a qualquer título; o lançamento de lixo urbano ou individual; o lançamento de despejo líquido urbano ou industrial sem tratamento adequado, previamente aprovado pela Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e Administração dos Recursos Hídricos (CPRH).

As condições específicas de preservação e aproveitamento dos recursos naturais das reservas biológicas contidas em cada área de proteção ambiental terão regulamentação posterior, com base em planos específicos a serem elaborados para cada área estuarina. Os infratores desta Lei ou do seu regulamento ficam sujeitos às penalidades de embargo ou demolição de obras executadas em desacordo com a presente Lei.

**A Lei Federal nº 9.605, de fevereiro de 1998, Lei de Crimes Ambientais**, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências a gravidade do fato, tendo em vista os motivos da infração e suas conseqüências para a saúde pública e para o meio ambiente. Tornam explícito as resoluções em defesa do meio ambiente, complementando as observações feitas pela Constituição Federal.

**O Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (CONSEMA)** na Resolução nº 02/2002, de 15 de outubro de 2002, considerando a existência de determinação constitucional de proteção das áreas de preservação permanente, entre as quais se incluem os manguezais e seus estágios sucessionais, além das determinações das legislações federal, estadual e municipal relacionadas à proteção do meio ambiente, prevê a necessidade de estudos relativos ao zoneamento ecológico-econômico das áreas estuarinas de todo o Estado a serem realizados pelo órgão ambiental competente. Considerando a necessidade de ordenar o cultivo de camarão fora das áreas de preservação permanente através de normas específicas e eficazes para o licenciamento ambiental desse empreendimento, a necessidade do abastecimento e drenagem das fazendas de cultivo de camarão em corpos d'água fluviais e flúvio-marinhos; editando normas específicas e eficazes para o seu licenciamento. O cultivo de camarão sendo uma atividade econômica, sem regulamentação específica no Estado, necessita do estabelecimento de normas regulamentadoras dos procedimentos de licenciamento, controle, acompanhamento e fiscalização ambiental.

### **1.2.2 Conceituação dos Indicadores Ambientais**

O processo de gestão ambiental inicia-se através da promoção de adaptações ou modificações no ambiente natural, de forma a adequá-lo às necessidades individuais ou coletivas. Pretende-se atingir o equilíbrio nos processos urbanos, promovendo o controle apropriado do meio ambiente físico gerando o uso sustentável, de modo a manter as comunidades biológicas, para o benefício continuado do homem (PHILIPPI, 2001).

È fundamental a utilização de ferramentas que permitam a integração das variáveis ambientais dentro do processo de decisões relacionadas ao planejamento e monitoramento.

Uma das formas de contribuir para o conhecimento da saúde ambiental e os efeitos de ações antropogênicas é o emprego de organismos vivos na indicação da qualidade do ambiente, os quais poderão oferecer um alerta a partir das mudanças ocorridas para diagnosticar a causa desses impactos (ESPINO, 2002).

As espécies indicadoras ou bioindicadoras são representadas por organismos ou conjunto de organismos que indicam as condições ambientais a que estão melhores adaptadas, para desenvolver seu estilo de vida e demanda (LOEB; SPACIE, 1994). Segundo Damato (2001) um bioindicador é um organismo que permite caracterizar o estado de um ecossistema e evidencia, tão precocemente, quanto possíveis, as modificações naturais ou provocadas. Tal indicador deve ser facilmente identificável, de fácil demonstração, distribuir-se de forma ampla, possuir características ecológicas e biológicas bem conhecidas, apresentar baixa variabilidade específica, desenvolver-se bem em laboratório e acumular poluentes.

Podem ter diferentes propósitos que incluem: monitoramento no ponto de lançamento de efluentes; espécies residentes que são usadas como indicadores numa área de interesse potencial, mostrando respostas a mudanças ambientais; espécies indicando provável poluição química; organismos que acumulam quantidades de substâncias e espécies usadas para ordenar a toxicidade relativa de substâncias químicas.

A observação e monitoramento da qualidade ambiental marinha e costeira incluem-se no cenário geral das ações necessárias para a preservação e gerenciamento do litoral. Em zonas costeiras, geralmente existem duas categorias de *bioindicadores*: indicadores de bioacumulação de poluentes e indicadores de efeitos negativos (quando regredem) ou positivos (quando aumentam). Destaca-se a ausência de um táxon estenotípico em uma amostra podendo indicar perturbação ambiental (COSTA et al., 2004).

De acordo com Costa et al., (2004) os organismos bioindicadores devem ter algumas características peculiares, tais como: ter a sua taxonomia bem conhecida e bem descrita em manuais de identificação; ser suficientemente abundante no ecossistema para que possa ser, facilmente, diagnosticadas mudanças; ter uma ampla distribuição (cosmopolita); mostrar respostas bem definidas, ou seja, desaparecer ou diminuir sua população; substituir ou ser substituída por outras espécies ou apresentar modificações morfológicas.

È também de grande importância a influência tóxica sofrida pelo ambiente através de agentes poluidores. Despejo de dejetos, agrotóxicos, fertilizantes, resíduos industriais, metais pesados, derivados industriais ou eutrofização natural, presentes no ecossistema modificará diretamente as ações e o desenvolvimento das microalgas bioindicadoras, fornecendo dados importantes para o diagnóstico ambiental.

As microalgas funcionam como excelentes bioindicadores, uma vez que, podem atender a todos esses requisitos por possuírem ciclo de vida curto, respondem rapidamente às modificações ambientais e apresentam capacidade de indicar áreas eutrofizadas através de florescimentos maciços. Representam, assim, uma valiosa ferramenta de monitoramento capazes de auxiliar nos planos de gestão ambiental (KLUMPP, 2001).

Embora grandes números de trabalhos venham sendo realizados no ambiente estuarino, estes ainda são insuficientes para atender a demanda no conhecimento sobre indicadores que previnam e minimizem os impactos ambientais, pois, pouco se conhece sobre a estrutura das comunidades e diversidade biológica desses ecossistemas, principalmente no litoral pernambucano, considerando que muitos destes ambientes já foram ou estão sendo amplamente alterados (SILVA-CUNHA, 2001).

### **1.3 UTILIZAÇÃO DE BIOINDICADORES: CARACTERIZAÇÃO DA MICROALGA *Skeletonema costatum* (GREVILLE) CLEVE**

Não é possível controlar ou gerenciar os biomas do planeta sem conhecer a biologia das espécies, a relação entre elas e o elo com os demais componentes dos ecossistemas. Qualquer projeto de gestão, avaliação, monitoramento ou recuperação passa necessariamente pelo levantamento das espécies, suas frequências, a diversidade inter e intra-específicas e as interações com o meio físico. Levantamentos florístico, faunístico e fitossociológicos são indispensáveis para as tomadas de decisões (GAREY, 2001).

As perturbações antrópicas ou naturais resultado do grande aumento populacional, crescimento industrial e desenvolvimento de tecnologias, nos últimos anos, vêm afetando grandemente os ecossistemas aquáticos causando visíveis modificações no desenvolvimento, sobrevivência e dispersão de organismos. Processos de eutrofização, conduzindo a

florescimento algais sucessivos, e a presença de metais pesados no ambiente, tem causado efeitos crônicos ou letais para os organismos, que podem sofrer bioacumulação ou transferência para outros níveis tróficos (GAREY, op cit.).

De acordo com Abel (1989), o controle biológico, associado ao monitoramento físico-químico da água, gera informações que são essenciais para o estabelecimento dos padrões de qualidade da água. Dessa forma devem ser analisados os fatores abióticos como complementações biológicas.

O fitoplâncton constitui o grupo mais importante de produtores junto com os demais integrantes desse nível trófico. Em conjunto ou isoladamente, podem acrescentar contribuições expressivas à produção primária em ambientes costeiros, permitindo o funcionamento da quase totalidade das teias alimentares marinhas (LOURENÇO; MARQUES JUNIOR, 2002). É composto por microalgas unicelulares, fotoautotróficas, em sua grande maioria, dotadas de clorofila “a” e outros pigmentos acessórios pertencentes a uma diversidade de classes, dentre as quais cinco predominam quantitativamente Bacillariophyceae (diatomáceas), Dinophyceae (dinoflagelados), Cyanophyceae (cianofíceas), Euglenophyceae (euglenofíceas) e Chlorophyceae (clorofíceas).

As microalgas apresentam uma grande diversidade de forma, adaptações e associações permitindo, com isso, se desenvolverem nos mais variados ecossistemas aquáticos. Estão presentes em ambientes poluídos e eutrofizados permitindo o aumento de seu potencial produtivo. São evidentes as modificações ocorridas por grupos de microalgas quando em contato com substâncias tóxicas sofrendo crescimento exacerbado, com aumento de nutrientes (ESKINAZI-LEÇA et al., 2002).

A utilização desse grupo de organismos na detecção de ambientes poluídos simplifica as ações a serem tomadas com o intuito de sanar impactos cometidos a longo ou curto prazo. Essa detecção é de fácil manuseio podendo ser expandida para a comunidade em geral através de projetos de reconhecimento de áreas de manguezal, enriquecendo o seu conhecimento com relação a ecossistemas costeiros e regionais, bem como desmistificando as informações primárias relacionadas ao grupo vegetal.

A estrutura da comunidade é um importante parâmetro para avaliação da qualidade da água enquanto que o conhecimento das espécies constitui um dos pontos básicos para o entendimento do funcionamento de ecossistemas aquáticos.

As microalgas são potencialmente utilizáveis como indicadoras ambientais por atenderem amplamente aos requisitos de bom bioindicador, uma vez que respondem rapidamente às modificações ambientais evidenciando o impacto, através de uma fantástica diversidade de formas, tem modificado o tamanho da população, sua existência ou desaparecimento sob certas condições ambientais, com isso tolerância à poluição documentada.

Podem também, ser aplicadas como indicadores ecológicos evidenciando o impacto da poluição através de mudanças no tamanho de suas populações; através de sua existência ou desaparecimento sob certas condições ambientais; ou funcionarem como organismos monitores mostrando, qualitativa e qualitativamente, o impacto da poluição sobre os organismos (KLUMPP, 2001). Sua utilização na detecção de ambientes poluídos simplifica a percepção de impactos e facilita a implantação de ações mitigadoras no ambiente, e ainda amplia o conhecimento e valorização da biodiversidade local.

As diatomáceas apresentam maior diversidade de formas e são consideradas os principais produtores existentes nos estuários. A abundância desses indivíduos está condicionada às suas características de eurialinidade, o que as tornam capazes de suportar as grandes variações que os estuários apresentam. Essas algas também podem ser encontradas em qualquer ambiente aquático, apresentando como requerimento especial à sílica para formação de suas valvas (MORENO et al., 1996).

Dentre as espécies consideradas potencialmente indicadoras de áreas estuarinas destaca-se a diatomácea *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve responsável por grandes florescimentos nesses ecossistemas, constituindo-se um elemento presente em vários estuários de todo o mundo. Trata-se de espécie marinha que pode resistir a amplas variações mostrando suportar as diversas mudanças ambientais que os estuários apresentam (ROUND et al., 1990).

Essa espécie é considerada uma das diatomáceas mais abundantes no fitoplâncton marinho costeiro, sendo um organismo característico no campo de pesquisa que variam de bioquímica, ecofisiológica e biologia molecular, atuando nas áreas de ecologia, oceanografia

e aquíicultura. Tem sido encontrada freqüentemente, tanto em estuários de regiões temperadas, como tropicais, representando, algumas vezes, mais de 80% de toda a flora planctônica.

A *Skeletonema costatum* é uma diatomácea da classe Bacillariophyceae, ordem Centrales, família Coscinodiscaceae, e caracterizada por células cilíndricas, com longos processos tubulares associados por um anel periférico (processos estruturais). Esses processos periféricos são alinhados paralelamente ao eixo longitudinal da célula e se liga a processos semelhantes de valvas adjacentes (semelhantes a espinhos), formando colônias permanentes de comprimento variável. Suas valvas medem de 5 a 16 $\mu$ m de diâmetro. Possui células esféricas ou levemente esféricas, com ornamentações quase invisível. É considerada uma espécie planctônica, nerítica, eurialina e euriterma, muito bem distribuída nos ambientes estuarinos de todo mundo.

A ocorrência de *S. costatum* em áreas estuarinas de Pernambuco é um fato bastante documentado (ESKINAZI-LEÇA et al. 2002), porém as referências limitam-se apenas a informar a ocorrência da espécie e/ou seus valores quantitativos, sem qualquer dado a cerca de suas variações morfométricas e quantitativas face às características ambientais de cada estuário. Atualmente a espécie vem sendo fortemente utilizada em testes ecotoxicológicos, pois é facilmente cultivável e apresenta alta sensibilidade perante exposição a toxinas-padrão (ISO, 1988).

---

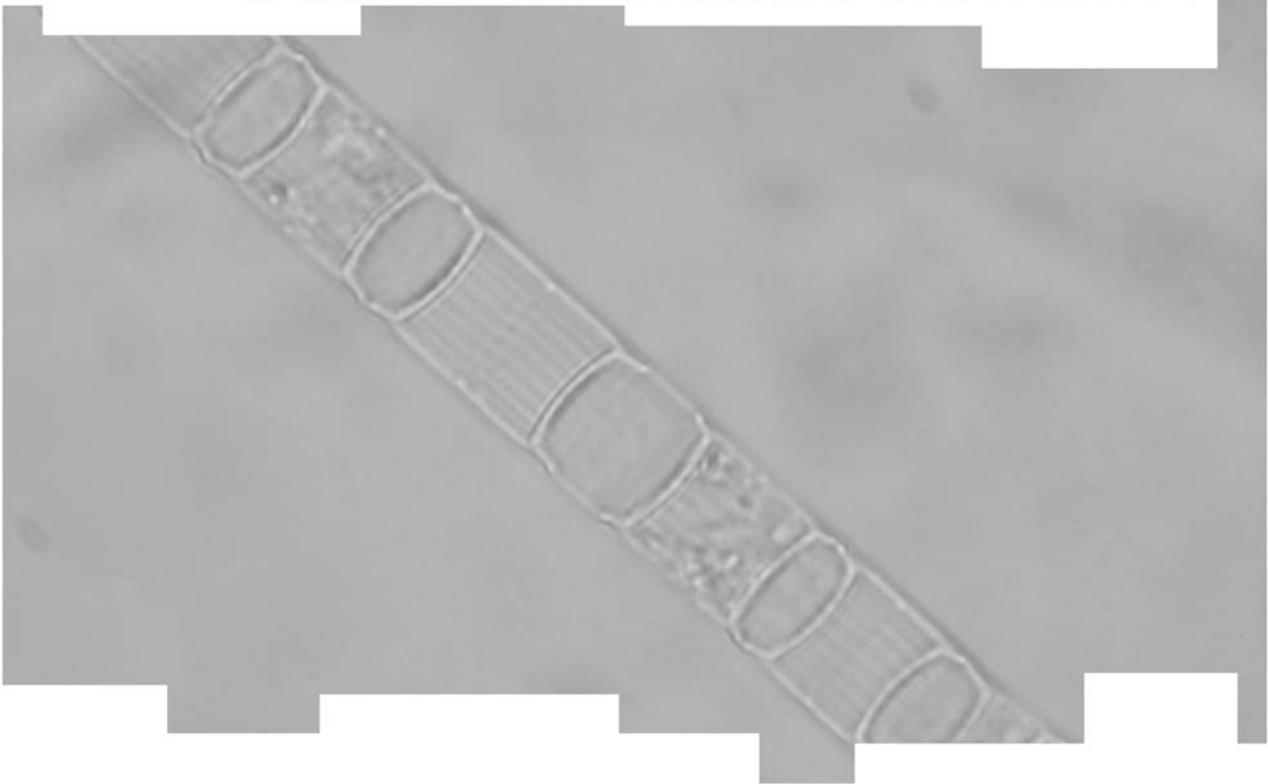
*“Sem dúvida, o homem poderia de fato utilizar o que ele encontra na natureza, e ele realmente tinha que fazê-lo, mas a natureza não existia como alguma coisa feita, toda pronta para ele. Para poder utilizá-la, ele tinha que primeiro transformá-la”.*

*Passimore*

---

## ***ABORDAGEM HISTÓRICA***

# ***O GÊNERO *Skeletonema* GREVILLE***



## **2 ABORDAGEM HISTÓRICA SOBRE O GÊNERO *Skeletonema* GREVILLE**

---

A microalga *Skeletonema* é considerada uma das diatomáceas mais abundantes no fitoplâncton marinho. Sua ocorrência é altamente comprovada em todo o mundo, assim como os trabalhos que envolvem esse gênero passam por vários segmentos sendo atualmente bastante utilizada na biologia celular, ecotoxicologia, na bioacumulação de substâncias e bioindicação ambiental.

Assim, para o presente trabalho, fez-se necessário escolher alguns seguimentos que melhor expressem a característica ambiental do gênero, restringindo sua participação nos últimos cinco anos, dando, desta forma uma representação significativa da sua grande importância.

### **2.1. O SURGIMENTO DO GÊNERO**

O gênero *Skeletonema* foi estabelecido por Greville (1865), com descrição original da *Skeletonema barbadensis* Greville através de material analisado de um depósito de espécies extintas em Barbados. No ano seguinte, em 1866, o autor identificou uma espécie nova em material de coleção proveniente de Hong Kong e descrito por ele como *Melosira costata* Greville. O autor caracterizou a espécie com processos provenientes da fultopórtula dilatados a partir do ápice e ligado a célula adjacente. Cleve em 1873 registrou a presença desta espécie em material do mar de Java reconhecendo semelhanças existentes nos processos longitudinais com *Skeletonema barbadensis*, transferindo, desta forma, a espécie para o gênero *Skeletonema* Greville, como o nome *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. Posteriormente, alguns trabalhos foram realizados fortalecendo as informações taxonômicas do gênero.

Hasle (1973), foi o primeiro a reexaminar o material original de *S. costatum* (Greville) Cleve através de material de coleção do Museu de História Natural de Londres. O autor ilustrou várias espécies e realizou uma investigação morfológica detalhada usando Microscopia Eletrônica, registrou variações notáveis em *S. costatum*, relacionadas ao tamanho, forma e junções das células, porém só as considerou como variações intraespecíficas. Baseado nessas observações descreveu cinco novas espécies para o gênero: *S. tropicum*, *S. subsalsum*, *S. potamos* (Weber) Hasle, *S. cylindraceum* Proshkina-Lavrenko e

Makarova, e *S. menzeli*. Posteriormente foi demonstrada alta diversidade entre linhagens de *S. costatum* sugerindo que, ainda, outras espécies podem estar escondidas dentro desse táxon (GALLAGHER, 1980, 1982; GALLAGHER et al., 1984).

Na atualidade foram desenvolvidos trabalhos importantes direcionados ao gênero *Skeletonema*, na perspectiva de proporcionar maior credibilidade taxonômica. Merecem destaque as pesquisas desenvolvidas por Medlim et al. (1991) que foi o primeiro a desenvolver estudos baseados em informação morfológicas e moleculares. O autor reconheceu uma espécie nova *Skeletonema pseudocostatum* Medlim, porém, sua concepção de *S. costatum* faz com que os autores não concordassem com sua descrição original, abrindo espaço para novos estudos.

Sims (1994), analisou material de diferentes áreas geográficas, reconhecendo cinco espécies extintas de *Skeletonema* Greville. A Microscopia Eletrônica demonstrou que *S. barbadensis* Greville, juntamente a várias espécies extintas, demonstraram algumas características peculiares que as distinguiram de espécies de *Skeletonema* vivas, tais como a ligação das células pelos espinhos marginais (processos externos), considerando que esses processos estão ausentes nas espécies extintas. Neles há um anel marginal (processo labiado) da Rimopórtula, não fazendo parte dos espinhos que unem as células. A ocorrência de elevado número de táxons fósseis incitou o surgimento de um novo gênero, *Skeletonemopsis*, atendendo as espécies fósseis, com *Skeletonema barbadensis* (Greville) P. A. Sims assumindo a espécie tipo. Posteriormente, Ross et al., (1996) propuseram conservar o gênero *Skeletonema* para as espécies vivas, mantendo *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve como sua espécie tipo, fazendo assim uma exceção à regra de prioridade do Código Internacional de Nomenclatura de Botânica.

Na década seguinte, Kaczmarska et al. (2005) ao analisarem a filogenia de membros da ordem Talassiosirales à evolução da fultopórtula, verificaram 46 espécies tradicionalmente pertencentes a 9 gêneros aceitos, e estudaram os seus RNAr. Os autores verificaram três possíveis caminhos que conduzem à evolução da fultopórtula, sendo discutidos no contexto de semelhança moleculares e morfológicas entre as Thalassiosirales e Lithodesmales. A fultopórtula poderia ser derivada da modificação de uma aréola (fultopórtula dentro de uma aréola); provenientes de estruturas semelhantes a cumes marginais visto em Lithodesmos ao redor de agrupamento de poros (fultopórtula em tubo) ou ainda de poros centrais (origem da fultopórtula marginal). O estudo levou os autores a confirmar que as diatomáceas com

fultopórtula constituem grupo filogenético natural distribuído entre as Thalassiosiraceae, Skeletonemaceae e Stephanodiscaceae.

Zingone et al. (2005), analisaram o material tipo de *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve com o objetivo de esclarecer dúvidas ainda existentes sobre a espécie, através da Microscopia Eletrônica. Foram utilizadas duas amostras vivas e duas amostras permanentes, provenientes da coleção da baía de Hong Kong. Baseado na descrição original e na observação do lectotipo foi concluído que o morfotipo mais abundante no material tipo é o da *S. costatum* (Greville) Cleve. As células eram pesadamente silificadas, medindo 5 a 16µm de diâmetro. Os processos externos da fultopórtula na válvula terminal são tubos abertos com aparência de agulha. A rimopórtula possui longos processos e está localizada na margem de toda célula. A segunda forma do material tipo foi analisada havendo diferenças morfológicas, o que determinou o surgimento de uma nova espécie *Skeletonema greville* Sarno e Zingone. As células eram delicadas, medindo 4 a 7.5µm de diâmetro, formando pequenas colônias. Os processos da fultopórtula eram tubos marginais abertos estreitos e margens com espinhos. As valvas geralmente formavam junções através de pontes de sílica unindo as bases. O final do estudo mostrou que nem *S. costatum* (Greville) Cleve e nem *S. grevillei* Sarno et Zingone assemelham-se a qualquer espécie de *Skeletonema* Greville que foi analisada recentemente através de aproximações morfológicas e moleculares combinadas.

Dando continuidade aos trabalhos Sarno et al. (2005), examinaram linhagens de *Skeletonema* coletadas do Golfo de Nápoles e no Mar Adriático. Muitas espécies atribuídas a *S. costatum* estão entre as maiores contribuições do fitoplâncton. No golfo de Náples florações da espécie ocorrem no fim de primavera, enquanto que no Mar Adriático florações ocorrem perto do inverno. Observações preliminares revelaram diferenças morfológicas entre espécies obtidas dessas duas regiões. Estes resultados incitaram análises morfológicas e moleculares mais detalhadas de várias linhagens de *Skeletonema* provenientes de lugares variados, comparadas ao material tipo. Assim, foram descritas novas espécies de *Skeletonema* Greville, baseadas em características morfológicas demonstrada pela microscopia eletrônica, além de variações no código-nuclear. Segundo os autores, oito formas distintas do gênero foram identificadas. Nenhuma delas correspondem ao material tipo e quatro foram atribuídas a material já descrito. Características morfológicas de *S. pseudocostatum* Medlim, foram observadas nas outras três espécies: *S. menzeli* Guillard, Carpenter e Reimanni, *S. subsalsum* (Cleve) Bethge, *S. tropicum* Cleve. As outras quatro formas constituem novas espécies. Duas

destas, *S. dohrnii* Sarno et Kooistra e *S. marinoi* Sarno et Zingone, foram isoladas do Mar Mediterrâneo. Enquanto que *S. japonicum* Zingone e Sarno foi identificada em linhagem no Mar de Seto (Japão). A quarta nova espécie *S. grethae* Zingoni e Sarno foi estabelecida por material identificado anteriormente como *S. costatum* (Greville) Cleve.

Alverson; Kolnic (2005), analisaram as características morfológicas na parede celular de algas do gênero *Skeletonema* cultivadas em laboratório. Foram escolhidas seis linhagens de *Skeletonema* a fim de analisar o polimorfismo de nucleotídeos de intragenômicos no gene de DNAr, analisando o grupo filogeneticamente. Os resultados mostraram confirmação morfológica das espécies *S. dornii* Sarno e Kooistra, *S. marinoi* Sarno e Zingone, *S. subsalsum* (Cleve) Bethge e *S. pseudocostatum* Medlim. Foram encontradas duas linhagens distintas para *S. manzelii* Guillard, Carpenter e Reimanni, e foi confirmada a separação de *S. grethae* Zingoni e Sarno e *S. japonico* Zingone e Sarno. Porém as análises filogenéticas não foram realizadas através de testes morfológicos rigorosos devido ao número reduzido de culturas, o que pode sugerir a necessidade de estudos complementares.

## 2.2 PRINCIPAIS ESTUDOS ECOLÓGICOS DO GÊNERO NO MUNDO

Ao longo dos anos, o gênero *Skeletonema* Greville vem sendo amplamente utilizado em trabalhos abordando áreas e estilos diversos, mediante o forte conhecimento da sua morfologia. Alguns estudos envolvendo populações e comunidades citam a ocorrência significativa do gênero. McQuoid (2002), analisou a distribuição de exósporos de diatomáceas, dentro de sedimentos, na costa ocidental da Suíça, através de técnicas de cultura. Correlacionaram fatores ambientais de ambientes pelágicos e bentônicos, e observaram variações no tamanho e composição taxonômica dos esporos enterrados. Os autores verificaram que os maiores pesos secos de esporos foram dos gêneros *Skeletonema*, *Detonula*, *Chaetoceros* e *Thalassiosira*. As variações taxonômicas foram influenciadas principalmente por concentrações de oxigênio em águas fundas e águas de coluna estabilizada. Observaram que, no bentos, as células de *S. costatum* (Greville) Cleve são encontradas abundantemente na costa, mostrando viabilidade reduzida. Embora em repouso, podem ser necessárias nas fases de vida livre. Essas células podem representar ciclo de espécies, sucessões e distribuição espacial.

Livingston et al. (2003), realizaram experimentos de campo (macrocosmo-multiespécies) e laboratório (microcosmo) usando a *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve.

O estudo avaliou o efeito de efluentes, provenientes do moinho de polpa, e concentração de amônia nos rios Amélia e Nassau, Flórida. Os dados revelaram que as concentrações de amônia eram significativamente mais altas no sistema receptor do estuário do rio Amélia que no estuário do rio Nassau. As concentrações usadas em laboratório foram baseadas em concentrações conhecidas de locais poluídos. No sistema Amélia notava-se redução nas concentrações de clorofila (variando inversamente com amônia), baixa luminosidade. Em ambos os estuários a riqueza específica foi significativamente baixa. Altas concentrações de amônia no Sistema Amélia são responsáveis pelas baixas concentrações de plâncton, principalmente no verão. Experimentos de laboratório indicam efeito da amônia na clorofila em *S. costatum*. Com efeitos adversos iniciais nos experimentos no mesocosmos, mostraram inibição do crescimento do fitoplâncton. A diferença entre estímulo e inibição de amônia nas células de *S. costatum* e comunidade do fitoplâncton foi pequena.

Liu et al. (2005), investigaram a ocorrência de florações de microalgas, causadoras de maré vermelha na baía de Jiaozhou, parte ocidental do mar Amarelo na China, onde foi verificada a dominância de *Odontella regia* (46,7%) e *Skeletonema costatum* (38,5%). Os autores analisaram ainda nutrientes, irradiação, temperatura, turbulência e salinidade. Observaram que a dominância de *S. costatum* na baía estava associada a grande descarga de nutrientes causada pelas fortes chuvas no período, principalmente nitrogênio inorgânico. A baixa salinidade e o aumento da temperatura (22,7 a 26,5 °C) também influenciaram a grande representatividade da espécie, confirmando sua adaptação fisiológica a certas condições ambientais. Possui maior taxa de crescimento com elevada concentração de nitrato, menores temperaturas e baixa salinidade, tornando-se um excelente competidor em ambientes eutrofizados.

Quanto aos trabalhos direcionados a espécie através de uma abordagem ecológica, podemos citar Hu et al. (2003) que analisaram a taxa de crescimento específica e as limitações fotossintéticas das células de *Skeletonema costatum* em baixas concentrações de Zinco, em amostras obtidas no Instituto de Oceanografia da Academia de Ciências Chinesa Quingdao, China. O rendimento final e a atividade extracelular da anidrase carbônica aumentaram em altas concentrações de zinco de 0 a 12pM mas diminuiu quando o zinco era superior a 24pM. O estudo demonstrou que a diminuição do zinco resultou em baixa no rendimento das células de *S. costatum*, além da taxa de crescimento específica, da atividade da anidrase carbônica e fotossintética, aumentando a respiração. Os parâmetros fotossintéticos demonstram ser medidas mais sensíveis na limitação de zinco que a taxa de crescimento.

Lavaud et al. (2004) avaliaram a capacidade de resistência a flutuações de intensidade luminosa de algumas populações de diatomáceas cultivadas, dentre elas a *Skeletonema costatum*. O material estudado foi cedido pelo laboratório algal de Banyuls-Sur-Mer, França. Com o término do estudo, os autores concluíram que a microalga tem capacidade de adaptação a variações da intensidade luminosa, desenvolvendo-se muito bem nessas condições ambientais.

Trabalhos voltados especificamente para bioindicação podem ser demonstrados por Merozova; Orlova (2005) que analisaram a composição quali-quantitativa do fitoplâncton na área de uma fazenda marinha na baía de Vostov, no Japão, nas proximidades de cultura de mexilhão. O trabalho menciona a espécie *S. costatum* como indicadora de ambientes extremamente eutrofizados, com a densidade correlacionada positivamente com a área do local de cultura. Em ambientes impactados as células de *S. costatum* podem exceder a densidade de 8 milhões cél/l, sugerindo a caracterização de ambiente eutrófico. Assim, nos anos 70, antes de haver cultivo de mexilhão na área, as células de *S. costatum* não excediam 1 a 2 milhões de cel/l. Após a instalação da maricultura, nos anos 80, a densidade celular aumentou para 6 milhões de cel/l. Nos anos 90 com o aumento da área de cultivo de 20 para 25ha a densidade pulou para 18 milhões de cel/l, próximos dos valores máximos para todo o fitoplâncton de áreas litorâneas. Durante o período do estudo, após o fechamento da maricultura a densidade máxima da espécie era de 5,2 milhões de cel/l, o que, segundo os autores, está relacionado ao desenvolvimento exacerbado da espécie em ambientes com grande disponibilidade de nutrientes.

### **2.3 OCORRÊNCIA DO GÊNERO *Skeletonema* NO BRASIL**

A maioria dos estudos relacionados a *Skeletonema* no Brasil estão inseridos nos trabalhos sobre fitoplâncton de zonas estuarinas, abordando estudo de comunidades e levantamentos florísticos. Teixeira et al. (1965) iniciaram a série "Plankton Studies...", em ambientes aquáticos de São Paulo verificaram a relação inversa entre salinidade e biomassa fitoplanctônica, à alta produtividade das regiões lagunares margeadas por mangues, em relação às águas costeiras Posteriormente ampliaram a rede amostral, analisando o plâncton de 4 setores da região lagunar em diferentes períodos sazonais; descreveram a estrutura

taxonômica por grupos e o domínio de *Skeletonema costatum* sobre as demais diatomáceas e clorofíceas flageladas em todas as estações.

As informações obtidas pelos trabalhos da série "Plankton Studies in a Mangrove Environment" até o final da década de 70 serviram de subsídios para a revisão de Tundisi (1970), sobre "O Plâncton Estuarino", no qual o autor discute, em caráter conceitual, os fatores que controlam a produção primária no ecossistema estuarino subtropical de Cananéia comparando-o com outros ambientes marinhos. Análises microscópicas feitas em amostras de fitoplâncton total confirmaram o domínio de *Skeletonema costatum* sobre as demais diatomáceas nos períodos mais produtivos do verão, chegando a contribuir com quase 90% da densidade numérica do fitoplâncton total Tundisi et al. (1978) terminaram a série "Plankton Studies..." comparando a dinâmica sazonal do plâncton no sistema lagunar e eutrofizado de Cananéia com o sistema oligotrófico de Ubatuba.

Eskinazi-Leça et al. (1985) realizaram estudos quali-quantitativos do microfitoplâncton da Baía do Capim, Maranhão. Para o estudo foram determinadas 8 estações, onde foram coletadas amostras com rede de 65  $\mu\text{m}$ , durante o mês de novembro/75. Entre as algas identificadas destacaram-se as Bacillariophyceae, com 51 espécies, 1 variedade e 1 forma. Ecologicamente dominaram as espécies marinhas eurialinas, principalmente aquelas neríticas, destacando-se *Biddulphia regia*, *Coscinodiscus jonesianus*, *Nitzschia pungens* v. *atlantica* e *Skeletonema costatum*, com 100% de ocorrência.

Miranda et al. (1988), realizaram estudos quali-quantitativo sobre o microfitoplâncton de algumas baías do litoral maranhense. O material foi coletado no período chuvoso nos meses de fevereiro e março/76, através de arrastos horizontais, utilizando rede de plâncton de 75 $\mu\text{m}$  de malha. Dentre as microalgas identificadas destacaram-se as Bacillariophyceae com 50 espécies e 3 variedades, representando 100% da população total de algumas amostras. As espécies foram classificadas como predominantemente marinhas, eurialinas, neríticas. A microalga *Skeletonema costatum* foi à espécie dominante no ambiente além de mais abundante em 8 das 10 estações estudadas.

Na Baía de Paranaguá (PR) os estudos ecológicos na coluna d'água e as análises da distribuição espacial e temporal do material particulado em suspensão e fitoplâncton começaram a partir de meados da década de 80. O fitoplâncton mostrou-se dominado,

principalmente pela *Skeletonema costatum* e *Chaetoceros* spp. As concentrações de clorofila nos setores mais externos sob forte influência da água costeira variaram em torno de 1 a 4 µg/l com máximos entre 10 e 20 µg/l, podem ser observadas nas áreas mais internas e mais afetadas pela drenagem continental, ou em áreas protegidas próximas aos manguezais, com pouca renovação de água e possibilidade de acúmulo de clorofila na coluna de água (BRANDINI et al, 1988; BRANDINI; THAMM, 1994).

Abreu (1987), estudou o comportamento dos níveis de clorofila-*a* na Lagoa dos Patos Rio Grande do Sul encontrou certa sazonalidade em sua concentração (62% na primavera e 82% no outono). Na primavera foi observada a dominância da diatomácea *Skeletonema costatum*, e no verão passa a ser do dinoflagelado *Mesodinium rubrum*. Este autor observou, ainda, que nos períodos de entrada da cunha salina, a maior estabilização da coluna d'água e o aumento na disponibilidade de luz no canal fornecem melhores condições para o desenvolvimento do fitoplâncton.

Abreu et al. (1994), analisou as concentrações de clorofila-*a* na Lagoa dos Patos, escala sazonal e verificou concentrações máximas de entre 70 e 80 µg/l (com mínimos no outono e máximos na primavera) durante as florações de *Skeletonema costatum*, normalmente associados às salinidades baixas típica dos períodos chuvosos. A biomassa em termos de clorofila-*a* e as taxas de produção são normalmente mais elevadas na primavera e verão do que no inverno com contribuição média relativa do nanoplâncton em torno de 78,5 e 70,3%, respectivamente. No mesmo ambiente, Abreu et al. (1997) analisaram a influência dos nutrientes e da salinidade no fitoplâncton e considerou o efeito da cunha salina durante a maré enchente e dos ventos do quadrante sul, como sendo um dos principais mecanismos que favorece o crescimento fitoplanctônico nas áreas mais internas da lagoa. O efeito conjunto da maré enchente e dos ventos sul aumenta a resiliência das águas costeiras dentro da lagoa favorecendo o crescimento da espécie nerítica, eurialina *Skeletonema costatum* em condições satisfatórias de luz, nutrientes e baixas salinidades. Em geral, a lagoa pode ser considerada um ambiente eutrofizado e exportador de matéria orgânica para a água costeira adjacente, com grande contribuição do fitoplâncton para o estoque de carbono orgânico particulado

Alves et al. (apud ESPÍNDOLA et al., 2000), analisaram os efluentes da Companhia Siderúrgica de Tubarão utilizando a *Skeletonema costatum* para determinar as concentrações que causam efeito tóxico crônico à biota aquática, por meio de testes de toxicidades. Com a

exposição de células de microalga em crescimento exponencial a concentrações de amônia por 72 horas, com medição de densidade celular a cada 24 horas. Foi percebida a inibição do crescimento celular de 50%, através da diminuição do crescimento da célula em comparação ao controle, em condições idênticas, demonstrando a fragilidade das células de *S. costatum* às altas concentrações dessa substância. Fato confirmado por Silva et al. (apud ESPÍNDOLA et al., 2000) ao analisar o esgoto bruto (afluente) e o efluente da estação de tratamento do Balneário Camboriú, utilizando também a *S. costatum* para testes ecotoxicológicos, confirmando a inibição de seu crescimento, mostrando-se extremamente sensível para detectar preliminarmente a toxicidade de águas residuárias urbanas.

Boldrini; Procopiak (2002), analisaram a água de lastro presente em navios da região portuária de Fênix, Porto de Antonina, Paraná, enfatizando espécies invasoras. Foram analisados 6 navios que estavam ancorados. As amostras foram coletadas do tanque de lastro e verificadas as comunidades qualitativa e quantitativamente. Dentre as espécies encontradas, destacou-se *Skeletonema costatum* como uma das mais abundantes (1.426,95 cél/l), indicando que a troca da água de lastro havia sido realizada na região costeira.

Macedo et al. (2005), diagnosticou a qualidade da água do baixo curso do rio Itajaí-Açu (bacia do rio Itajaí) no Estado de Santa Catarina e determinou sua relação com os usos múltiplos da terra na sua bacia gerando um panorama referencial para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos através das variáveis químicas, físicas e ecotoxicológicas da água. Testes de toxicidade foram realizados para os três níveis tróficos, decompositores, produtores e consumidores (*Daphnia magna*, *Skeletonema costatum* ou *Pseudo-kirchneriella subcapitata* e *Vibrio fischeri*) (lumistox), trimestralmente. A *Skeletonema costatum* foi utilizada nas amostras com salinidade de águas superficiais, enquanto que para amostras sem salinidade foi usada a *Pseudo-kirchneriella*. Para medição das fontes poluidoras, optou pelo uso apenas de *S. costatum* por haver demonstrado maior sensibilidade em testes prévios. A determinação da clorofila foi feita através do teste de crescimento algal em crescimento exponencial, por meio de cultivo. Ao final do estudo foi verificado pelo autor que a microalga *Skeletonema costatum* foi o organismo teste mais sensível para detectar toxicidade de fontes poluidoras.

#### **2.4 OCORRÊNCIA DO GÊNERO *Skeletonema* EM PERNAMBUCO**

Os estudos sobre o fitoplâncton no Estado de Pernambuco e na região nordeste, tiveram início na década de 60 com a criação do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia em 1962, hoje Departamento de Oceanografia da UFPE. Com isso, Pernambuco passa a ocupar uma posição pioneira na avaliação da composição florística de microalgas.

A primeira citação para o gênero *Skeletonema* em Pernambuco ocorreu no trabalho de Eskinazi; Satô (1963/64), que estudaram as microalgas da Praia de Piedade, contribuição para o conhecimento das diatomáceas da costa nordestina brasileira. Foram analisadas 20 amostras coletadas em 7 meses, onde 53 espécies foram identificadas, a maioria planctônica, sendo quatro delas citadas pela primeira vez no Brasil: *Grammatophora hamulifera*, *Triceratium contortum*, *Podocystis adriatica* e *Amphora arenaria*. No estudo os autores realizaram descrições e ilustração, além de detalhes ecológicos. As espécies citadas foram classificadas como tropicais e cosmopolitas. A *S. costatum* mostrou-se pouco abundante e freqüente em todos os meses de coleta.

Em seguida, Eskinazi-Leça (1967/69), através do seu estudo da Plataforma Continental, na área do Recife, analisou a composição da flora diatomológica e o ciclo individual das espécies examinando 33 amostras de plâncton. Nas estações as amostras foram coletadas com rede quantitativa do tipo Kitahara (malha XX 13). A flora diatomológica esteve constituída por 76 espécies. A diatomácea *S. costatum* foi identificada como espécie esporádica ocorrendo com regularidade no mês de julho.

Na década seguinte Eskinazi-Leça; Passavante (1972) deram continuidade ao levantamento do fitoplâncton da plataforma continental na área do Recife. Foram coletadas amostras mensais no ano de 1965, estando constituída principalmente por diatomáceas e dinoflageladas. As espécies de maior destaque foram *Chaetoceros coarctatus*, *Chaetoceros didymus*, *Isthmia enervis*, *Rhizosolenia calcar-avis*, *Rhizosolenia hebetata*, entre as diatomáceas, enquanto que para os dinoflagelados destaca-se *Ceratium massiliense*, *Ceratium furca*, *Pyrocystis pseudonociluca* e *Dinophysis caudata*. Ocorreram marcantes variações qualitativas durante o ano, os valores máximos ocorreram no período chuvoso, caracterizado pela espécie *Chaetoceros*. A *Skeletonema costatum* ocorreu no mês de julho entre as espécies dominantes, e no mês de novembro de forma menos representativa.

Realizando um estudo na área de Suape, Eskinazi-Leça; Koenig (1985/86), observaram as diatomáceas e sua distribuição com relação ao regime de salinidade, examinando 120 amostras de plâncton coletadas de acordo com os regimes de marés, bimestralmente, durante o período de dezembro/77 a outubro/78, em 11 estações fixas, através de rede de plâncton de 65 µm. Os autores identificaram 102 espécies, enquadrados como marinhas eurialinas, marinhas estenoalinas, dulciaquícolas e verdadeiramente estuarinas (salobras) e concluíram que a área estuarina de Suape apresenta flora diatomológica relativamente rica, com grande variedade de espécies. Por outro lado, a relação das espécies mostrou um predomínio das formas marinhas sobre as espécies salobras e de água doce. A maioria dessas formas é de origem costeira, que penetra na Baía de Suape, atingindo locais de baixa salinidade. Ocorreram também variações quantitativas, os locais de melhor desenvolvimento das espécies foram aqueles onde a salinidade é mais alta, com elevados teores de oxigênio. A *Skeletonema costatum* foi incluída no grupo das espécies eurialinas, ocorrendo esporadicamente no ambiente, porém bem representada no mês de outubro com 54% das espécies.

Silva-Cunha et al. (1987) realizaram estudos qualitativos sobre o microfitoplâncton do estuário do Rio Timbó, localizado ao norte do Estado de Pernambuco. Foram analisadas 56 amostras, coletadas em 3 estações fixas, no período de junho/84 a agosto/85. Os autores verificaram que a comunidade fitoplanctônica esteve representada por 76 espécies das divisões Cyanophyta (grupo menos representativo), Euglenophyta (pouco representativo), Pyrrophyta (pouco significativo) e Chrysophyta, considerado o grupo mais importante, sendo responsável por mais de 92%, representado por 70 espécies encontradas, destacando-se *Coscinodiscus centralis* (com 90% de freqüência) e *Skeletonema costatum*, ambas consideradas dominantes. As diatomáceas foram consideradas quantitativamente bem representadas, variando de 4,5 a 100%. Na estação 1, na preamar, foram consideradas muito abundantes nos meses de janeiro, abril, maio e julho, com até 97,5%, destacando-se *Coscinodiscus centralis* com 81,5% no mês de abril/85. Na baixa-mar, as diatomáceas atingiram altos percentuais, destacando-se *Skeletonema costatum* com 76% em junho/84, na estação 2, preamar atingindo 91,5%, e na estação 3, baixa-mar, atingindo 86,6% das espécies.

Eskinazi-Leça et al. (1988) realizaram estudos quali-quantitativo e hidrológico na Plataforma Continental de Pernambuco, próximo à praia de Barra das Jangadas, em 4 estações. O material foi coletado através de garrafas de Van Dorn e rede de 65µm de malha. Os autores identificaram 92 táxons, estando melhor representados pelas diatomáceas (69). Os

cálculos de abundância relativa e variação anual completaram o estudo. O fitoplâncton variou entre 1.125.000 a 50.000cél/l. Entretanto não ocorreram variações marcantes entre as estações, com exceção do mês de dezembro/85 (estação 1) quando o número de células por litro cresceu excessivamente, fato ocasionado pelo desenvolvimento de *S. costatum*. Os valores apresentados demonstram que a área apresenta grande concentração de nutrientes, provenientes do estuário de Barra das Jangadas que sofre ação direta de resíduos industriais de cana-de-açúcar.

Maia (1995), estudou a composição e densidade fitoplanctônica da bacia do Pina, Recife, baseada em coletas mensais. A autora identificou 171 táxons. Destacando-se *Skeletonema costatum* como espécie, mais representativa, característica do fitoplâncton local. As condições hidrológicas apresentaram variações significativas: no período chuvoso ocorreu redução nos teores de salinidade, do oxigênio dissolvido, transparência da água e aumento nos teores de nutrientes. De acordo com a autora ao final do estudo foi possível concluir que o fitoplâncton do ambiente demonstra ser característico de ambiente eutrófico, confirmado pelo elevado número de células e seleção de espécies durante os meses de maiores índices quantitativos.

Koenig et al. (1996) analisaram a estrutura da diatomoflora do estuário do rio Ipojuca, através de coletas mensais, em três estações, num ciclo completo de marés, dos ambientes marinho ao limnético, totalizando 72 amostras. Estudou-se a associação das espécies segundo o grau de similaridade, por método de grupamento. Na composição florística foram identificados 78 táxons, que foram associados entre si, através do índice de Sorensen, com valores acima de 0,6. Dos onze agrupamentos reconhecidos, destacou-se aquele formado por espécies que apresentam as mesmas características ecológicas, todas marinhas eurialinas, com o mesmo padrão de variação anual. A diatomácea *Skeletonema costatum* mostrou-se associada a 3 espécies: *Nitzschia scalaris*, *Surirella febigerii*, *Terpsinoe musica*, todas marinhas litorais e eurialinas caracterizadas por suportarem grandes variações de salinidade. Não foram encontradas associações de espécies consideradas dulciaquícolas.

Koenig (1997), realizou pesquisas no estuário do rio Ipojuca, Pernambuco, para caracterizar a comunidade fitoplanctônica e avaliar as possíveis mudanças ocorridas na sua estrutura, face à construção do porto de Suape e analisou a estrutura do fitoplâncton no estuário do rio Ipojuca após a construção do Porto de Suape. A autora identificou 162 táxons,

cuja representação maior foi de espécies marinhas eurialinas, entre elas a *Skeletonema costatum*, que também se mostrou uma das mais abundantes, com 36%. A composição florística do ambiente apresentou diferença significativa após a construção do porto.

Feitosa (1999), estudou a bacia do Pina, situada na parte interna do Porto do Recife, em plena zona urbana. O trabalho, pioneiro no campo de medição da produção primária do fitoplâncton, teve como objetivos determinar a capacidade fotossintética do ambiente, seu comportamento ao longo do ano, a transferência desta matéria orgânica produzida pelos organismos fitoplanctônicos aos diferentes níveis tróficos. O autor conclui com o estudo que o grupo fitoplanctônico dominante foi o das diatomáceas destacando-se as espécies *Skeletonema costatum* pela sua ampla distribuição e constância em todos os momentos de coleta.

Koenig et al. (2002) analisaram os impactos sobre a comunidade fitoplanctônica do rio Ipojuca, a partir da construção do Porto de Suape, Pernambuco, entre os anos 1979/1984, através de comparações com estudos realizados na área antes da construção do porto. Foram analisadas amostras coletadas em uma estação, durante um ciclo de 24 horas, nos períodos chuvoso (agosto/90) e seco (janeiro/91), utilizando técnica de fracionamento e com rede de plâncton de 65 µm de abertura de malha. Coletas de parâmetros hidrológicos foram realizadas concomitantemente. Os autores identificaram 97 táxons, destacando-se como espécies muito freqüentes *Gyrosigma balticum*, *Oscillatoria princeps*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Climacospheia moniligera* e *Licmophora abbreviata*. A densidade variou entre 142.000 a 1.789.000 cel.L<sup>-1</sup> predominando a fração do nanofitoplâncton. O maior florescimento ocorreu no período seco, nos horários de maior insolação. A diversidade específica foi alta explicada pela heterogeneidade ambiental. O fitoplâncton local apresentou mudanças após a implantação do Porto.

Koenig et al. (2003) avaliou os impactos da construção do Porto de Suape na comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Ipojuca, Pernambuco. Foram realizadas coletas mensais de abril/86 a março/87, em 4 estações fixas, através de rede de plâncton de 65µm de malha e garrafas de Van Dorn. Com a análise do material foram identificados 133 táxons, classificadas como marinhas litorâneas, eurialinas. A construção do Porto causou mudanças significantes principalmente na comunidade fitoplanctônica com uma influência forte de espécies marinhas (dinoflagelados) por causa da abertura do Recife, perto da boca de rio em

1983. A profundidade rasa e hidrodinamismo trouxeram muitas espécies litorâneas para coluna d'água. A comunidade esteve composta por espécies marinhas eurialinas e limnéticas, influenciadas pela salinidade, maré e pela chuva. A *Skeletonema costatum* representou uma das espécies mais abundantes, e dominante antes da construção do Porto. Após a implantação do Porto, ocorreu um forte decréscimo na diversidade fitoplanctônica, devido ao aumento do material em suspensão. Baixos volumes ( $121,00 \text{ cel.L}^{-1}$ ) foram registrados durante o período chuvoso. No período seco quando a intensidade luminosa era alta, o fitoplâncton apresentava aumento da densidade ( $1.789.000 \text{ cel.l}^{-1}$ ).

Leão et al. (no prelo), analisaram a biomassa, a taxonomia e ecologia do fitoplâncton do estuário do Rio Igarassu Pernambuco, observando variações de biomassa de 1,60 a  $80,20 \text{ mg.m}^{-3}$ . Concentrações elevadas de clorofila *a* também ocorreram na baixa-mar. Foram identificadas 202 espécies, com predomínio das ticoplanctônicas. As dominantes, *Chaetoceros curvisetus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Microcystis aeruginosa*, *Rhizosolenia hebetata* e *Thalassiosira rotula*. A diatomácea *Skeletonema costatum* esteve correlacionada diretamente com a pluviosidade e inversamente a temperatura da água. A partir destas observações verificou-se que o estuário apresentou caráter predominantemente eutrófico, suportando elevada biomassa.

---

*“O espaço é uma realidade multiforme, desde o mais modesto grão de areia até a imensidão do universo. O espaço humano é um só, mas as formas tão variadas de sua produção e de seu uso permitem, os mais diversos enfoques, tanto do ponto de vista do aspecto analisado como da interpretação encontrada”.*

*Santos*

---

## ***CARACTERIZAÇÃO DOS***

# ***ECOSSISTEMAS ESTUDADOS***



### **3. CARACTERIZAÇÃO DOS ECOSISTEMAS ESTUDADOS**

#### **3.1. O ESTADO DE PERNAMBUCO**

O Estado de Pernambuco está situado na Região Nordeste do Brasil entre as coordenadas 07°32'00 "e 08°55'30" S e 34°48'35 "e 41°19'54" E, limitando-as ao norte com o Estado da Paraíba e Ceará, ao sul com Alagoas e Bahia, a oeste com o Piauí e a leste com o Oceano atlântico. A área do estado corresponde a 98.281km<sup>2</sup>, subdividindo-se em áreas fitogeográficas do Litoral, Agreste e Sertão, com suas características próprias. A Zona Litoral e Mata situa-se na faixa úmida costeira e ocupa uma área de 11.776km<sup>2</sup>. O Agreste, zona de transição entre o litoral e mata para o sertão, abrange 17.970km<sup>2</sup>, e o sertão, zona mais extensa apresenta cerca de 68.535 km<sup>2</sup> (MACEDO; KOENING, 1987).

O litoral tem como característica predominante às baixas cotas de altitude, chegando em alguns trechos, a apresentar-se abaixo do nível do mar. Esse fato faz com que as águas do Atlântico penetrem no relevo costeiro criando um ambiente flúvio-marinho, favorecendo o surgimento dos estuários. A vegetação presente nesse ambiente é bastante característica. As árvores de mangue mais freqüentes em Pernambuco dividem-se entre as espécies de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* e *Conocarpus erectus*, que servem de abrigo para peixes, moluscos e crustáceos presentes no ambiente (MACEDO; KOENING, op. cit.).

O quadro climático de Pernambuco reflete uma complexidade que não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas demonstra variedade pluviométrica (NIMER, 1972). De acordo com a classificação de Köppen, verifica-se para as áreas estuarinas a zona climática os tipos e variedades MAS', que corresponde ao clima tropical chuvoso de monção com verão seco e precipitações menores que 60 mm no mês mais seco e o tipo AS', também classificado como clima tropical chuvoso, onde a estação de chuva se adianta para o outono antes do inverno (MACEDO; KOENING, op. cit.).

As variações térmicas nessa região por não serem muito acentuadas, não chegam a criar importantes diferenças climáticas. Há umas certas consistências de temperaturas diárias muito altas na primavera e no verão, conforme é exemplificado pela média dos máximos de

novembro. Nestas estações, com exceção das áreas mais elevadas, das superfícies cristalinas, toda região está sujeita a máximos absolutos anuais muito altos entre 36 e 42 °C.

As temperaturas do ar mais baixas coincidem com a estação chuvosa, quando a precipitação pluviométrica alcança média máxima na ordem de 328 mm (julho). Nesta estação predomina os ventos mais fortes de origem sul-sudeste (CAVALCANTI; KEMPF, 1970).

Em virtude das condições geográficas do Estado com a sua forma estreita, alongando-se para o interior no sentido leste-oeste, com apenas 187 km de litoral, as áreas estuarinas de Pernambuco se tornam pouco numerosas. Estas áreas estão localizadas desde a fronteira com a Paraíba, com os estuários dos rios Goiânia e Megaó, estendendo-se pelo Canal de Santa Cruz (rios Botafogo, Igarassu, Carrapicho, Itapessoca, Paripe e Catuama), estuários dos rios, Timbó, Paratibe, Beberibe, Capibaribe, Jaboatão, Pirapama, Ipojuca, Tatuoca, Massangana e Merepe, Serinhaém, Formoso e Una, estando este último na divisa do Estado de Alagoas (MACEDO et al., 2004).

As principais áreas estuarinas do Estado foram transformadas em reservas biológicas e definidas como áreas de proteção ambiental através da lei 9.931/86. A lei não chegou a ser regulamentada e hoje existe um grupo que trabalha nessa regulamentação. Com isso a degradação e manejo inadequado desses ambientes continuam crescendo.

Desta forma, para a realização do estudo foram selecionados dois estuários ecologicamente distintos, levando-se em consideração o maior ou menor impacto antrópico.

### **3.2. ESTUÁRIO DO RIO IPOJUCA**

Dentre os recursos hídricos que banham o litoral do estado pode-se destacar a rio Ipojuca, localizado na área de Sape, e contribui com o maior volume d'água dessa região. É considerado perene em toda zona da mata e suas águas são canalizadas pela extensa linha de arrecifes (MELO;SIQUEIRA, 1972).

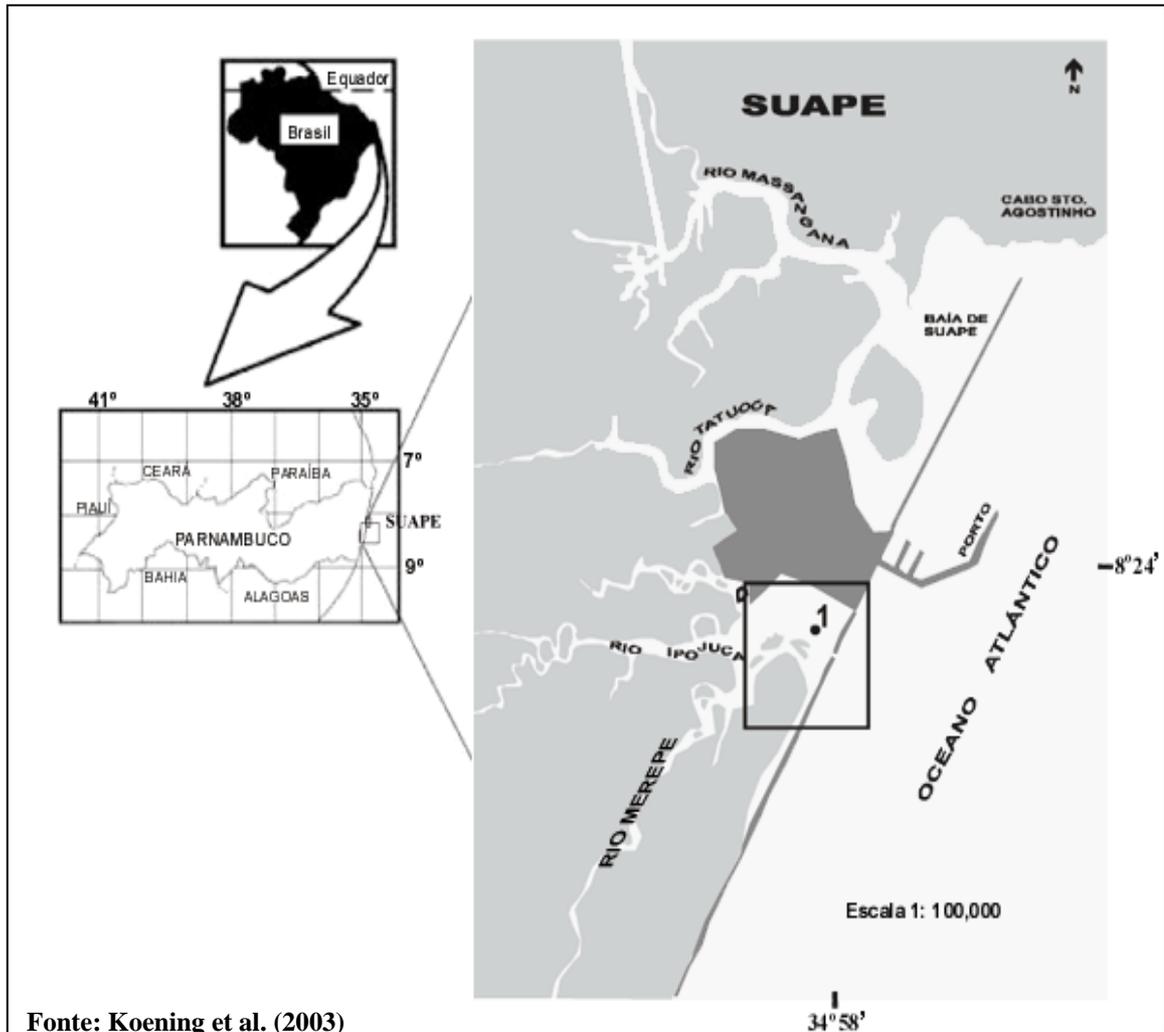
A bacia hidrográfica do rio Ipojuca possui uma área de 3.800 m<sup>2</sup> e limita-se ao norte da bacia hidrográfica do rio Capibaribe; ao sul com as bacias hidrográficas dos rios Uma e Serinhaém; ao oeste com as bacias hidrográficas dos rios Ipanema e Moxotó e a leste com o Oceano Atlântico (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO, 1980).

O rio Ipojuca nasce na serra do Pau D'Arco no município de Arcoverde localizando-se a cerca de 40km ao sul da cidade do Recife, a 8° 15' 00" e 08° 30' 00" S, 34° 55' 00" e 35° 05' 00" W, tendo sua área estuarina extensão aproximada de 15 km. (CONDEPE, 1980). Seu regime é temporário na região do agreste e passa a ser perene na zona da mata, a partir da cidade de Caruaru. Apresenta próximo ao município de Gravatá, vazão mínima de 0,826m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> e máxima de 73,8m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO, 1980) (Figura 1).

O Ipojuca recebe forte carga poluidora, entretanto, a principal forma de poluição do rio é através de despejos industriais. Existem ao longo da bacia hidrográfica do Ipojuca 71 indústrias, dentre elas 19 consideradas potencialmente poluidoras, destacando-se engenhos de aguardentes, usinas de açúcar e destilarias de álcool. Além dessas usinas existem algumas indústrias com alto potencial poluidor como fábricas de tecidos (resíduos orgânicos, sólidos, substâncias tóxicas e corantes) e cana-de-açúcar (melaço da cana como matéria prima, produzindo resíduos de uréia, fosfato, monocálcio e superfosfato).

À montante do rio ainda pode-se encontrar alguns cortumes, que carregam para a zona da mata diversos resíduos. Esses despejos apresentam altas demandas químicas e bioquímicas, alto teor de sólidos, pH variado, alta turbidez, elevado teor de óleo animal e metais pesados, como o cromo (MELO-FILHO, 1977). A carga orgânica de nove cidades da bacia, bem como o potencial poluidor foi estimado em 21.861kg DBO.dia<sup>-1</sup>, para o ano de 1990 (CPRH, 1995).

De acordo com Koenig (2002) o clima da área caracteriza-se por ser quente e úmido, Pseudotropical, tipo As', segundo classificação de Köppen, com chuvas de março a agosto. A pluviosidade anual oscila entre 1850 a 2364mm. O período seco compreende setembro a fevereiro, com precipitação mensal anual abaixo de 100mm. Possui amplitude térmica anual inferior a 5 °C (em virtude das massas oceânicas). A temperatura média, anual do ar é de 24,7 °C, com média mínima de 21,4°C e média máxima de 28,6°C. A umidade relativa do ar mostra-se elevada, apresentando média anual superior a 80%.



Fonte: Koenig et al. (2003)

**Figura 1 – Localização do estuário do rio Ipojuca, Ipojuca (PE) evidenciando a estação de coleta.**

No que se refere à vegetação Braga et al. (1989) mencionaram que o manguezal sofreu um processo de degradação acentuado, decorrente de aterros, dragagens e represamentos com a implantação do porto, com cerca de 600 hectares destruídos.

Com construção de molhes para atracagem dos navios no Complexo Portuário de Suape foi bloqueada a comunicação dos rios Ipojuca e Merepe com o mar, ocasionando inundações nas áreas utilizadas pela agroindústria da cana-de-açúcar. Para minimizar esse impacto, uma abertura foi feita no próprio recife, próxima à desembocadura do rio Ipojuca, para permitir a penetração do mar. Como consequência, constatou-se um retardo de mais de duas horas na maré dinâmica, registrando-se atualmente 8 horas de baixa-mar e apenas 4 horas de preamar ao invés dos ciclos normais de 6 horas (KOENING et al., 2002).

As marés apresentam amplitude máxima em torno de 2 metros na desembocadura. As modificações provocaram ainda um forte assoreamento e grande deposição de sedimentos em suspensão na área estuarina, aumentando a turbidez da água e transformando a foz do estuário do rio Ipojuca numa laguna costeira que, em consequência da diminuição da profundidade local, causou aumento da salinidade (NEUMANN, 1991; NEUMANN et al., 1998).

Além de toda essa interferência o rio Ipojuca recebe forte carga poluidora, pois nenhuma das cidades de sua bacia possuem sistema adequado de esgotamento sanitário havendo, em algumas pequenas extensões de redes coletoras com disposição final inadequada. A carga orgânica de nove cidades assim como o potencial poluidor foi estimado em 21.861 Kb DBO.dia<sup>-1</sup>, para o ano de 1990 (CPRH, 1995).

Existem ao longo deste rio seis usinas, sendo três de produção de álcool e as demais de açúcar. Além dessas usinas, que poluem maciçamente este rio, destacam-se algumas fábricas de fermento e tecidos, com alto potencial poluidor. Os despejos são caracterizados por apresentarem altas demandas químicas e bioquímicas de oxigênio, alto teor de sólidos, pH variado, alto teor de turbidez, presença de sulfatos e elevado teor de óleos de origem animal, além disso, existe a presença de metais pesados (MELO FILHO, 1977).

### **3.3. ESTUÁRIO DA BACIA DO PINA**

A bacia do Pina está situada na parte interna do Porto do Recife, nas coordenadas 08° 04' 03" e 08° 05' 06" Lat. S; 34° 52' 16" e 34° 53' 58" Long. W. Limita-se ao norte pelos bairros do Cabanga e São José, ao sul pelos bairros do Pina e Brasília Teimosa, a oeste pela confluência dos rios Capibaribe (braço sul) Tejipió, Jequiá, Jordão e Pina e a leste por um dique natural de arrecife de arenito calcário. Possui uma extensão de 3,6 km, aproximadamente, e larguras variáveis de 0,256 a 0,86 km, perfazendo uma área total de 2,02 km<sup>2</sup> (CONDEPE, 1980; FEITOSA, 1988) (Figura 2).

Está situada em plena zona urbana da cidade do Recife, sendo considerada um ambiente bastante dinâmico do ponto de vista hidrográfico, principalmente em decorrência da ação das marés e das águas doces (FEITOSA, 1988).



A bacia do Pina é formada pela confluência dos rios Capibaribe (através de seu braço sul), Tejipió, Jiquiá, Jordão e Pina. Trata-se de um ambiente dinâmico, do ponto de vista hidrológico, com característica estuarina, sujeito à ação das marés e as alterações ambientais devido a despejos de efluentes domésticos e industriais (FEITOSA; PASSAVANTE, 1990).

Apresenta dois canais laterais, os quais permitem a navegação durante a baixa-mar, ficando expostas algumas coroas de areia na parte central. Estas elevações tornam-se alvo de grande atuação pesqueira, durante as de baixa-mares, principalmente para os catadores de molusco de valor comercial (mariscos) que habitam este local.

Como proposta de preservação, parte da bacia do Capibaribe e Beberibe está protegida pela Lei Estadual n. 9.860/86 de Proteção dos Mananciais e de Reservas Estuarinas, (Área de Proteção Ambiental), pois constituem fator relevante para o equilíbrio ecológico da Região Metropolitana do Recife.

Os rios adjacentes à Bacia, por atravessar áreas densamente povoadas, recebem grande aporte de poluição proveniente de efluentes industriais e domésticos causando um acentuado desequilíbrio dos parâmetros hidrológicos, principalmente dos relacionados com o oxigênio dissolvido, DBO e elementos nutrientes dissolvidos. Esse desequilíbrio acarreta baixa qualidade no habitat, reduzindo a biodiversidade local e, conseqüentemente a possibilidade do uso de seus recursos em sua totalidade (MMA, 1996). Como conseqüência desta intensa urbanização, a cobertura vegetal em suas margens está fortemente descaracterizada, restando apenas resquícios de áreas de mangues (SILVA, 2003).

A principal atividade econômica do local é a pesca. Outras atividades relacionadas com a pesca também são realizadas como, confecção de redes, fabricação de embarcações pesqueiras, comercialização do pescado, entre outras.

A Bacia do Pina é um grande atrativo turístico opcional que pode ser explorado para atividades de lazer náutico. Essa característica requer aproveitamento através de investimentos em segurança, inclusão dos atrativos e equipamentos no roteiro turístico da cidade, registrando o potencial turístico do bairro. Outras propostas de ações poderiam ser observadas para maior retorno turístico.

O rio Capibaribe nasce na Serra de Jacarará (no limite dos Municípios de Poção e Jataúba), percorre 240 km de extensão até desaguar no Oceano Atlântico, passa por 39 cidades, sendo responsável pela drenagem das cidades de Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Salgadinho, Limoeiro, Paudalho, São Lourenço da Mata e Recife. A grande maioria dos habitantes polui suas águas com esgotos domésticos e lixo. Em vários municípios, as margens do rio abrigam pocilgas e curtumes. Matadouros e hospitais jogam resíduos sem nenhum tratamento em seu leito. Ao seu redor existem 54 indústrias (a mais expressiva é a sucroalcooleira) potencialmente poluidoras (ALVES, 1995).

De acordo com FIDEM (1980), o rio Tejipió nasce nas terras da Fazenda Mamucaia, em São Lourenço da Mata, passa pelo município de Jaboatão dos Guararapes até chegar no Recife. Possui uma área de drenagem de 93,2 km<sup>2</sup>, percorre 23 km de extensão até desaguar no Oceano Atlântico.

Juntamente com o rio Jequiá, é responsável pela drenagem de quase toda a zona urbanizada situada no setor oeste da cidade do Recife. A partir da BR 232, este rio recebe forte ação antrópica, com lançamentos de poluentes de fábricas, esgotos domésticos e lixo *in natura* em suas margens. Apesar disto, a Bacia do rio Tejipió é responsável pela drenagem de quase toda zona urbanizada do setor oeste do município do Recife.

O rio Jordão nasce no alto Jordão, com área total de 21 km, aproximadamente, com largura média de 2 km. Recebe lançamentos de detritos e efluentes de esgotos sanitários, praticamente em todo seu curso. Devido a construções e aterros realizados desordenadamente nas suas margens, durante o inverno ocorrem diversos alagamentos nas áreas circunvizinhas, pois sua calha não comporta o volume d'água existente (FIDEM, 1980).

De acordo com Feitosa (1988) o rio Pina origina-se a partir da bifurcação do rio Jordão, no bairro de Boa Viagem, numa área de vegetação de mangue bem desenvolvida e com grande influência de marés. Banha a Ilha de Deus, desembocando em seguida na Bacia do Pina.

---

*Ao som da música das águas, vê-se numa gruta embaixo da cachoeira pedras gastas pelo tempo, mostram formas que a natureza cria com paciência, e nelas versos escritos exclamam: "Não foi o martelo que dixou perfeitas estas pedras mas a água, com sua doçura, e sua canção". Onde a dureza só faz destruir, a suavidade consegue esculpir.*

*Autor desconhecido*

---

**CONSTRUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO:**

## ***MATERIAL E MÉTODOS***



## **4. CONSTRUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO: MATERIAL E MÉTODOS**

---

### **4.1. COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL**

Para a realização do estudo foi utilizado material pertencente ao acervo do Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, provenientes de dois estuários no litoral pernambucano. Os estuários foram escolhidos com base em fatores ambientais e semelhanças estruturais. No rio Ipojuca a estação de coleta, esteve localizada entre a Ponta da Gamboa e o Porto de Suape, distando 0,5 km dos arrecifes. Na bacia do Pina, a estação de coleta esteve localizada próxima a companhia de Aço Norte (área de desmonte de navios).

O material foi obtido por meio de coletas sazonais, durante a baixa mar e preamar, através de arrasto com rede de 65  $\mu\text{m}$ , por cinco minutos, auxiliado por barco a motor. No rio Ipojuca as coletas foram realizadas nos meses de junho, julho e agosto/86, período chuvoso, e outubro, novembro e dezembro/86, período seco. Já na bacia do Pina, as coletas ocorreram nos meses de junho, julho e agosto/90, período chuvoso, e outubro, novembro e dezembro/90, período seco. A diferença dos anos de coleta, entre os dois estuários, está relacionada à disponibilidade de material no acervo do laboratório de fitoplâncton, além da ocorrência significativa da espécie.

### **4.2 PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS**

Os dados climatológicos da bacia do Pina foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Curado e citados por Maia (1990) enquanto que os dados do rio Ipojuca foram cedidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado, citados por (Koenig (1997)). Os parâmetros analisados foram: temperatura média do ar (temperatura máxima e mínima); precipitação pluviométrica (através de pluviômetro marca Ville de Paris); evaporação total (através de evaporímetro classe "A").

### **4.3 PARÂMETROS HIDROLÓGICOS**

Os parâmetros hidrológicos analisados no estudo foram cedidos pelo Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Oceanografia da UFPE previamente coletados e analisados. Serão descritos a seguir:

#### **4.3.1 Transparência da Água**

A transparência da água foi determinada com a utilização de um disco de Secchi preso a um cabo graduado em centímetros.

#### **4.3.2 Temperatura da Água**

A temperatura da água foi aferida por um termômetro comum de mercúrio com escala variando de 10 a 60 °C.

Alguns parâmetros foram analisados em laboratório através de amostras coletadas com garrafas de Nansen e Van Dorn.

#### **4.3.3 Salinidade**

A salinidade foi determinada através do método de Mohr-Knudsen, descrito por STRICKLAND; PARSONS (1972).

#### **4.3.4 Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido foi calculado pelo método de Winkler, descrito por STRICKLAND; PARSONS (op. cite.); GRASSHOFF et al. (1983).

#### **4.3.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

A determinação do pH foi realizada utilizando-se pH-metro BECKMAN, tipo ZEROMATIC II.

#### **4.3.6 Sais Nutrientes**

Para a determinação dos principais nutrientes inorgânicos dissolvidos na água (nitrito NO<sub>2</sub>-N, nitrato NO<sub>3</sub>-N, fosfato PO<sub>4</sub>-P e silicato SiO<sub>2</sub>-Si) foram empregadas as técnicas descritas por STRICKLAND; PARSONS (1972); GRASHOFF et al., (1983); UNESCO (1973).

### **4.4 PARÂMETROS BIOLÓGICOS**

#### 4.4.1 Procedimento de Campo

O material utilizado no estudo foi coletado através de arrastos horizontais à superfície, sendo utilizada uma rede de plâncton com abertura de malha de 65  $\mu\text{m}$ , 1m de comprimento e 30 cm de diâmetro de boca, durante 3 minutos em embarcação motorizada, com velocidade aproximada de 1 nó. Após cada coleta o material foi fixado com formol neutro a 4% e armazenado em frascos de vidro, de acordo com recomendações de NEWELL; NEWELL (1963).

#### 4.4.2 Análises Biológicas

Para o estudo foram utilizadas 24 amostras (12 de cada estuário) analisadas no Laboratório de Fitoplâncton (LABFITO) do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco e no Laboratório de Ficologia (LABOFIC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, com o auxílio de microscópio óptico da marca Zeis. Cada amostra foi diluída para 500ml, sendo em seguida homogeneizadas para a observação de subamostras de 1,0 ml em lâmina semipermanentes, através das quais, foram realizadas medidas celulares e observação dos seguintes caracteres morfológicos: diâmetro e comprimento celular ( $\mu\text{m}$ ), comprimento dos espinhos ( $\mu\text{m}$ ) e número de células por colônia. As medições foram feitas em quarenta (40) células de cada amostra.

#### 4.4.3 Aspectos Quantitativos

Após as observações celulares foi realizada contagem das células. De cada amostra foi diluída para um volume de 100 ml, em seguida homogeneizada, e analisadas subamostras de 1ml, em lâmina do tipo “Sedgwick-Rafter”, onde foi contada toda a lâmina, utilizando um microscópio óptico, e os valores foram transformados em densidade celular ( $\text{cel.L}^{-1}$ ), utilizando a fórmula de VILLAFANE; REID (1995), onde:

$$\text{Densidade celular} = \frac{N}{V}$$

Sendo: N = número total de células na amostra;

V = volume contado no transecto.

$$N = \frac{V_t \cdot x}{V_c}$$

Sendo:  $V_t$  = volume total de diluição (ml);

$V_c$  = volume da sub amostra (ml);

$x$  = número de células contadas na sub-amostra.

$$V = A \cdot d$$

Sendo:  $A$  = área da boca da rede de plâncton ( $\pi \cdot r^2$ );

$d$  = distância percorrida pelo barco (m/s).

$$d = v \cdot t$$

Sendo:  $v$  = velocidade (m);

$t$  = tempo (s).

O biovolume ( $\text{mm}^3\text{L}^{-1}$ ) celular foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma da célula da espécie, que é um cilindro (EDLER, 1979) e se expressa na seguinte fórmula:

$$B_c = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

Sendo:  $d$  = diâmetro da célula ( $\mu\text{m}$ );

$V_c$  = altura da célula ( $\mu\text{m}$ );

Para a obtenção do biovolume total da amostra utilizam-se os valores de densidade da amostra utilizando a fórmula:

$$B_t = D \cdot B_c$$

Sendo:  $D$  = densidade ( $\text{cel.L}^{-1}$ );

$B_c$  = biovolume celular ( $\mu\text{m}^3$ );

De acordo com alguns autores quando as amostras utilizadas foram preservadas com formol as de espécies de microalgas perdem de 20 a 30 % do seu biovolume. Desta forma no presente trabalho foi considerado o percentual de 30% a menos do biovolume celular e biovolume total.

## 4.5 ANÁLISE NUMÉRICA E ESTATÍSTICA DOS DADOS

### 4.5.1 Análise dos Componentes Principais (ACP)

A análise dos componentes principais (ACP) que permite evidenciar e hierarquizar os fatores responsáveis pela variância dos dados foi realizada com base em uma matriz de dados com os descritores (biológicos e ambientais) e amostras, tendo-se procedido a uma padronização (standardization) por fileiras para reduzir o efeito das diferentes escalas. Em seguida, foi utilizado o método de ordenação aplicando-se o coeficiente de correlação momento-produto de Pearson, utilizando os caracteres morfológicos analisados na espécie, da qual, serão extraídos o autovetor e o autovalor dos três principais componentes. Para os cálculos foi utilizado o programa computacional NTSYS 2.1 (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Metagraphics Software Corporation, Califórnia - USA.

Os dados obtidos foram tratados numericamente e estatisticamente, através do cálculo das médias, desvio padrão e do teste de significância “t” para verificar se as variações ocorrentes nos parâmetros analisados apresentaram resposta significativa, através do programa BIOESTATS 2.0. Os valores relativos à significância

dos dados, demonstraram a necessidade de análise multivariada, com a finalidade de evidenciar a estrutura dos conjuntos de dados e os fatores responsáveis pela sua variabilidade.

#### 4.5.2 Estatística Descritiva

A estatística descritiva permite descrever dados, mostrando seus subtipos, sua distribuição, média etc., visualizada através de gráficos e tabelas. Para o presente trabalho foram realizadas medidas de posição e dispersão, que são sem dúvida as mais importantes, pois, localizam as distribuições e caracterizam sua variabilidade.

##### 4.5.2.1 Medidas de posição

- **Média**

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Onde:

$\sum x$  = soma dos dados observados

$n$  = número de amostras observadas

##### 4.5.2.2 Medidas de dispersão

A importância fornecida pela medida de posição necessita, em geral, ser completada pelas medidas de dispersão em torno da região central. Caracterizam, portanto, o grau de variação existente no conjunto de valores. As medidas de dispersão são desvio padrão, variância e coeficiente de variação.

- **Variância**

É um conjunto de dados, a medida dos quadrados das diferenças dos valores em relação a sua média, sendo assim calculada:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Onde:

$x$  = valores observados

$\bar{X}$  = média aritmética

$n$  = número de amostras observadas

- **Desvio-padrão**

Definido como o modo de representar a dispersão dos dados ao redor da média. É a raiz quadrada da variância.

$$DP = \sqrt{S^2}$$

Onde:

$S^2$  = variância

#### 4.5.3 Estatística Analítica (ou Indutiva)

A estatística descritiva permite ir além da descrição de dados fazendo inferências sobre a população com base nas amostras. Para o presente trabalho foi realizado o teste “t” de *Student* através do programa Bioestat 2.0.

#### 4.6 NORMATIZAÇÃO DO TEXTO

Para a estruturação do texto, serão adotadas as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001 a; b, 2002 e 2003 a ; b).

Para as tabelas e os gráficos serão adotadas as recomendações sugeridas pela Fundação Instituto de Geografia e Estatística (1993).

---

*“Não há dúvida de que os homens, as plantas, os animais, a biosfera formam parte de uma única comunidade no sentido ecológico da palavra, cada um depende dos outros para continuar a existir, mas isso não é o sentido de comunidade que gera, direitos, deveres obrigações”.*

*Passimore*

---

## ***RESULTADOS***

---



## 5 RESULTADOS

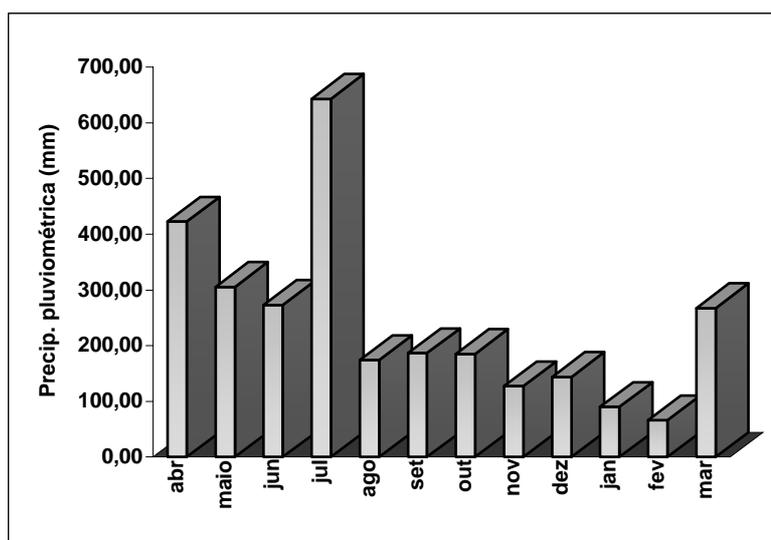
---

### 5.1. PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS

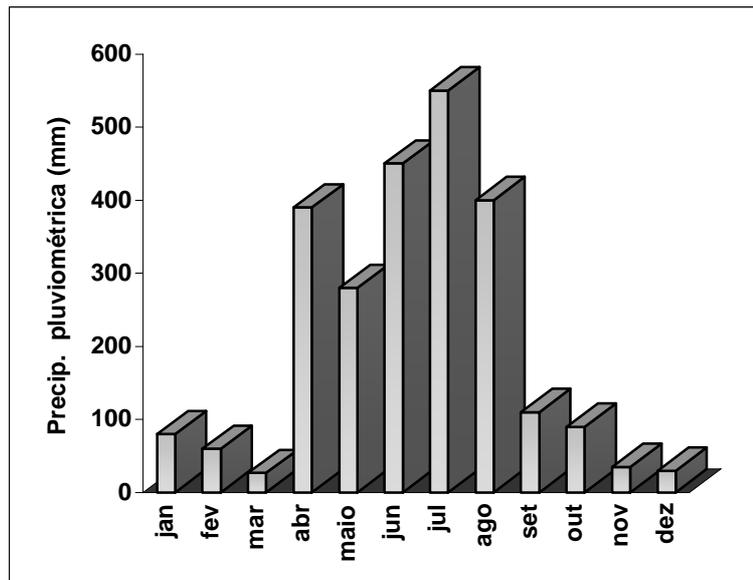
#### 5.2.1.1 Precipitação pluviométrica

Os dados de pluviometria para o estuário do rio Ipojuca, foi aferido pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE) e registraram que no ano de 1986 o menor índice registrado foi de 66,20 mm no mês de fevereiro e o índice mais elevado 643,21 mm em julho. Foi verificado maiores concentrações de chuva durante o período chuvoso, confirmando um ciclo sazonal (Figura 3 e Apêndice A).

Os resultados médios de precipitação pluviométrica mensal registrados na bacia do Pina foram aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE). No decorrer do estudo oscilou consideravelmente atingindo uma amplitude de 523,2 mm. O menor índice registrado foi de 26,8 mm no mês de março/90 e o índice mais elevado 550 mm determinado em julho/90. Pode-se constatar um ciclo sazonal bem definido, ou seja, uma estação chuvosa de março a agosto, com valores superiores a 100 mm, e uma estação seca de setembro a fevereiro (Figura 4 e Apêndice B).



**Figura 3** – Variação mensal da precipitação pluviométrica total (média mensal) no ano de 1986-1987 no estuário do rio Ipojuca – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE).



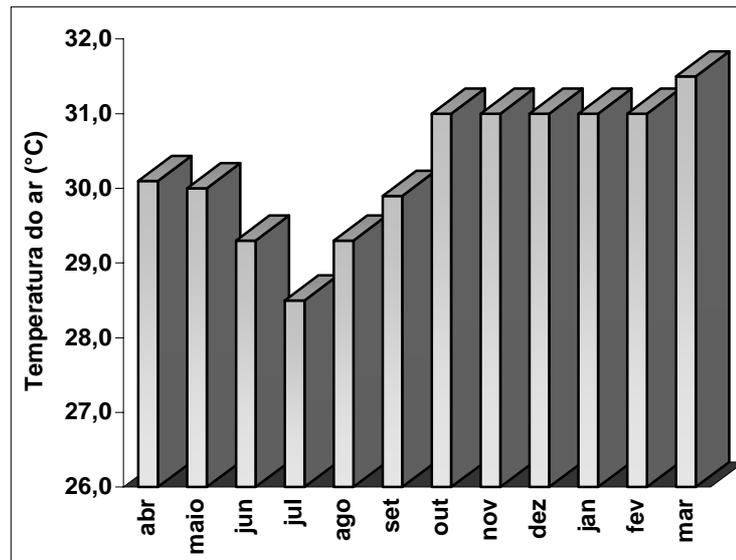
**Figura 4** – Variação mensal da precipitação pluviométrica total (média mensal) no ano de 1990 na bacia do Pina – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE).

### 5.2.2.2 Temperatura do ar

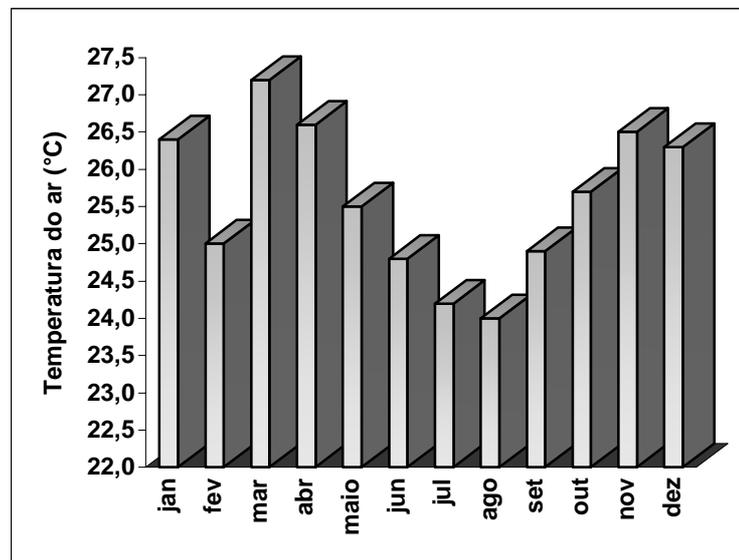
Os valores de temperatura do ar obtidos no estuário do rio Ipojuca oscilaram entre 28,5 a 31,5 °C. O valor mínimo foi encontrado no mês de julho. Enquanto que o valor máximo foi registrado no mês de março (Figura 5 e Apêndices A).

Na bacia do Pina os resultados médios registrados oscilaram entre o mínimo de 24,00 °C no mês de agosto e máximo de 27,20 °C em novembro caracterizando uma amplitude de 3,20 °C (Figura 6 e Apêndice B).

Nos dois sistemas costeiros estudados, foi verificada uma pequena variação sazonal característica para a região, com os valores mais elevados de temperatura ocorrendo durante o período de estiagem e os mais baixos no período chuvoso.



**Figura 5** – Variação mensal da Temperatura do ar (média mensal) nos anos de 1986-1987 no estuário do rio Ipojuca – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE).



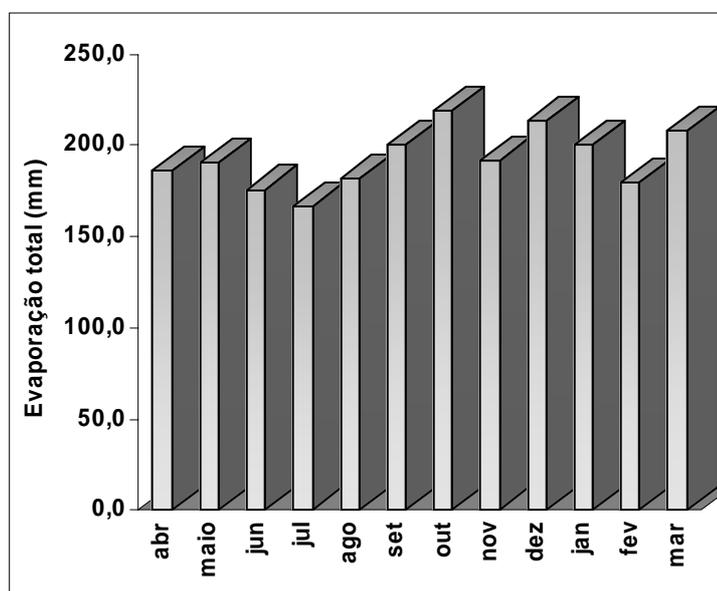
**Figura 6** – Variação mensal da Temperatura do ar (média mensal) no ano de 1990 na bacia do Pina – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE).

### 5.2.1.3 Evaporação total

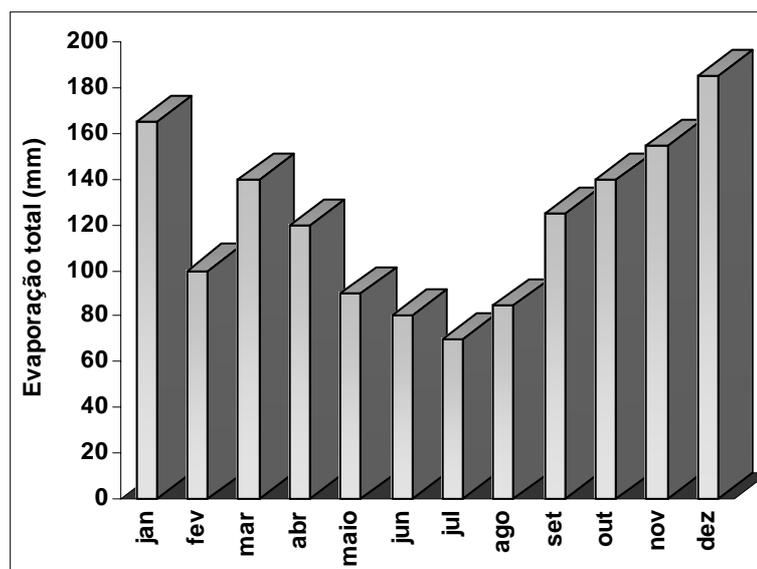
De acordo com os valores de evaporação aferidos no estuário do rio Ipojuca, o maior valor registrado ocorreu no mês de outubro enquanto que o menor valor foi registrado em julho sendo os valores correspondentes 219,0mm e 166,8mm, respectivamente, com amplitude de 52,2 mm (Figura 7 e Apêndice A).

A evaporação total na bacia do Pina, no período estudado, apresentou valores mínimos de 69,8 mm registrado no mês de julho e máximo de 185,2mm em dezembro, com uma amplitude de 100,2 mm (Figura 8 e Apêndice B).

Em geral, aos índices mais elevados foram observados nos meses de menor precipitação, compreendendo o período seco, enquanto os valores mais baixos ocorrem no período chuvoso, demonstrando uma variação sazonal com picos máximos em janeiro e dezembro no estuário do rio Ipojuca.



**Figura 7** – Variação mensal da Evaporação do ar (média mensal) no ano de 1986-1987 no estuário do rio Ipojuca – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica da Usina Salgado (Ipojuca-PE).



**Figura 8** – Variação mensal da Evaporação do ar (média mensal) no ano de 1990 na bacia do Pina – PE, dados aferidos pela Estação Meteorológica do Curado (Recife-PE).

## 5.2.2 PARÂMETROS HIDROLÓGICOS

### 5.2.2.1 Transparência da água

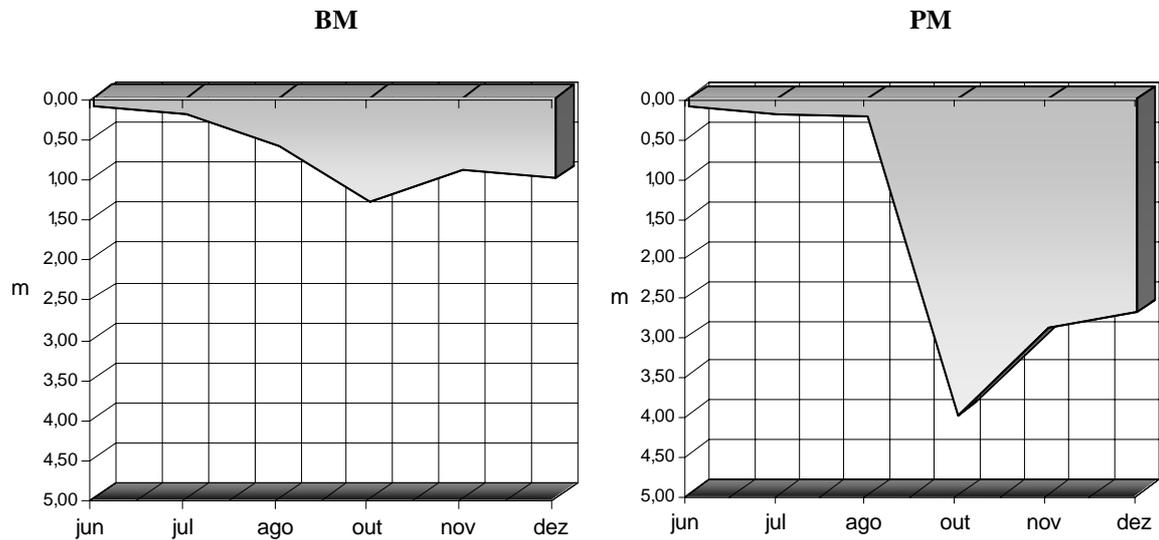
Através da leitura do disco de Secchi os dados de transparência da água foram aferidos, no estuário do rio Ipojuca, apresentando valor mínimo de 0,10m no mês de junho, nos dois regimes de marés, e o valor máximo de 4,00m em outubro, durante a preamar, com amplitude de 3,90m (Figura 9 e Apêndice C).

Na bacia do Pina, foi observado que a transparência da água apresentou uma amplitude de 0,90 m, o mínimo encontrado foi de 0,10m, nos meses de julho, durante os regimes de preamar e baixa-mar, enquanto que o máximo foi de 1,00 m nos meses de outubro e novembro, na preamar (Figura 10 e Apêndice D).

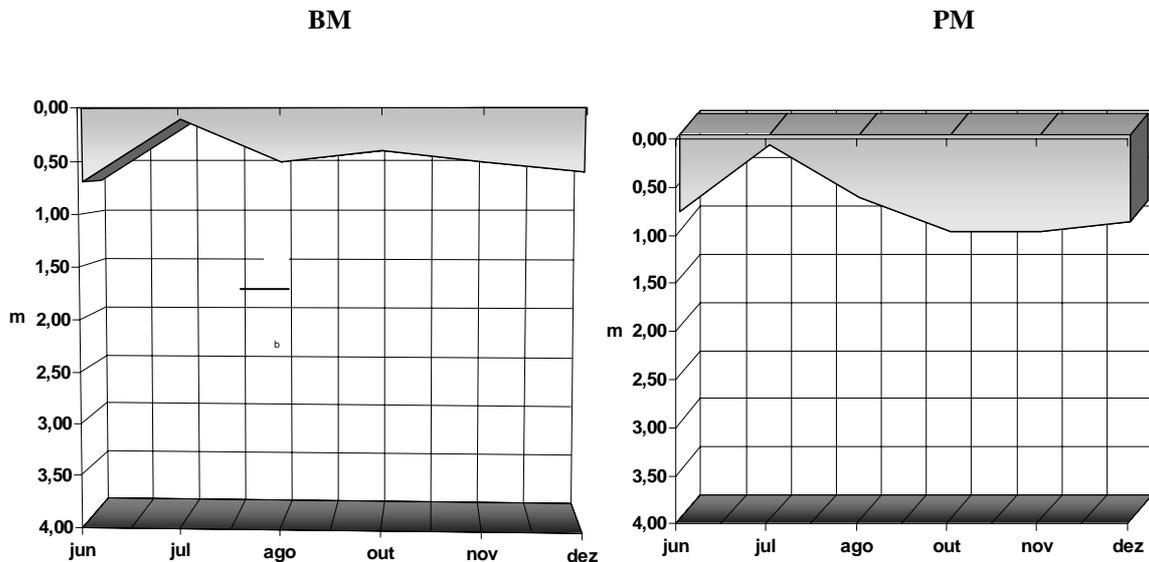
Os sistemas estuarinos estudados apresentaram, em alguns meses, suas águas quase totalmente transparentes. Pode-se constatar que para os dois ambientes os valores máximos de transparência da água ocorreram principalmente nos meses do período seco, enquanto que no período chuvoso foi verificado um decréscimo na transparência da água. Desta forma foi

constatada variação sazonal clara, estando este fato relacionados, muito provavelmente, à forte influencia da precipitação pluviométrica e dos despejos dos rios elevados nesse período.

O estuário do rio Ipojuca apresentou os maiores valores de transparência da água.



**Figura 9** - Variação anual da transparência da água nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário do rio Ipojuca – PE.



**Figura 10** - Variação anual da transparência da água nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE.

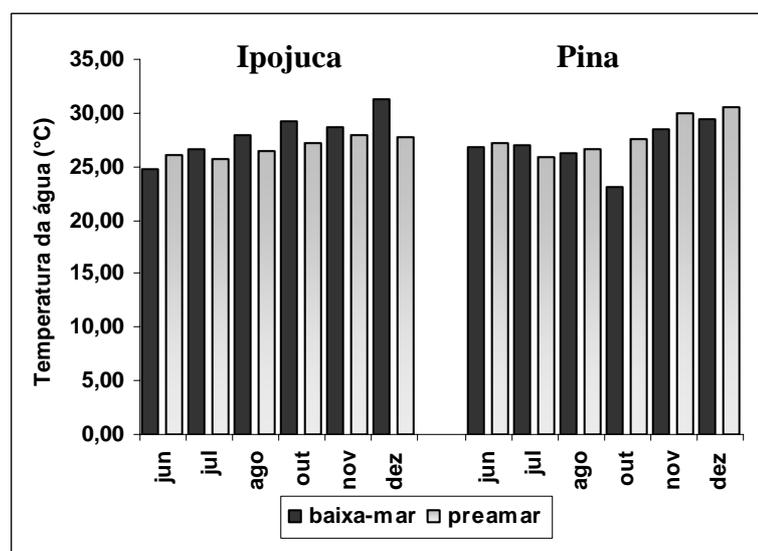
### 5.2.2.2 Temperatura da água

Os valores de temperatura da água obtidos no rio Ipojuca, ao longo do estudo, oscilaram entre 24,8°C a 31,3°C. O valor mínimo foi registrado no mês de junho e o máximo no mês de dezembro, ambos na baixa-mar, com amplitude térmica de 6,5°C (Figura 11 e Apêndice C).

Para a bacia do Pina, a temperatura da água variou de 23,0°C, no mês de outubro, na baixa-mar a 30,5°C, no mês de dezembro, preamar, com amplitude térmica de 7,5°C (Figura 11 e Apêndice D).

Nos sistemas abordados não foi possível constatar um padrão de temperatura relacionado aos regimes de marés, porém foram verificadas temperaturas mais elevadas durante a baixa-mar no estuário do Ipojuca, com exceção do mês de junho. Na bacia do Pina os valores mais elevados ocorreram na preamar, com exceção do mês de julho.

Observando os valores mensurados, constatou-se uma variação sazonal bastante significativa, nos dois ecossistemas. De uma maneira geral os valores mais elevados foram registrados no período seco e os mínimos no período chuvoso. As maiores de temperaturas foram registrados no estuário do rio Ipojuca.



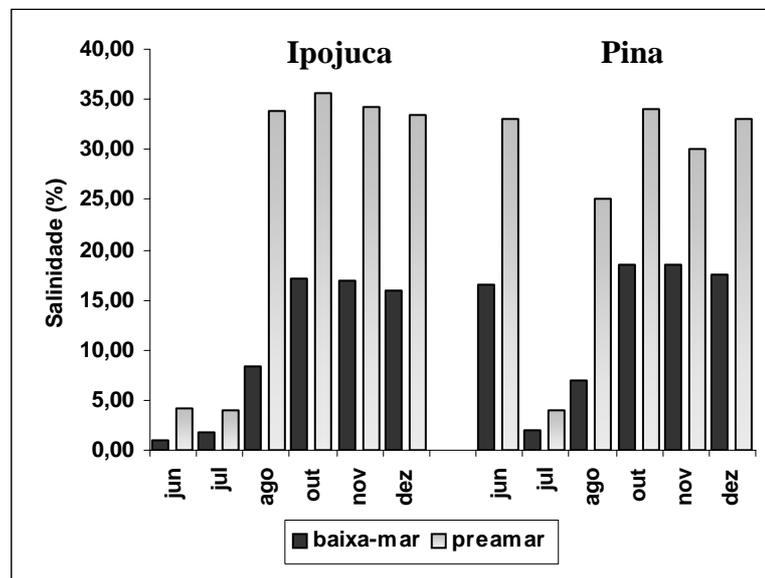
**Figura 11** – Variação anual da temperatura da água nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .

### 5.2.2.3 Salinidade

Os teores de salinidade no rio Ipojuca apresentaram valores oscilando entre 1,00 a 35,68. O valor mínimo foi registrado na baixa-mar no mês de julho/86, enquanto que o valor máximo na preamar, no mês de outubro (Figura 12 e Apêndice C).

Observando os valores de salinidade obtidos na bacia do Pina, foi possível registrar uma variação entre 2,00 e 34,00. O menor teor foi encontrado no mês de julho, na baixa-mar, enquanto que o maior valor foi percebido em outubro, na preamar (Figura 12 e Apêndice D).

Com relação a sazonalidade, observou-se uma variação bem definida nos dois estuários, devido a influenciado da precipitação pluviométrica, Foi possível verificar que os maiores valores de salinidade foram registrados durante as preamares nos dois ambientes estudados.



**Figura 12** - Variação anual da salinidade da água nos regimes de baixa-mar e preamar no estuários do Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .

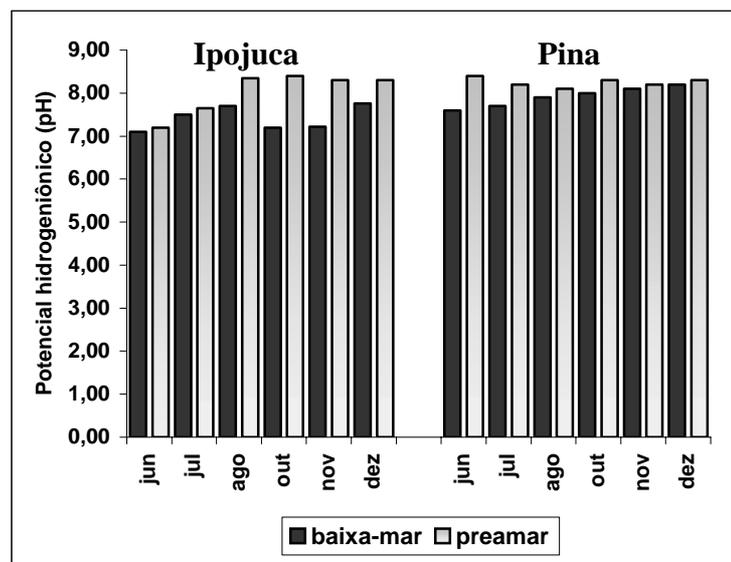
#### 5.2.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

No estuário do rio Ipojuca, o potencial hidrogeniônico mínimo de 7,10 foi registrado na baixa-mar do mês de junho e o valor máximo foi encontrado de 8,40 foi aferido na preamar de outubro (Figura 13 e Apêndices C).

O potencial hidrogeniônico para o estuário da bacia do Pina oscilaram entre 7,60 a 8,40. O valores mínimo e máximo foram registrados, ambos no mês de junho, na baixa-mar e preamar, respectivamente (Figura 13 e Apêndices D).

Não foi possível observar um ciclo sazonal definido em nenhum dos ambientes estudados, uma vez que os todos os valores obtidos foram classificados como alcalinos, demonstrando um equilíbrio iônico nos ecossistemas.

Com relação ao regime de marés, foi observada uma discreta variação, onde os maiores teores foram encontrados na preamar, nos dois ambientes. No geral os valores sensivelmente maiores ocorreram no rio Ipojuca.



**Figura 13** - Variação anual do potencial hidrogeniônico (pH) da água nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina – PE.

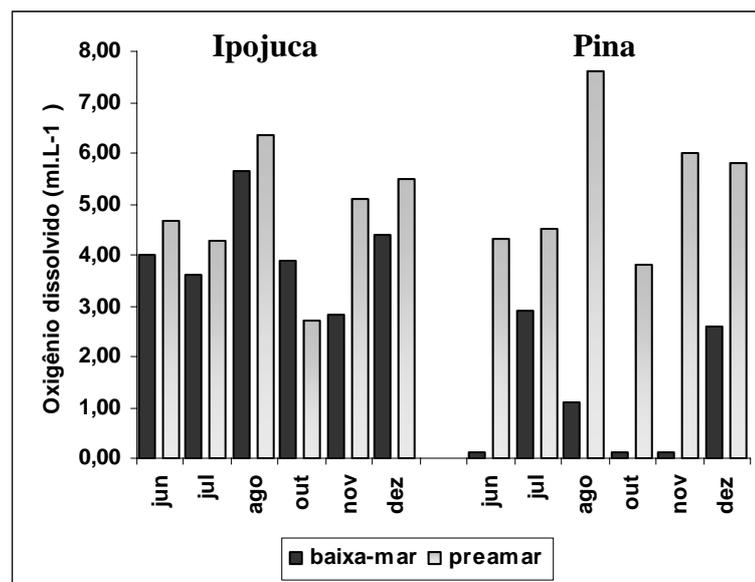
### 5.2.2.5 Oxigênio Dissolvido

Durante o estudo o teores de oxigênio dissolvido na coluna d'água registrados para o estuário do rio Ipojuca atingiu valor mínimo de  $2,71 \text{ mL.L}^{-1}$  no mês de outubro e máximo de  $6,36 \text{ mL.L}^{-1}$  em agosto, ambos na preamar (Figura 14 e Apêndice C).

Na bacia do Pina os teores variaram de  $0,10 \text{ mL.L}^{-1}$  a  $7,60 \text{ mL.L}^{-1}$ . Os maiores valores registrados ocorreram nos meses de junho, outubro e novembro, na baixa-mar enquanto que o maior valor foi registrado em agosto na preamar (Figura 14 e Apêndice D).

Os valores obtidos nos ambientes estudados não demonstraram perfil sazonal definido, uma vez que sofreram oscilações através dos meses. No estuário do rio Ipojuca essa característica torna-se mais evidente onde os maiores valores foram sempre observados durante as preamares, devido a maior influência marinha.

Na bacia do Pina a variação dos teores é melhor observada. Os maiores valores também ocorrem na preamar, enquanto que no regime de baixa-mar alcança valores próximos a zero, em três dos meses de estudo. O rio Ipojuca apresentou, de uma maneira geral, os maiores teores de oxigênio dissolvido.



**Figura 14** -Variação anual do oxigênio dissolvido nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .

### 5.2.2.6 Sais Nutrientes

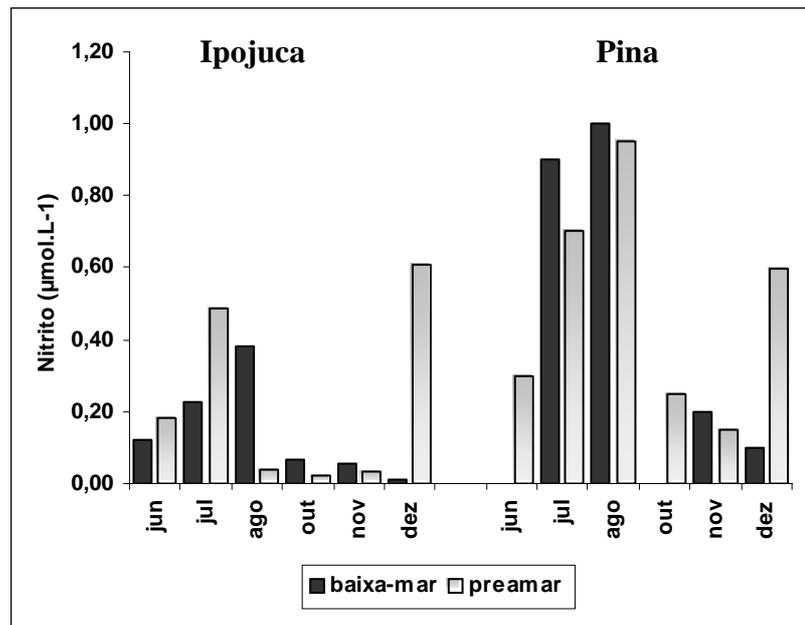
Os teores de sais nutrientes, de uma maneira geral, obedeceram a um ciclo sazonal. Para o **nitrito-N** foi possível verificar no estuário do rio Ipojuca valores mínimos de  $0,01 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e máximos de  $0,61 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , ambos no mês de dezembro, na baixa-mar. Para a bacia do Pina o valor mínimo foi de  $0,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (não detectado) nos meses de junho e outubro, ambos na baixa-mar, enquanto o valor máximo de  $1,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$  foi registrado em agosto, na baixa-mar (Figura 15 e Apêndice C e D).

Durante o estudo foi verificada variação sazonal para os teores de nitrito-N nos dois ambientes estudados, demonstrada através do aumento nos valores durante o período chuvoso, principalmente nos meses de julho e agosto, nos dois regimes de marés, decrescendo no período seco. Com relação aos ciclos de marés foi percebido, em todos os meses de estudo, valores atenuados para a baixa-mar e os maiores valores na preamar. Entretanto, na bacia do Pina, constatou-se um comportamento inverso, com os maiores valores registrados na baixa-mar, com exceção dos meses de junho e dezembro, apresentando também os maiores valores quando comparada ao rio Ipojuca.

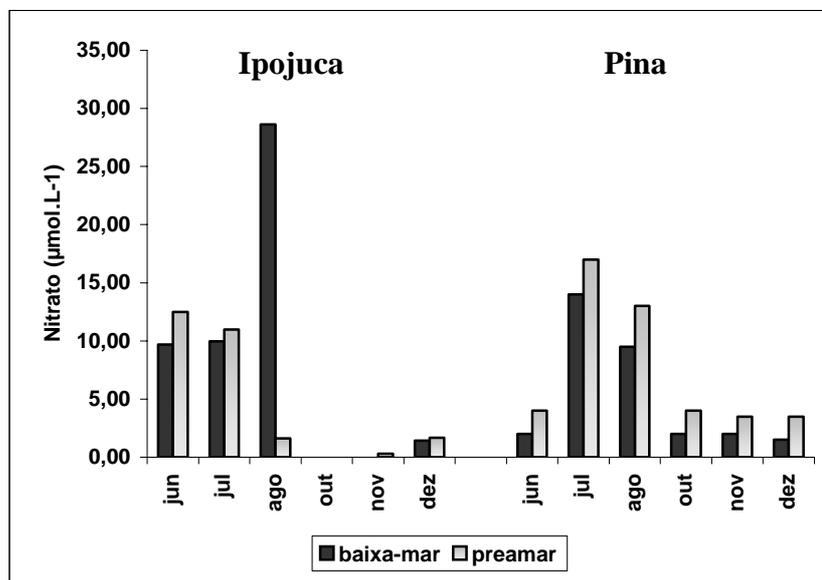
As concentrações de **nitrito-N** no rio Ipojuca oscilaram entre  $0,01$  a  $28,64 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . O valor mínimo foi registrado no mês de novembro, na baixa-mar e o valor máximo no mês de agosto na baixa-mar. Na bacia do Pina o menor e maior valores estiveram representados por  $1,50 \mu\text{mol.L}^{-1}$  no mês de dezembro, na baixa-mar, e  $17,00 \mu\text{mol.L}^{-1}$  em julho na preamar, respectivamente (Figura 16 e Apêndice C e D).

Foi possível observar uma diminuição nos valores de nitrito-N no período seco nos dois ambientes estudados, demonstrando assim padrões de sazonalidade.

Com relação aos regimes de marés, as maiores concentrações ocorreram na baixa-mar rio Ipojuca, apresentando inversão desse padrão na bacia do Pina com os maiores valores na preamar, no entanto, esse estuário é responsável pelas maiores concentrações de nitrito, durante a preamar.



**Figura 15** - Variação anual dos tores de nitrito ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .



**Figura 16** - Variação anual dos tores de nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio do Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .

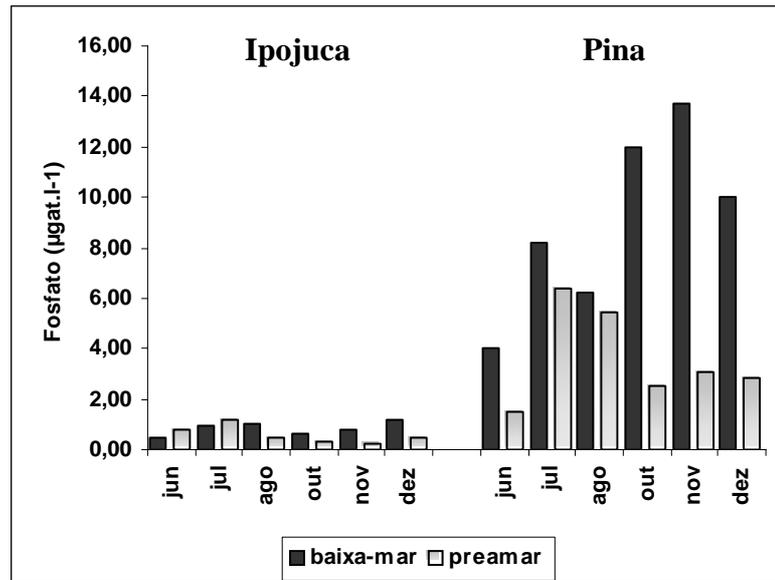
O teor mínimo de **fosfato-P** verificado no estuário do rio Ipojuca correspondeu a  $0,21 \mu\text{gat.l}^{-1}$  durante o mês de novembro, na preamar, enquanto que o valor máximo de  $1,16 \mu\text{gat.l}^{-1}$  foi verificado nos meses de julho e dezembro na preamar e baixa-mar, respectivamente. Na bacia do Pina o valor mínimo foi registrado durante o mês de junho, na preamar. O máximo foi aferido no mês de novembro, na baixa-mar. Os valores oscilaram de  $1,50$  a  $13,70 \mu\text{gat.l}^{-1}$ . As concentrações de fosfato-P no rio Ipojuca manteve-se baixa durante todo o estudo, inclusive nos dois regimes de marés (Figura 17 e Apêndice C e D).

No rio Ipojuca não foi verificado sazonalidade com relação às concentrações de fosfato-P, no entanto na bacia do Pina essa variação mostrou-se evidente, com maior disponibilidade desse nutriente nos meses de outubro, novembro e dezembro, correspondente ao período seco.

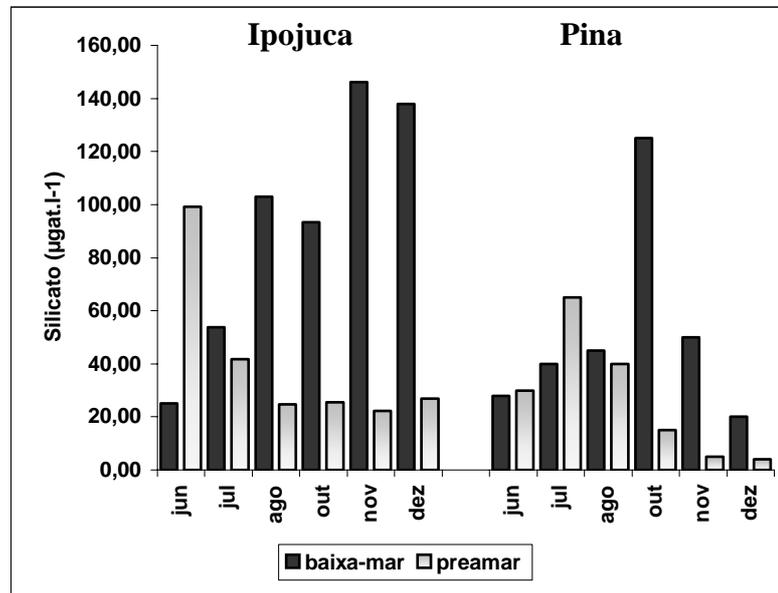
Para os regimes de marés os maiores valores, de uma maneira geral, foram registrados na baixa-mar, nos dois ambientes estudados. Na bacia do Pina esse nutriente apresentou os maiores valores do estudo.

Com relação às concentrações de **silicato-Si** o menor valor registrado para o rio Ipojuca foi de  $22,35 \mu\text{gat.l}^{-1}$  no mês de novembro na preamar e o maior valor registrado foi  $146,10 \mu\text{gat.l}^{-1}$  também no mês de novembro durante a baixa-mar. Na bacia do Pina o valor mínimo de  $4,00 \mu\text{gat.l}^{-1}$  foi aferido no mês de dezembro na preamar. Durante o mês de outubro foi verificado e um pico de  $125,00 \mu\text{gat.l}^{-1}$  durante a baixa-mar (Figura 18 e Apêndice C e D).

Analisando a variação do silicato-Si nos ciclos de marés constatou-se as maiores concentrações nas baixa-mares, com exceção do mês de junho, nos dois ambientes, que demonstraram comportamento inverso com os maiores valores na preamar. Os maiores valores observados no estudo foram registrados no estuário do rio Ipojuca.



**Figura 17** - Variação anual dos teores de fosfato ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio do Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .



**Figura 18** - Variação anual dos teores de silicato ( $\text{SiO}_2$ ) nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio do Ipojuca (1986) e bacia do Pina (1990) – PE .

## 5.2.3 ASPECTOS QUALITATIVOS

### 5.2.3.1 Variações Morfológicas

A análise de 24 amostras permitiu verificar que a diatomácea *Skeletonema costatum* esteve presente nos dois períodos sazonais, no entanto no estuário do rio Ipojuca teve preferência pelo período chuvoso, ocorrendo apenas durante o período seco no mês de novembro, na baixa-mar. No estuário da bacia do Pina apresentou comportamento inverso com melhor desenvolvimento no período seco, com ocorrência durante o período chuvoso apenas no mês de junho.

A espécie apresentou características distintas quando comparados os dois ambientes. No estuário do rio Ipojuca suas células demonstraram aspecto robusto, maior, de fácil visualização. Suas colônias possuíam maior número de células, com processos de ligação (espinhos) bastante evidentes. No entanto no estuário da bacia do Pina as frústulas possuíam aspecto frágil, de difícil observação. Células esbranquiçadas, quase hialinas. Os processos externos (espinhos) demonstraram-se, na maioria das vezes, curtos, quase imperceptíveis. As colônias mantiveram-se pequenas (quatro células em média), dispostas de forma reta ou curva (Figura 26).

A seguir, será apresentada a análise dos parâmetros morfológicos observados na espécie, demonstrando suas variações nos meses do estudo.

- **Descrição dos caracteres morfológicos**

As medidas das células de *S. costatum* das áreas estudadas apresentaram valores oscilantes durante o período amostrado e nos dois ciclos de marés.

Os valores médios da **altura celular** no rio Ipojuca oscilaram entre 8,4 a 10,1  $\mu\text{m}$  na baixa-mar e 8,1  $\mu\text{m}$  a 8,8  $\mu\text{m}$  na preamar, nos meses de julho e junho, respectivamente. Na bacia do Pina os valores médios obtidos variaram na baixa-mar de 6,3 a 10,7  $\mu\text{m}$  e no regime de preamar de 6,7 a 16,2  $\mu\text{m}$ , nos meses de outubro e dezembro (Figura 19, Tabela 1, Apêndices E e F).

**Tabela 1** – Variação das medidas celulares de *S. costatum* em diferentes marés no estuário do rio Ipojuca e bacia do Pina -PE. (valores médios em  $\mu\text{m}$ ).

Medidas	Locais	Jun.		Jul.		Ago.		Out.		Nov.		Dez.	
		BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM
Altura celular	Ipojuca	10,1	8,8	8,4	8,1	-	-	-	-	9,5	-	-	-
	Pina	6,5	10,8	-	-	-	-	6,3	6,7	10,5	-	10,7	16,2
Diâmetro celular	Ipojuca	13,4	15,4	12,7	12,3	-	-	-	-	12,9	-	-	-
	Pina	5,3	6,7	-	-	-	-	5,2	4,5	6,2	-	6,8	6,7
Altura do espinho	Ipojuca	10,8	10,7	10,1	10,6	-	-	-	-	7,9	-	-	-
	Pina	5,0	8,0	-	-	-	-	5,2	5,4	6,9	-	6,5	8,2
Nº	Ipojuca	10,0	6,7	3,6	3,3	-	-	-	-	3,1	-	-	-
Cel/Col	Pina	3,3	4,0	-	-	-	-	4,0	3,1	4,0	-	5,7	6,6

**Nota:**

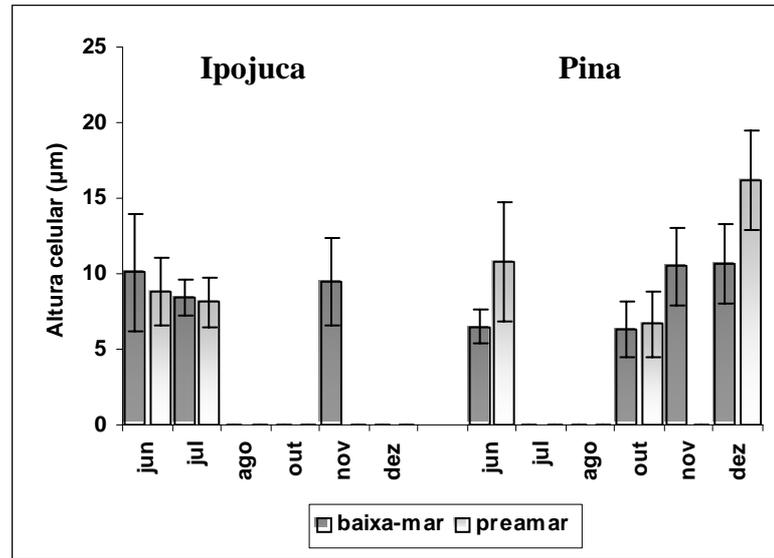
- = Ausência da espécie.

Analisando as variações na altura das células foi possível verificar que os valores entre os meses e ciclos de marés mais expressivos no rio Ipojuca foram junho e novembro, na baixa-mar, não havendo preferência por período sazonal. Essa característica se repetiu na bacia do Pina onde os meses de maior valor foram junho, novembro e dezembro. De acordo com o desvio-padrão, essas variações não demonstraram grande representatividade, fato possível de ser confirmado pelo teste de significância “t”, que não considerou essas diferenças significativas, uma vez que alcançaram o valor de  $p = 10.000$ , para os dois ambientes.

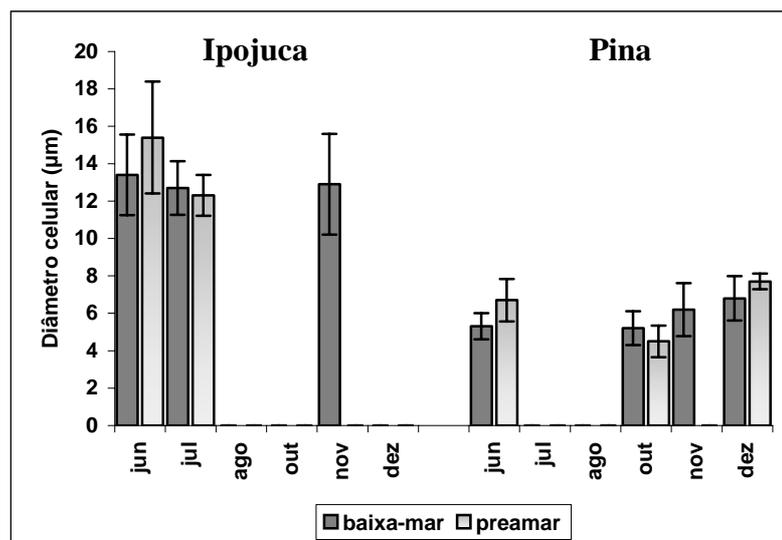
Com relação ao **diâmetro celular** percebeu-se que o maior valor apresentado no rio Ipojuca, durante o regime de baixa-mar, foi de  $15,4 \mu\text{m}$  no mês de julho, na baixa-mar e  $13,4 \mu\text{m}$  na preamar, em junho. Para a bacia do Pina os valores oscilaram entre  $6,8$  e  $4,5 \mu\text{m}$ , ambos na baixa-mar. Os valores foram aferidos nos meses de dezembro e outubro, respectivamente. Na preamar os valores oscilaram entre  $4,5$  a  $7,7 \mu\text{m}$ , nos meses de outubro e dezembro respectivamente (Figura 20, Tabela 1, Apêndices E e F).

Considerando os valores obtidos constatou-se uma pequena variação entre os meses e marés não ocorrendo padrões de sazonalidade ou ciclos de marés. Foram percebidas claras

alterações no diâmetro através do desvio-padrão, quando comparados os dois ambientes. No estuário do rio Ipojuca as células mostraram-se maiores. Embasando essa observação o teste “t” de significância confirmou a representatividade das oscilações, considerando significativas as variações no diâmetro celular, com valor de  $p = 0,0000$ .



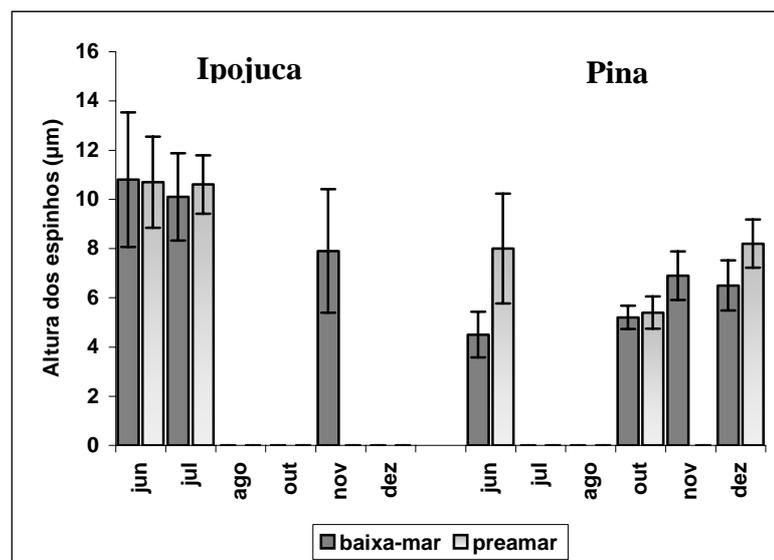
**Figura 19** - Variação na altura celular nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE (valores médios).



**Figura 20** - Variação no diâmetro celular nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE (valores médios).

Através das medidas dos **processos celulares (espinhos)** foi possível perceber algumas variações nas células e colônias estudadas. No rio Ipojuca, durante a baixa-mar, os valores oscilaram entre 7,9 e 10,8  $\mu\text{m}$ , nos meses de novembro e junho, respectivamente. Na preamar o menor valor correspondeu a 10,6  $\mu\text{m}$  em julho e o maior valor foi de 10,7  $\mu\text{m}$  em junho. Na bacia do Pina os valores mantiveram-se menores que o rio Ipojuca, na baixa-mar o menor valor foi de 5,0  $\mu\text{m}$ , no mês de junho e o maior valor de 6,9  $\mu\text{m}$  em novembro. Na preamar o menor valor registrado foi de 5,4  $\mu\text{m}$  no mês de outubro e o maior valor de 8,2  $\mu\text{m}$  no mês de dezembro (Figura 21, tabela 1, Apêndice E e F).

De acordo com as medidas verificadas entre os meses e ciclos de marés as variações foram consideradas ínfimas, no entanto entre os ambientes as variações tornam-se mais evidentes. Mesmo existindo essas diferenças nas medidas nem o desvio-padrão ou o teste “t” consideraram significativas, uma vez que  $p = 10,0000$ .

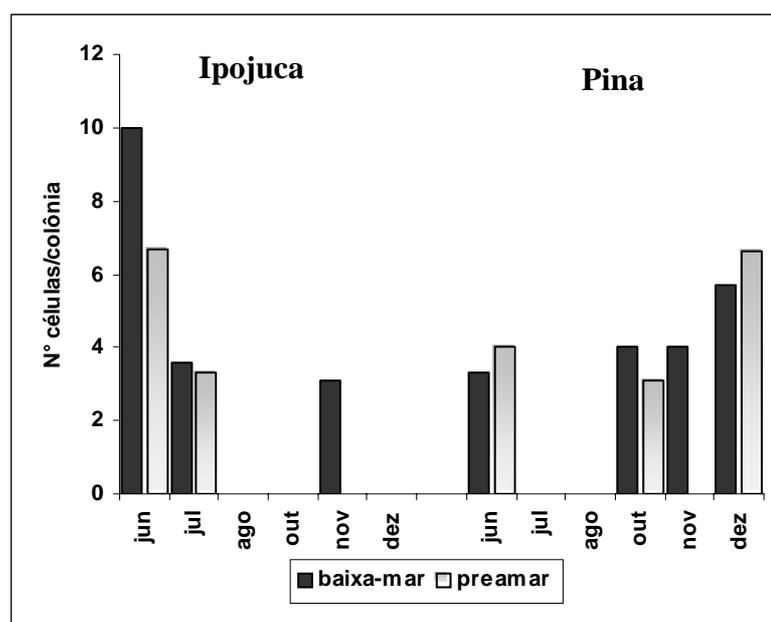


**Figura 21** - Variação na altura dos espinhos nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE (valores médios).

O **número de células por colônia** demonstrou diferenças marcantes entre os ambientes. No rio Ipojuca, durante a baixa-mar as medidas oscilaram entre 3,1 e 10,0  $\mu\text{m}$ , nos meses de novembro e julho, respectivamente. Durante a preamar o menor valor encontrado foi 3,3  $\mu\text{m}$  no mês de julho e o maior 6,7  $\mu\text{m}$  em junho. No estuário da bacia do Pina o menor

valor médio correspondeu a 3,3  $\mu\text{m}$  em junho e o maior 5,7  $\mu\text{m}$  em dezembro (Figura 22, tabela 1, Apêndices E e F).

De acordo com as variações no número de células observadas, pode-se confirmar que as colônias maiores da espécie foram encontradas no rio Ipojuca, no entanto o teste “t” não definiu essas variações significativas, com valor de  $p = 10.0000$ .



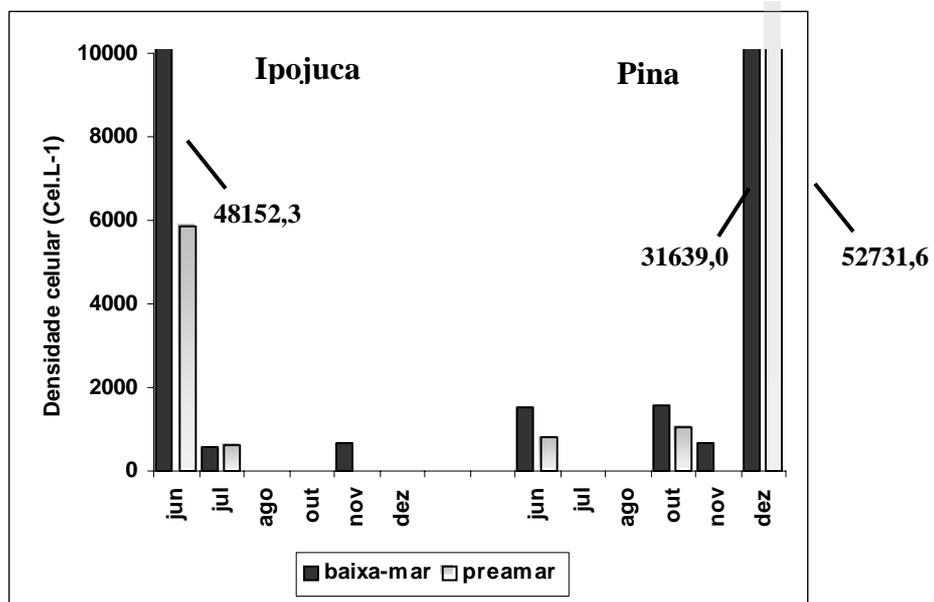
**Figura 22** - Variação do número de células por colônia nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE (valores médios).

## 5.2.4 ASPECTOS QUANTITATIVOS

### 5.2.4.1 Densidade celular ( $\text{Cel.L}^{-1}$ )

A densidade celular dos dois ambientes estudados apresentou pequenas oscilações nos valores durante o período amostrado e nos dois ambientes. No entanto foram percebidos dois picos de densidade, um em cada ambiente. No rio Ipojuca ocorreu no mês de junho, correspondendo a  $48152,3 \text{ Cel.L}^{-1}$  na baixa-mar e  $5865,2 \text{ Cel.L}^{-1}$  na preamar. Na bacia do Pina foi registrado em dezembro com valores de  $31639,0 \text{ Cel.L}^{-1}$ , na baixa-mar e  $52731,6 \text{ Cel.L}^{-1}$ , na preamar (Figura 23, Apêndice E e F).

Durante o estudo foi possível perceber variações marcantes entre os períodos sazonais e ciclos de marés, graças aos picos ocorrentes nos dois ambientes. No rio Ipojuca, durante o período chuvoso variou de 594,1 a 48152,3 Cel.L<sup>-1</sup>, em julho e junho. No período seco apresentou apenas um valor de 675,3 Cel.L<sup>-1</sup>, no mês de novembro. Na baixa-mar, no estuário da bacia do Pina, os valores oscilaram de 684,6 a 31639,0 Cel.L<sup>-1</sup>, em novembro e dezembro. Na preamar os valores aferidos corresponderam a 786,3 Cel.L<sup>-1</sup> em junho a 52731,6 Cel.L<sup>-1</sup> em dezembro (Figura 23, Apêndice E e F).



**Figura 23** - Variação da densidade celular nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE.

#### 5.2.4.2 Medidas de biovolume

Nos estuários estudados foi observada uma pequena variação no **biovolume**. Essa diferença torna-se mais evidente quando comparados os dois ambientes estudados, o que é confirmado no teste “t” com valor com valor de  $p = 0,0000$ .

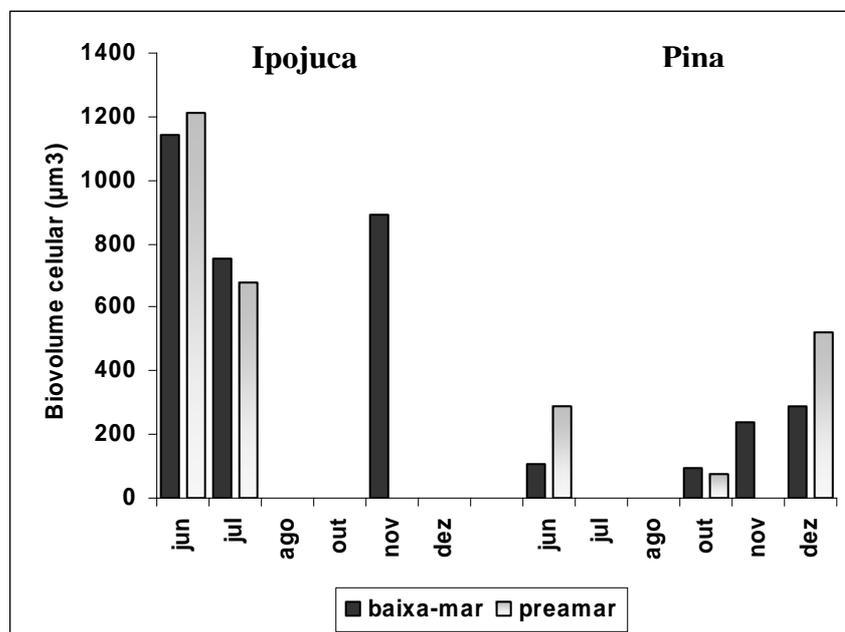
Foram constatados valores mais elevados no rio Ipojuca com picos no mês de junho representado por  $1140,215\mu\text{m}^3$  na baixa-mar e  $1212,82\mu\text{m}^3$  na preamar. Os menores valores aferidos ocorreram no mês de julho correspondendo a  $752,67\mu\text{m}^3$ , na baixa-mar e  $677,38$

$\mu\text{m}^3$  na preamar. Na bacia do Pina, de uma maneira geral, os valores foram menores. As maiores medidas foram aferidas no mês de dezembro, correspondendo  $291,74 \mu\text{m}^3$ , na baixa-mar e  $521,76 \mu\text{m}^3$ , na preamar. Os valores mínimos foram registrados em outubro,  $74,01 \mu\text{m}^3$  na baixa-mar e  $95,46 \mu\text{m}^3$  na preamar (Figura 24, Apêndice E e F).

Analisando o biovolume celular sazonalmente foi possível verificar padrões de variação, com decréscimo nos valores durante o período chuvoso no rio Ipojuca e um aumento dos valores durante o período seco na bacia do Pina.

Com relação ao ciclo de marés, também não foram observadas modificações nos valores que seguissem uma distribuição ordenada.

Foi demonstrado durante o estudo que os maiores valores de biovolume ocorreram no estuário do rio Ipojuca.

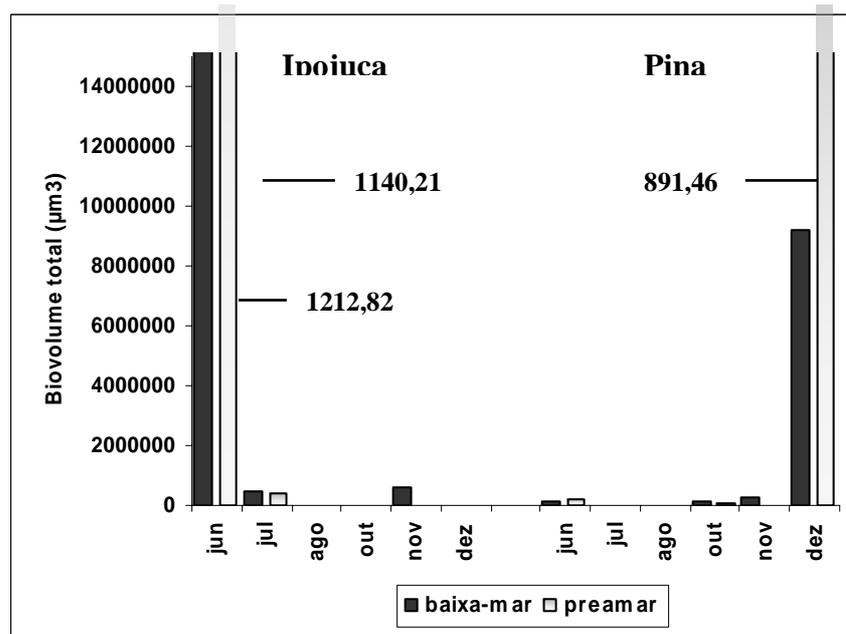


**Figura 24** - Variação do biovolume celular nos regimes de baixa-mar e preamar nos estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina – PE.

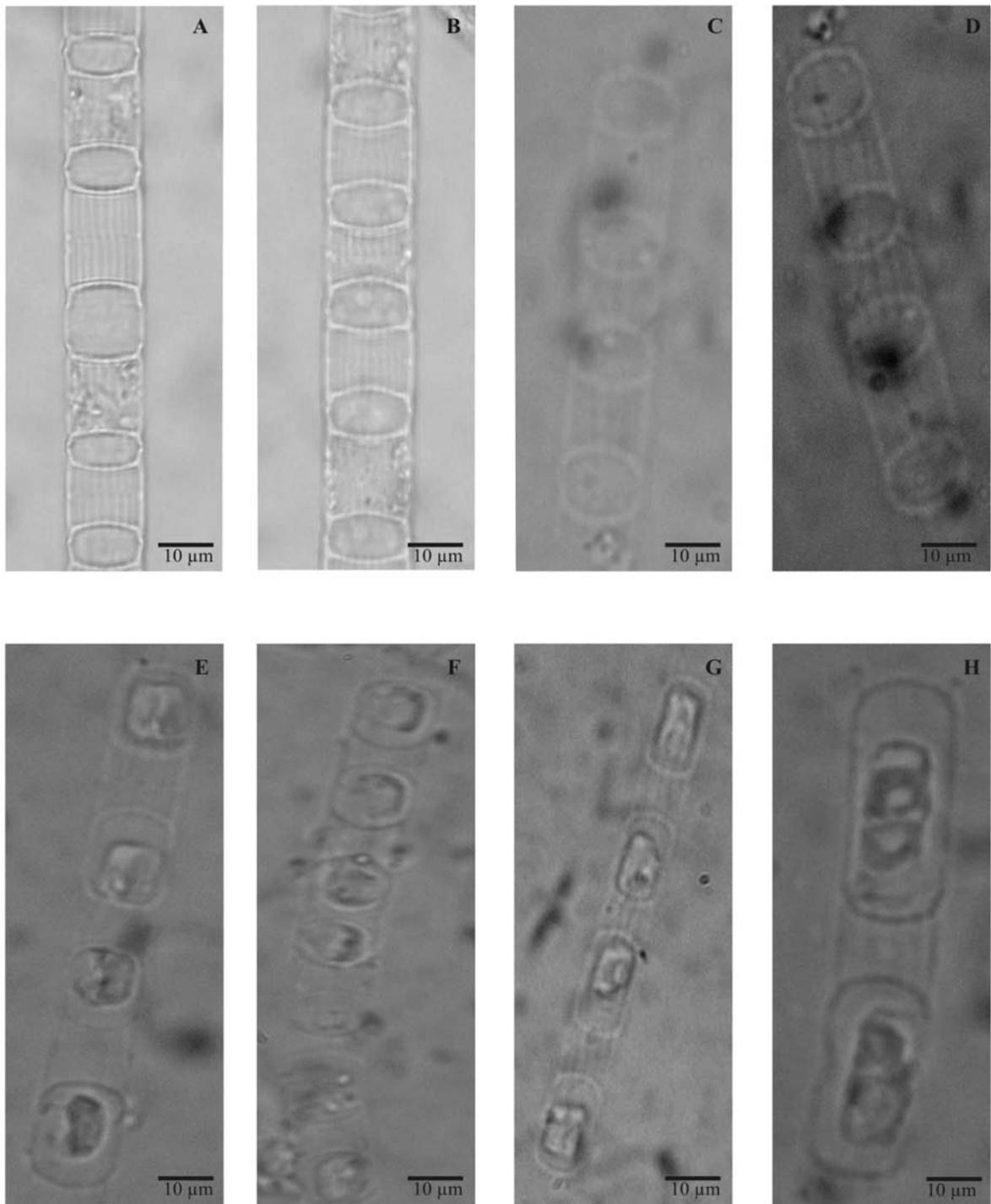
As medidas de **biovolume total** permitiram evidenciar a quantidade de biomassa por unidade de volume. Durante o estudo, os valores de biovolume total mantiveram-se

equivalentes, nos dois ambientes, ocorrendo picos nos meses de junho, no rio Ipojuca e dezembro, na bacia do Pina.

Os valores máximos obtidos no estuário do rio Ipojuca foram registrados no mês de junho, representados por  $54840654,47 \mu\text{m}^3$  na baixa-mar e  $48171474,12 \mu\text{m}^3$  na preamar, enquanto que os valores mínimos ocorreram no mês de julho,  $447160,89 \mu\text{m}^3$  na baixa-mar e  $407314,61 \mu\text{m}^3$  na preamar. No estuário da bacia do Pina os valores máximos de biovolume total foram aferidos no mês de dezembro correspondendo a  $9230427,64 \mu\text{m}^3$  na baixa-mar e  $27513552,29 \mu\text{m}^3$  na preamar. Os valores mínimos aferidos ocorreram no mês de outubro, correspondendo a  $213247,8 \mu\text{m}^3$  na baixa-mar e  $109543,7 \mu\text{m}^3$  na preamar (Figura 25, Apêndices E e F).



**Figura 25** - Variação do biovolume total nos regimes de baixa-mar e preamar no estuário da bacia do Pina – PE.



**Figura 26** - Aspecto geral da micro alga *Skeletonema costatum* ocorrentes nos estuários do rio Ipojuca (A, B, C, D) e bacia do Pina (E, F, G, H) Pernambuco, Brasil. (escala 10 µm)

## 5.2.5 ANÁLISE NUMÉRICA E ESTATÍSTICA DOS DADOS

### 5.2.5.1 Análise Multivariada

A análise de grupamento dos ambientes estudados apresentou valores cofenéticos bem ajustados com ( $r = 0,85$ ) para o rio Ipojuca e para a bacia do Pina, significando a ocorrência de grupos bem distintos (Figuras 27 e 28).

- Para o estuário do rio Ipojuca foram formados os seguintes grupos, obedecendo um ciclo sazonal:

#### **Grupo 1**

Caracterizou-se pela presença de amostras referentes aos meses de junho e julho, período chuvoso, nos dois regimes de maré. A relação entre as amostras demonstra bom desenvolvimento da espécie verificada através de altos valores da altura, diâmetro e biovolume celular, estando influenciada pela baixa salinidade, menor concentração de fosfato e maiores valores de nitrito e nitrato.

#### **Grupo 2**

Compreendeu as amostras dos meses de agosto, outubro, novembro e dezembro, nos dois regimes de marés, onde a salinidade aumenta até atingir seus maiores valores, enquanto que as concentrações de nutrientes diminuem, influenciando o menor desenvolvimento da espécie.

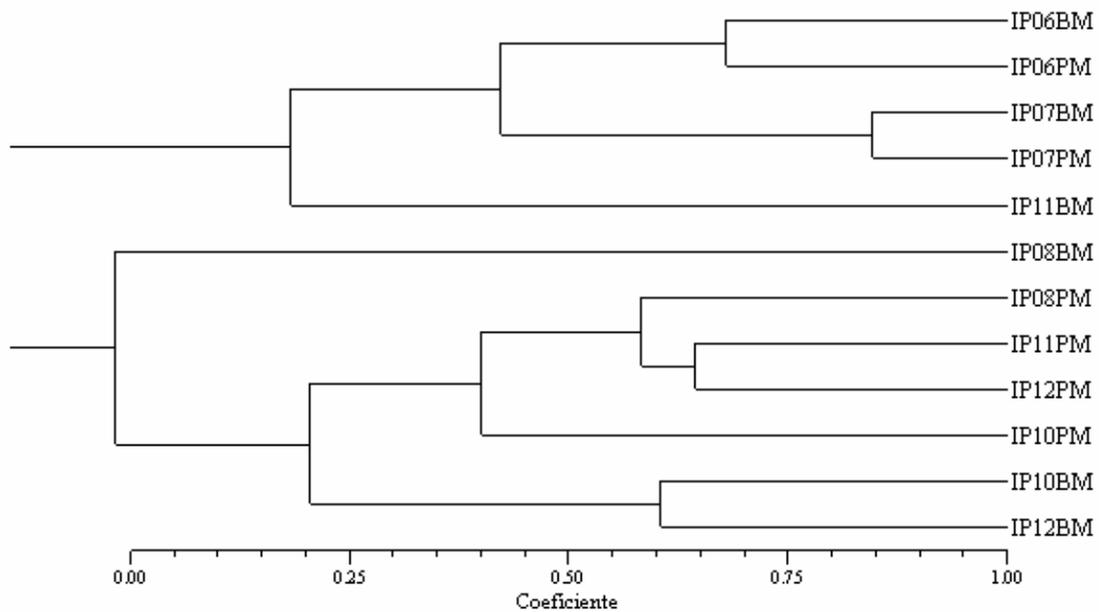
- Os grupos formados no estuário da bacia do Pina estão demonstrados abaixo, onde:

#### **Grupo 1**

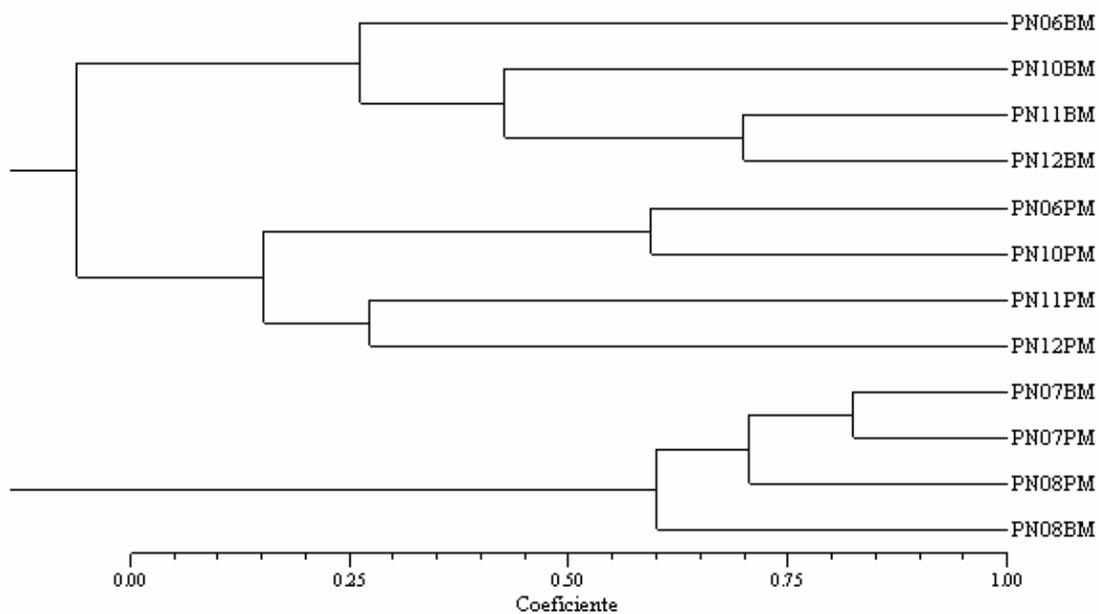
Engloba as amostras referentes aos meses de junho, outubro, novembro e dezembro, nos dois regimes de marés. Nesses meses a salinidade manteve-se elevada, com altas concentrações de nitrato. O desenvolvimento da espécie encontrou-se comprometido, principalmente no que se refere aos valores reduzidos no diâmetro celular.

## Grupo 2

Nas amostras dos meses de julho e agosto, que representam esse grupo, o nitrito e nitrato alcançaram altas concentrações, não havendo ocorrência da espécie.



**Figura 27** – Dendrograma de associação dos parâmetros ambientais e medidas celulares da *S. costatum* no estuário do rio Ipojuca-PE.



**Figura 28** – Dendrograma de associação dos parâmetros ambientais e medidas celulares da *S. costatum* no estuário da bacia do Pina-PE.

### 5.2.5.2 Análise dos Componentes Principais (ACP)

A análise dos componentes Principais permitiu observar a contribuição das variáveis ambientais juntamente com as medidas celulares da espécie onde os três fatores explicaram 76,7% e 77,67% da variância total dos dados para o rio Ipojuca e bacia do Pina, respectivamente (Tabela 2).

#### **Fator 1**

No rio Ipojuca o primeiro fator caracterizou-se pela correlação direta das medidas celulares (altura, diâmetro; medida dos espinhos, biovolume,; células/colônia; densidade; biovolume total, com o potencial hidrogeniônico e o nitrato e inversa com a precipitação pluviométrica, temperatura do ar, evaporação total e salinidade.

Para a bacia do Pina esse fator caracterizou-se pela correlação direta das medidas celulares (altura, diâmetro, medida dos espinhos, biovolume, células/colônia, densidade, biovolume total, com a temperatura do ar, evaporação total e inversa com a precipitação pluviométrica, nitrito e nitrato.

#### **Fator 2**

Esse fator, no rio Ipojuca, apresentou uma correlação inversa entre o oxigênio dissolvido com a temperatura da água e o silicato.

Porém na bacia do Pina houve correlação inversa do fosfato e silicato com a temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico.

#### **Fator 3**

Apresentou correlação inversa entre a transparência da água com o nitrito (0,4696) e o fosfato.

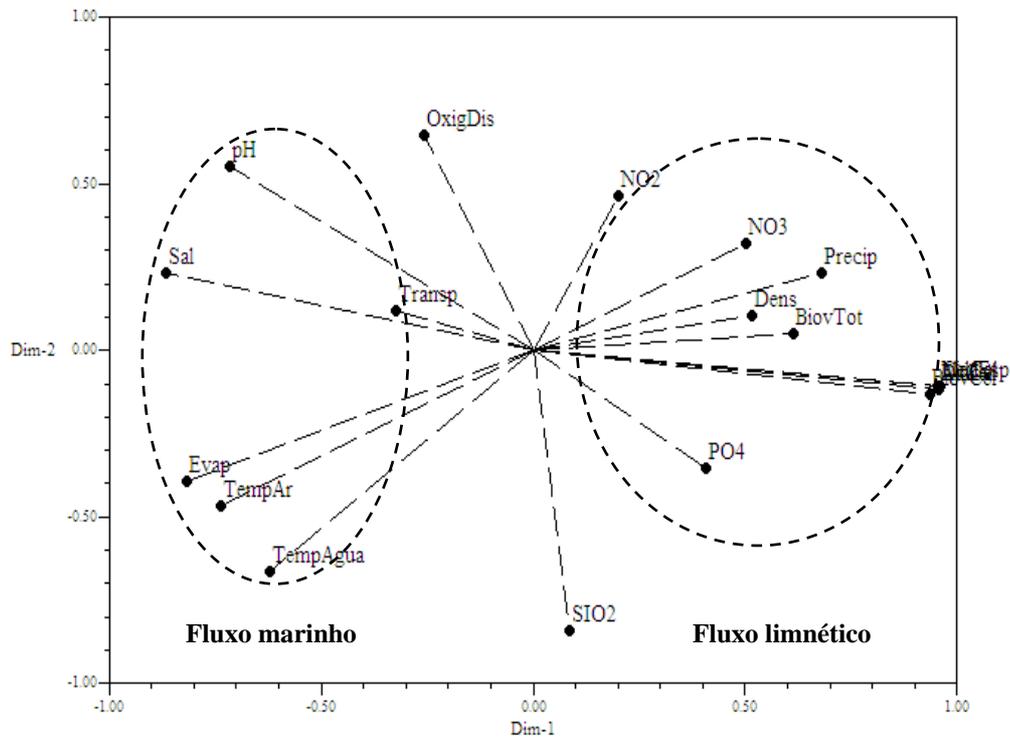
Para a bacia do Pina, nesse fator não houve correlação entre as variáveis.

**Tabela 2** – Contribuição das medidas celulares e variáveis ambientais aos três componentes (fatores) principais nos estuários do rio Ipojuca e bacia do Pina-PE.

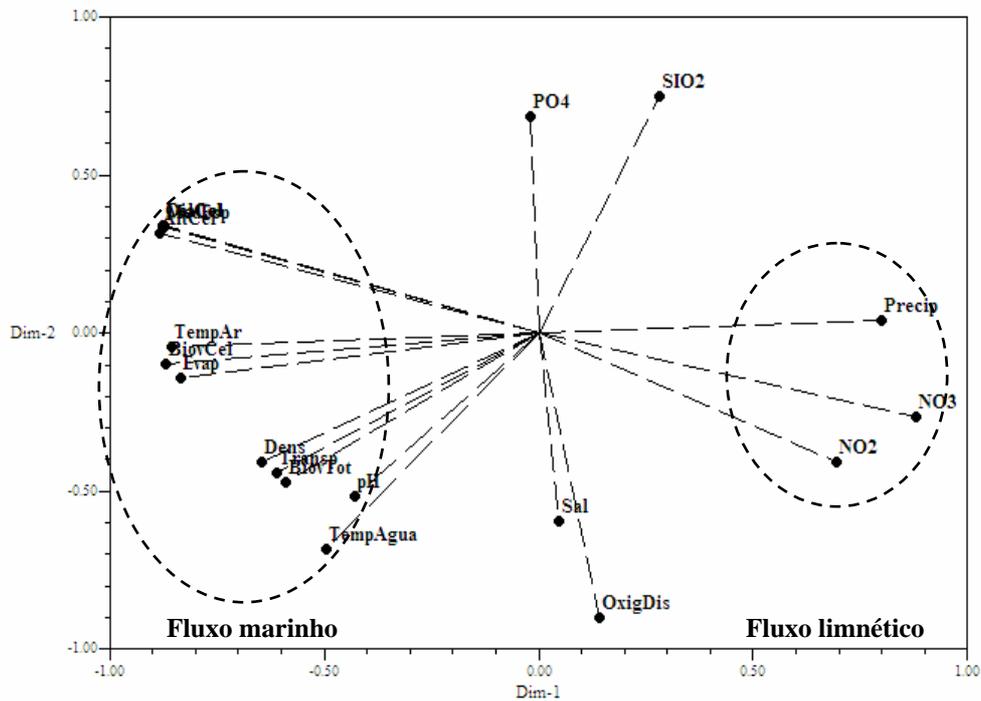
Medidas celulares e parâmetros ambientais	Abreviatura	Ipojuca			Pina		
		Fator 1 (48,08%)	Fator 2 (15,20%)	Fator 3 (13,42%)	Fator 1 (46,31%)	Fator 2 (22,13%)	Fator 3 (9,23%)
Precipitação pluviométrica	Precip	<b>-0.6803</b>	0.2321	0.2886	<b>0.7981</b>	0.0421	0.3793
Temperatura do ar	TempAr	<b>-0.7365</b>	-0.4652	-0.2946	<b>-0.8535</b>	-0.0443	-0.2768
Evaporação total	Evap	<b>-0.8153</b>	-0.3943	-0.2230	<b>-0.8339</b>	-0.1426	-0.4543
Temperatura da água	TempAgua	-0.6207	<b>-0.6620</b>	0.3477	-0.4936	<b>-0.6807</b>	-0.2276
Salinidade	Sal	<b>-0.8651</b>	0.2339	-0.2570	0.0456	<b>-0.5941</b>	0.3635
Oxigênio dissolvido	OxigDis	-0.2585	<b>0.6443</b>	0.3736	0.1422	<b>-0.8973</b>	0.0872
Transparência da água	Transp	-0.3219	0.1199	<b>-0.3287</b>	<b>-0.6100</b>	-0.4406	0.3337
Potencial hidrogeniônico	pH	<b>0.7138</b>	0.5539	0.0432	-0.4291	<b>-0.5150</b>	0.1456
Nitrito	NO <sup>2</sup>	0.2014	0.4634	<b>0.4696</b>	<b>0.6929</b>	-0.4053	-0.2399
Nitrato	NO <sup>3</sup>	<b>0.5026</b>	0.3224	0.4890	<b>0.8813</b>	-0.2634	0.0850
Fosfato	PO <sup>4</sup>	0.4080	-0.3542	<b>0.7724</b>	-0.0184	<b>0.6842</b>	-0.6252
Silicato	SIO <sup>2</sup>	0.0844	<b>-0.8411</b>	0.3890	0.2814	<b>0.7482</b>	-0.1164
Altura celular	AltCel	<b>0.9555</b>	-0.1178	-0.1108	<b>-0.8818</b>	0.3176	0.2638
Diâmetro celular	DiaCel	<b>0.9560</b>	-0.1165	-0,1094	<b>-0.8727</b>	0.3403	0.2757
Biovolume celular	BiovCel	<b>0.9358</b>	-0.1307	-0.2485	<b>-0.8674</b>	-0.0951	0.0049
Medida dos espinhos	MedEsp	<b>0.9581</b>	-0.1089	-0.1064	<b>-0.8729</b>	0.3367	0.2786
Células/colônia	CelCol	<b>0.9597</b>	-0.1097	-0.1248	<b>-0.8745</b>	0.3391	0.2707
Densidade celular	Dens	<b>0.5149</b>	0.1053	-0.5496	<b>-0.6443</b>	-0.4063	-0.3661
Biovolume total	BiovTot	<b>0.6151</b>	0.0518	-0.5215	<b>-0.5897</b>	-0.4694	-0.3235

Nos ambientes pôde-se observar a formação de dois grupos. Para o rio Ipojuca, o primeiro grupo, englobou parâmetros abióticos, caracterizando maior influência marinha, sem relação com a espécie. O segundo, englobou todas as medidas celulares, relacionadas a parâmetros, caracterizando fluxo limnético (Figura 29). Na bacia do Pina, o primeiro grupo demonstrou maior influência marinha, representado pelas medidas celulares e pelos

parâmetros abióticos. O segundo grupo, caracterizou influência limnética através de parâmetros relacionados ao aporte terrígeno (Figura 30).



**Fig 29 - Análise dos Componentes Principais no estuário do rio Ipojuca (PE) no período seco e chuvoso (siglas na tabela 2).**



**Fig 30- Análise dos Componentes Principais no estuário da bacia do Pina, Recife (PE) no período seco e chuvoso (siglas na tabela 2).**

---

*“Todo o cenário magnífico das coisas é diário e confiantemente visto como destinado, em uma instância, à conveniência peculiar do gênero humano. Dessa forma o grosso da espécie humana arrogantemente se eleva acima das inúmeras existências que o cercam”.*

G. H. Toulmin

***DISCUSSÃO:***

---

## ***FORMULAÇÃO DE IDÉIAS***



## 6 DISCUSSÃO

---

### 6.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Nos sistemas estuarinos os fatores ambientais tais como: temperatura, salinidade, transparência, oxigênio e nutrientes, estão diretamente ligados à estrutura das populações do microfitoplâncton, funcionando com igual importância e condicionando o estabelecimento de espécies adaptadas às suas variações.

As oscilações da qualidade das águas estão condicionadas principalmente pelas mudanças climáticas. Muitos estudos referenciam a **precipitação pluviométrica** como controlador da distribuição e desenvolvimento do fitoplâncton, do padrão sazonal em águas costeiras, influenciando outras variáveis abióticas (HUISMAN; WEISSING, 1999; FACCA et al, 2002).

Durante o período de estudo o total de chuvas registrados para os estuários do rio Ipojuca e da bacia do Pina foi considerado elevado, quando comparado aos anos seguintes.

Esse fato pode estar relacionado com a ocorrência de fenômenos do sistema oceano-atmosfera, como El Niño e o Dipolo do Atlântico durante o período de estudo (SECRETARIA DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE, 1998 apud LOSADA, 2000).

O regime de chuvas embora atípico com elevado volume no período de amostragem, evidenciou um comportamento semelhante encontrado em todo o litoral de Pernambuco (COSTA, 1991) caracterizado por um período de seco (setembro-fevereiro) e chuvoso (março-agosto), influenciando algumas variáveis ambientais estudadas.

A análise dos componentes principais (ACP) evidenciou correlação positiva entre a precipitação pluviométrica e a temperatura da água no estuário do rio Ipojuca e correlação negativa entre os dois parâmetros, na bacia do Pina, sendo este um dos principais fatores que controla a distribuição e a atividade de animais e plantas, agindo como fator limitante para a reprodução, crescimento e distribuição de organismos (SOARES-GOMES; FIGUEREDO, 2002).

Segundo Boney (1989) esse parâmetro pode afetar diretamente os organismos que habitam a coluna d'água. Efeitos diretos como a temperatura tolerada pelos organismos em relação às condições naturais e o decréscimo da solubilidade de gases dissolvidos, principalmente oxigênio, tem conseqüente efeito na respiração, podendo provocar limitações para o crescimento algal e alterar as condições normais do ecossistema.

No entanto, em águas tropicais, onde a variação de temperatura é reduzida, o crescimento e abundância do fitoplâncton, provavelmente não são controlados por essa variável e a presença de um padrão anual não é esperado (AGAWIN et al., 2002).

As variações desse parâmetro no rio Ipojuca (24,8 a 31,5°C) e na bacia do Pina (24,00 a 27,20°C) demonstra oscilações climáticas mensuráveis em águas costeiras, principalmente estuarinas de uma região tropical, devido à mistura de águas com características físico-químicas distintas e a ocorrências de zonas pouco profundas, determinadas pela razão entre a descarga fluvial e o fluxo tidal (RÉ, 2000).

De uma perspectiva temporal, pode-se constatar os valores elevados durante o período de estiagem, quando ocorre um acréscimo de insolação total aliado a ventos fracos, favorecendo maior penetração da radiação solar e naturalmente, aquecimento da coluna d'água (TENENBAUM, 1995).

No entanto, sabe-se que há grande estabilidade durante o ciclo sazonal, uma vez que esta depende grandemente do período e maior insolação, variações meteorológicas, condicionadas por períodos de maior ou menor nebulosidade (FLORES MONTES, 1996).

A construção do Porto de Suape alterou as condições ambientais no estuário do rio Ipojuca, causando profundas modificações no hidrodinamismo e geomorfologia. Antes da construção, as águas dos rios Ipojuca e Merepe eram direcionadas pelos recifes paralelos a linha da costa, desembocando do lado do Cabo de Santo Agostinho. Após inúmeros aterros, o fluxo desses rios foi barrado pelos recifes havendo retenção das águas, com inundações dos manguezais e canaviais.

Para minimizar esse efeito foi realizada uma abertura nos recifes próxima à desembocadura do rio Ipojuca, para permitir a penetração do mar. Como conseqüência,

constatou-se um retardo de mais de duas horas na maré dinâmica e maior influência salina registrando-se atualmente 8 horas de baixa-mar e 4 horas de preamar, ao invés de ciclos normais de 6 horas (NEUMANN, 1998).

De acordo com Neumann (1991) estas alterações transformaram a foz do rio Ipojuca numa laguna costeira que em consequência da profundidade local graças a aterros, drenagem e construção de canais, contribuindo com a deposição de materiais, condicionou um elevação na salinidade.

Outro fator abiótico importante a ser ressaltado é a **salinidade da água**. Esta depende, em qualquer ponto, de um estuário das relações entre o volume da água salgada e doce que nele penetram, assim como a amplitude da maré, topografia e clima local (McLUSKY, 1989), além de apresentar relação inversa com a temperatura, estando diretamente influenciada pelo balanço entre evaporação e precipitação (THURMAN, 1997).

A ampla faixa de variação no rio Ipojuca (1,00 a 35,68) e na bacia do Pina (2,00 a 33,00) além do padrão sazonal observado com águas mais salinas no período seco (remoção de água por evaporação e decréscimo por adição de água doce pela precipitação e drenagem continental) corrobora a estreita dependência com o aporte fluvial e marinho e índices pluviométricos.

Em particular no estuário do rio Ipojuca a salinidade esteve sobre a influência a direta das condições climatológicas e regimes de maré. Antes da construção do porto, a área apresentava regimes que variaram do eurialino ao limnético na baixa-mar (CAVALCANTI et al., 1980; INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO, 1983). Após a construção do porto nos anos de 1986/1987 os regimes de salinidade permaneceram semelhantes aos anteriores, porém com a redução da precipitação pluviométrica nos anos seguintes, constatou-se um aumento da salinidade do ambiente, com valores acima de 35,00 nos vários horários correspondentes às preamares, principalmente durante o período seco, com regimes variando de eurialino a mesoalino. Este fato justifica a formação da laguna costeira, uma vez que a alta sedimentação na área e a alteração do fluxo de marés contribuíram para uma diminuição da profundidade local e conseqüentemente, para uma maior evaporação da água.

Os estudos hidrográficos realizados na bacia do Pina por FEITOSA (1988), permitiram enquadrá-la como um ambiente estuarino altamente dinâmico, com um visível gradiente salino, conseqüência da forte influência marina, atenuada em alguns locais pela influência da água doce proveniente dos rios que nela deságuam principalmente durante o período chuvoso quando é maior a influência terrígena. De acordo com o autor, os efluentes urbanos e industriais lançados constantemente na Bacia causam profundas modificações em suas características abióticas, principalmente quanto à aparência da água, oxigênio dissolvido e nutriente.

As variações de salinidade nos ambientes estuáricos afetam o crescimento e a fisiologia algal. A mistura de diferentes volumes de água doce e salgada, representa um dos principais fatores que governa o fitoplâncton, influenciando condições ambientais como turbidez e a disponibilidade de substâncias orgânicas e inorgânicas (SMAYDA, 1983).

Cabe ressaltar que a transparência da água é outro fator importante para a compreensão da dinâmica ambiental. Podemos observar esse fato durante o período das chuvas que causam impacto nas condições hidrológicas da área. Assim é grande a quantidade de material em suspensão, causando a diminuição na transparência da água e, conseqüentemente diminuindo a profundidade da zona fótica. (FEITOSA; PASSAVANTE, 1990/1993).

A ampla variação da transparência da água no rio Ipojuca (0,10 a 4,00m) e na bacia do Pina (0,10 a 1,00) demonstra que sistemas costeiros rasos são freqüentemente submetidos a fatores de interferência, sejam de origem natural ou antrópica, evidenciando não existir um padrão típico, podendo ser modificada em função dessas forçantes e alterar a abundância das microalgas planctônicas (STAATS et al, 2001).

Essas variáveis permitem identificar o grau de turbidez que poderia estar afetando este processo. O aumento nas descargas fluviais, devido ao aumento nas quantidades de chuvas no período chuvoso contribuiria na ocorrência deste processo (baixa DBO), provocando um aumento na turbidez que acarretaria maiores valores de material em suspensão particulados e dissolvidos, isso associado ao fato da matéria orgânica chegar degradada na sua totalidade, demonstrada pelos altos teores dos nutrientes nitrogenados (NORIEGA, 2004).

A energia solar é a fonte de radiação absorvida pelas células do fitoplâncton durante a fotossíntese, e convertida em energia biológica e armazenada na forma de compostos orgânicos de alta energia potencial. Essa reserva é consumida por organismos em altos níveis tróficos, sendo ela limitante da distribuição das comunidades biológicas.

A disponibilidade de energia luminosa condiciona o desenvolvimento algal, que participa integralmente da liberação de oxigênio. Nos processos respiratórios e oxidativos do fitoplâncton o oxigênio e o dióxido de carbono são os gases dissolvidos mais importantes no sistema aquáticos (COSTA apud ESKINAZI-LEÇA et al., 2004) seja como requisito indispensável no metabolismo (TUREKIAN, 1969).

Os valores de oxigênio da região Nordeste do Brasil variam de 0,5 a 5,8 mL.L<sup>-1</sup> apresentando percentuais de saturação de 105,60% e 130,10%, o que de acordo com Macedo et al., (2002) nessa camada o oxigênio dissolvido é maior devido a altas latitudes. Além disso, essa variável é utilizada como indicadora da qualidade da água. Em condições de estagnação, os compostos orgânicos são utilizados por bactérias que obtêm oxigênio transformando sulfáticos abundantes, para ácido sulfrídico, como também podem causar, em grandes concentrações, o fenômeno da eutrofização, causada pelo enriquecimento de nutrientes na água, com conseqüências negativas para o ambiente (THURMAN, 1997).

Durante o período de estudo as concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram variação de (2,71 a 6,36 mL.L<sup>-1</sup>) no rio Ipojuca e (0,10 a 7,60 mL.L<sup>-1</sup>) na bacia do Pina com teores mais elevados nas preamares devido a maior influência marinha e reduzido consumo nos processo de respiração e oxidação, uma vez que o valor desse coeficiente varia consideravelmente com a salinidade e com a temperatura numa relação inversa (MACEDO et al., 2004).

Particularmente, o rio Ipojuca mesmo recebendo forte carga poluidora ao longo de todo seu curso, seu estuário volta a apresentar zonas supersaturadas e de concentração normal de oxigênio dissolvido durante o período chuvoso em praticamente todo seu trecho, principalmente na desembocadura do rio. Dessa maneira a influência poluidora não prejudicou de forma acentuada o desenvolvimento do fitoplâncton no estuário (KOENING, 1997).

A grande quantidade de material em suspensão no estuário do rio Ipojuca, que provocou diminuição da transparência da água, notadamente durante o período chuvoso, quando é bem maior o aporte de substâncias alóctones, condicionou a diminuição do fitoplâncton.

Para Bohlen et al.(1979), as dragagens e construção de canais representam uma fonte significativa de sedimentos em suspensão e de contaminantes associados e estas alterações físicas resultam na destruição de habitantes e alterações hidrológicas, principalmente no que se refere a mudanças na circulação e desenvolvimento de águas anóxicas.

No entanto, na bacia do Pina Ressurreição (1990) confirmou que as variações físico-químicas do ambiente estão direta ou indiretamente associadas à intensidade das descargas fluviais, diminuem a biomassa primária. Durante os meses de maior precipitação pluviométrica, a alta turbidez da massa d'água atribuída, sobretudo, aos despejos pluviais, a luz torna-se aparentemente um fator limitante do desenvolvimento fitoplanctônico.

Cabe ressaltar, que as águas dos ambientes esturianos normalmente não são, por si, continuamente isentas de oxigênio, pois a circulação é geralmente muito rápida para esgotar significativamente o oxigênio da água sob maioria das condições (KINNER; TUREKIAN, 1996).

Na bacia do Pina os teores de oxigênio dissolvido estão associados aos fortes impactos ambientais por ele sofrido, em virtude principalmente de sua localização em plena zona metropolitana do Recife, como também pela forte influência de águas marinhas e limnéticas (MAIA, 1990).

Nos processos biológicos nos ambientes para cada molécula de oxigênio consumida na respiração, há a produção de uma molécula de dióxido de carbono, e existindo uma estreita relação entre as concentrações de oxigênio dissolvido e o pH (MACÊDO et al., 2004).

A maioria dos organismos marinhos e estuarinos toleram uma variação de pH mais ou menos acentuada, entretanto a capacidade de neutralização existente no ecossistema aquático devido ao efeito tampão impede essas amplas variações, estando o pH da água do mar em média entre 7,6 e 8,4. Na camada superficial ou próxima a ela e na camada fótica, onde as

concentrações de dióxido de carbono são mais reduzidas devido à atividade biológica, registram-se os valores de pH mais elevados. Abaixo da zona fótica, observa-se um decréscimo, coincidindo o valor mínimo com o mínimo de oxigênio dissolvido (MACEDO et al., 2004).

Além disso, esse parâmetro tem importante papel no ciclo do fósforo que sob pH usualmente alcalina o elemento na forma orgânica é facilmente hidrolisado, retornando a forma inorgânica que se tornam novamente disponível para assimilação pelas microalgas planctônicas (SOARES-GOMES; FIGUEREDO, 2000).

Nos ambientes estudados os valores de **pH**, ao longo do período, demonstrado variação discreta dentro do padrão de alcalinidade. No rio Ipojuca (7,10 a 8,4) e na bacia do Pina (7,6 a 8,4).

De acordo com Costa (1991), os valores de pH na região Nordeste do Brasil, variam inversamente com a profundidade. Os menores valores corresponderam às mais baixas concentrações de oxigênio dissolvido principalmente nas profundidades abaixo da termoclina.

A utilização de nutrientes inorgânicos por organismos fotossintetizadores provocam um elevado impacto no meio aquático, em virtude do relacionamento destas substâncias com o potencial produtor de áreas oceânicas. Estes elementos encontram-se dissolvidos na água em pequenas quantidades e são denominados sais nutrientes (elementos não conservativos) sendo os principais: nitrogênio, fósforo e silício. As concentrações dos nutrientes limitam a produção dos organismos vegetais clorofilados, quando a luz se encontra em quantidade suficiente para o processo e conseqüentemente, limita os níveis de reprodução e toda cadeia alimentar (MACEDO et al., 2004).

A reserva principal do nitrogênio na água do mar está constituída pelos nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) e em menor quantidade pelo amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Estas três combinações de nitrogênio associados ao fósforo e silício na forma de fosfato e silicato são utilizadas pelos vegetais marinhos para a síntese de proteínas. Segundo Harvey (1957) o amônio é a forma preferencial a ser utilizada pela população fitoplanctônica, visto que os nitratos e nitritos são assimilados com maior dificuldade, apresentando incremento nas funções respiratórias das

células. Em baixas concentrações de amônio, o nitrato por ser a forma mais estável é preferencialmente assimilado pelos organismos (RILEY; CHESTER, 1971).

A disponibilidade de nutrientes afeta diretamente a produtividade primária biomassa e composição taxonômica do fitoplâncton e conseqüentemente a teia tráfica do sistema pelágico (HARRIS, 1986).

A adição desses elementos nos ambientes estuarinos é, proveniente da água de drenagem terrestre, ação das marés, ressuspensão no sedimento e pela própria comunidade através da reciclagem desses elementos e também por efluentes oriundos da atividade antrópica, processos físicos, topográficos, químicos, biológicos e sedimentológicos tendem a controlar sua distribuição (ANDE; XISAN, 1989).

Os nutrientes chegam ainda aos estuários através dos rios, da chuva e da infiltração do lençol freático (NIXON et al., 1986). Além disso, a atividade humana ao longo da costa gera a entrada de nutrientes através do lançamento de esgotos domésticos, despejos industriais e da atividade agrícola, resultando freqüentemente na eutrofização do ambiente (SMAYDA, 1989; PERSICH et al., 1996; ORNÓLFSDOTTIR et al., 2004).

Macedo et al., (2004) citam que, os sais nutrientes estão presentes em todos os processos de mistura e circulação de um estuário, e que suas fontes são controladas também pela regeneração e ressuspensão dos sedimentos dentro do estuário; enquanto que, a distribuição dentro do estuário é controlada pelos processos físicos, topográficos, químicos, biológicos e sedimentológicos.

Sob o ponto de vista vertical, os sais nutrientes em águas superficiais são extraídos pelos organismos fitoplanctônicos, diminuindo suas concentrações em solução. Os detritos resultantes dos organismos que habitam a coluna d'água, enriquecidos nestes elementos, são transportados para o sedimento à medida que morre e afundam. Um subsequente metabolismo vivenciado por outros organismos libera os nutrientes em solução em águas mais profundas, elevando suas concentrações (SKINNER; TUREKIAN, 1996).

Nos estuários estudados as concentrações de nitrito foram mais baixas quando comparadas ao nitrato, fato explicado pela sua rápida redução a nitrato oscilando entre 0,10 a

0,61mm no rio Ipojuca e 0,00 a 1,00 mm na bacia do Pina, diferentemente dos teores de nitrato que atingiram 28,64mm no rio Ipojuca e 17 mm na bacia do Pina.

É interessante ressaltar que, no estuário do rio Ipojuca, foi registrado a ocorrência de zonas poluídas e semi-poluídas na parte mais interna do estuário. O surgimento dessas zonas demonstra que o referido estuário ainda vem recebendo forte carga poluidora na época da moagem de cana-de-açúcar, quando são freqüentes os lançamentos de vinhoto no ecossistema (KOENING, 1997).

A presença deste tipo de poluição contribui, através da mineralização da matéria orgânica, com novos suprimentos de nutrientes, favorecendo densidades mais elevadas a montante do estuário.

## **6.2 VARIAÇÕES MORFLÓGICAS DE *Skeletonema costatum***

Os impactos de atividades antropogênicas no fitoplâncton, são sentidos especialmente na estrutura, dinâmica e tamanho. Previamente era reconhecido que a comunidade era responsável por aproximadamente 60–90% da biomassa total ou produção de carbono em águas tropicais (NAYAR, 2005).

A comunidade fitoplanctônica tem sido freqüentemente utilizada como indicadora da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, pois além de ser à base de toda cadeia trófica, o que lhe confere uma grande importância em nível ecológico, figura entre os mais sensíveis do meio aquático (ISO, 1998).

As diatomáceas marinhas exibem uma larga variabilidade morfológica. Cada forma e tamanho tem aparentes vantagens e desvantagens com relação à suspensão na coluna d'água, revolvimento de nutrientes, absorção de luz e predação.

*Skeletonema costatum* destaca-se por ser uma das microalgas de maior ocorrência nos mares de todo o mundo, recebendo com isso o título de cosmopolita e servindo como organismo chave para uma série de diferentes estudos ambientais.

A estrutura celular da espécie, assim como seus processos externos de ligação, formação de cadeias, e aspecto da colônia tem sido investigado, com detalhes, por diversos autores.

Estudos envolvendo ecossistemas degradados, com efeitos nas comunidades biológicas e organismos isoladamente ocorreram em outras partes do mundo. Tais impactos são esperados em organismos fotossintetizantes especialmente o fitoplâncton, que apresenta alterações na estrutura, composição ou fisiologia nos variados ambientes.

Na tentativa de apresentar o comportamento morfológico da espécie nos estuários selecionados, serão realizadas comparações das características celulares com outros estudos (Tabela 3), considerando os parâmetros analisados no presente estudo. Para isso foram selecionados trabalhos que abordassem as características morfológicas, fisiológicas e influências sofridas pela espécie por interferência de alguns fatores ambientais.

**Tabela 3** – Registro do diâmetro da *Skeletonema costatum* descrito por alguns autores em diferentes regiões costeiras.

<b>OCORRÊNCIA DA ESPÉCIE</b>	<b>DIÂMETRO CELULAR (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Bacia do Pina (PE) (área estudada)	<b>6,3-16,2 <math>\mu\text{m}</math></b>
Rio Ipojuca (PE) (área estudada)	<b>12,3-15,4 <math>\mu\text{m}</math></b>
Material tipo (Greville) CLEVE (1873)	6,0-15,0 $\mu\text{m}$
Águas costeiras da Califórnia (USA) CUPP (1943)	3,0-20,0 $\mu\text{m}$
Águas costeiras de Washington (USA) CUPP (1943)	2,5-20,8 $\mu\text{m}$
Águas costeiras da Finlândia, CLEVE-EULER (1951)	4,5-16,0 $\mu\text{m}$
Águas costeiras de Londres, HENDEY (1964)	4,5-15,0 $\mu\text{m}$
Baía de Honk Kong (Japão) ZINGONE et al. (2005)	5,0-16,0 $\mu\text{m}$
Baía de Narragansett (Oceano Atlântico Norte) SARNO et al. (2005)	2,0-10,5 $\mu\text{m}$

Nos ambientes estuarinos estudados a **altura dos espinhos** foi à característica que praticamente não sofreu alteração significativa (7,9-10,8-m), no rio Ipojuca e (5-8-m), (na bacia do Pina), demonstrando que os indivíduos pertenceram a uma mesma população. Apesar de não ser um critério muito utilizado nos trabalhos de taxonomia clássica e indicação de modificações da espécie, passa a ganhar maior importância, dentro de uma abordagem detalhada, utilizando a microscopia eletrônica.

Segundo Housley et al. (1975) os feixes que unem as valvas adjacentes são descritos como tubos abertos entre as células que provêm do citoplasma. Castellvi (1971) notou que a forma dos feixes podem ser tubulares e fechados, ficando abertos em filamentos mais velhos. Observando a espécie em microscópio eletrônico de transmissão sugere-se que os feixes são canais realmente abertos, finalizando em dois cilindros ocos que convergem na área intercelular. Os tubos (espinhos) são responsáveis pela formação das colônias.

Além desses aspectos, Zingone (2005) considera que os espinhos são processos externos de uma estrutura denominada fultopórtula, são liberados na célula terminal, em forma de tubos abertos ao longo do comprimento celular, finalizando com uma estrutura semelhante a garras. Nas valvas intercalares os processos da fultopórtula são fechados e achatados com um pequeno orifício na sua base. Cada tubo se conecta a outro tubo da célula adjacente.

Corroborando com essas informações, Sarno et al. (2005) destaca que os processos externos da fultopórtula, na verdade, estão localizados na margem do círculo marginal da válvula contendo três poros satélites. Seu comprimento revela um tubo aberto ou fechado, que são orientados perpendicularmente à face valvar, e suas ligações terminais, formam colônias retas e alongadas. Essa característica tornou-se muito importante na identificação das espécies, resolvendo assim um problema de classificação.

De acordo com os autores acima citados os processos externos da fultopórtula (espinhos) participam da separação de espécies, sendo observadas suas características gerais e forma de conexão com células adjacentes da colônia. Além disso, através de modificações de fácil visualização, oportunizam a identificação de alterações em seu habitat.

Na espécie *S. costatum* o número de células por colônia é uma característica taxonômica pouco utilizada, uma vez que não atende a um padrão de ocorrência, podendo sofrer interferência do seu ciclo de vida ou de fatores externos como situação do ambiente, período sazonal e ciclo de marés. Nos ecossistemas em questão foram verificadas diferentes variações no número de células, nos dois ambientes.

No estuário do rio Ipojuca as variações ocorridas apresentaram maiores valores (3,1-10,0 $\mu$ m), representando as maiores colônias do estudo. Os menores números de células ocorreram com o afastamento do período de chuvas, não apresentando grandes diferenças relacionadas às marés. Na da bacia do Pina a variação foi bastante tênue (3,1-6,6 $\mu$ m) demonstrando colônias pequenas com maiores valores no período seco.

Muitas diatomáceas formam colônias em cadeias de comprimento extenso. O que determina o comprimento da colônia ou número de células por colônia inclui: temperatura, nutrientes, disponibilidade de luz e taxa de divisão celular. As diatomáceas encadeiam aumento do comprimento em condições de crescimento favorável indicadas como taxas de crescimento mais altas (BROCKMANN et al., 1977; KISS et al., 1994).

Smayda e Boleyn (1996), estudaram o efeito de taxa de crescimento da população e o comprimento da colônia de *S. costatum* em meio a grande disponibilidade de nutriente e altas temperaturas. Foi verificado que a taxa de afundamento de *S. costatum* está relacionada inversamente ao número de células por cadeia, independente da idade da cultura. Colônias mais longas ajudam a diatomácea a permanecer na zona eufótica diminuindo a taxa de sedimentação que é alcançada através do aumento da área de superfície em relação ao volume. Permanecer na zona eufótica é vantajoso para o crescimento das diatomáceas, pois, favorece a fotossíntese. É observada uma correlação positiva entre taxa de crescimento e comprimento de cadeia celular.

Outro fator de grande interferência na formação de cadeias de *S. costatum* é a turbulência. Ferreira et al., 2007 (no prelo) afirmam que condições de alta energia também eliminam espécies de diatomácea, gerando um encurtamento das cadeias. Um estado contínuo de baixa energia das regiões costeiras é um meio que previne a formação de acumulações de diatomáceas.

Nas populações observadas a altura celular foi um parâmetro que apresentou respostas diferenciadas nos dois ambientes. No estuário do rio Ipojuca as células apresentaram medidas variando entre 8,1-10,1 $\mu\text{m}$ , demonstrando alterações mínimas. As maiores medidas celulares ocorreram no período de chuvas, sendo possivelmente influenciadas pela maior concentração de nutrientes nitrogenados, que apresentaram correlação positiva. Essas variações no estuário da bacia do Pina estiveram bastante acentuadas com medidas de 6,3-16,2 $\mu\text{m}$ , com a maior altura celular ocorrendo no período seco, acompanhada com o aumento da transparência e salinidade. Apesar da elevada distância entre os valores, nesse estuário essa variação não foi considerada significativa, por haver presença de pico na altura celular.

No entanto o diâmetro celular foi o caractere morfológico que apresentou maiores variações, sendo considerado um parâmetro significativo de análise. Nas populações estudadas ocorreu, desde pequenas oscilações de (4,5-6,7 $\mu\text{m}$ ), na bacia do Pina, até grande diferença de valores, (12,3 a 15,4 $\mu\text{m}$ ) no rio Ipojuca. A grande distância entre os valores está associada a um pico na medida desse parâmetro.

Alves et al. (apud ESPÍNDOLA et al., 2000) demonstraram a grande fragilidade das células de *S. costatum* quando em exposição a altas concentrações de amônia nos efluentes da Companhia Siderúrgica de Tubarão. A espécie foi utilizada para determinar o efeito tóxico crônico à biota aquática, por meio de testes de toxicidades. Com a exposição de células de microalga em crescimento exponencial a concentrações das algas em 72 horas, com medição de densidade a cada 24 horas, foi percebida a inibição do crescimento celular de 50%, através da diminuição do crescimento da célula em comparação ao controle.

Em condições idênticas, Silva et al. (apud ESPÍNDOLA et al., 2000) ao analisarem o esgoto bruto (afluente) e o efluente da estação de tratamento do Balneário Camboriú, utilizando também a *S. costatum* para testes ecotoxicológicos, confirmaram a inibição de seu crescimento, mostrando a extrema sensibilidade da espécie para detectar, preliminarmente, a toxicidade de águas residuais de áreas urbanas.

Medlin (1995), também informou que a variabilidade morfológica da célula é inconstante dentro de uma espécie. Mais adiante, isto o levou a acreditar na troca do domínio do tamanho celular em cima da outro, servindo como uma resposta adaptável à avaliação da

radiação fotossintética. Em contraste, Nayar et al. (2005) verificou que células de tamanho maior dominaram a comunidade na sub-superfície na maioria das estações estudadas. Isto foi demonstrado pelas medidas de concentrações da clorofila e fixação de carbono, como também, as imagens de fotomicrografias das células.

Patel et al. (2005) salientou que os efeitos da turbulência e mistura (diminuição da incidência de luz) provocam alterações, podendo haver redução na taxas de crescimento da diatomácea *S. costatum* no ambiente.

Weckstro; Juggins (2005), verificaram que em águas turvas as condições ficam desfavoráveis para as diatomáceas bênticas. Os nutrientes explicaram uma proporção mais alta da discrepância em comparação com a salinidade que é relativamente curta. A salinidade respondeu por uma proporção mais alta da variação nos dados de diatomáceas comparada com nutrientes (CLARKE et al. 2003). A presença de vários organismos, como *Skeletonema costatum* poderia ser também atribuída ao enriquecimento moderado de nutrientes, como têm sido mostrado, em muitos casos, intermediando níveis de produtividade para aumentar a diversidade de comunidades aquáticas (IRIGOIEN et al., 2004).

Liu et al. (2005) observaram que a dominância de *S. costatum* na baía estava associada a grande descarga de nutrientes causada pelas fortes chuvas no período, principalmente nitrogênio inorgânico. A baixa salinidade e o aumento da temperatura (22,7 a 26,5 °C) também influenciaram a grande representatividade da espécie, confirmando sua adaptação fisiológica a certas condições ambientais. Possui maior taxa de crescimento com elevada concentração de nitrato, menores temperaturas e baixa salinidade, tornando-se um excelente competidor em ambientes eutrofizados.

Segundo Gallagher (1983), morfologicamente as células com tamanho diferenciado em *S. costatum*, não foram atribuídos aos nutrientes, mas foi observado que seria uma estratégia de reprodução assexual. Segundo o autor, várias espécies de diatomáceas epilíticas, apresentam variação de tamanho descrita em uma população natural respondendo a condições ambientais diferenciadas. Baseado nas observações de seu estudo e em revisão da literatura é sugerido que *S. costatum* pode ser, de fato, uma espécie cujo domínio relativo no ambiente pode ser controlado pela quantidade de luz disponível.

Nayar (2005), observou que o tamanho das células de *S. costatum* está relacionado com a capacidade fotossintética, através das radiações luminosas. A espécie respondeu aos baixos valores da radiação fotossintética, registrando um aparente domínio de células com tamanho maior (20–200µm) na comunidade. Nos resultados do monitoramento do mesocosmos foi demonstrado que células de diferentes tamanhos existiam ao mesmo tempo na coluna de água. No mesocosmos envolvendo águas superficiais, expostas as baixas condições de luz, e águas da sub-superfície expostas a condições de alta luminosidade, à mudança de células menores para as células maiores ou vice-versa demonstra que, em alta luminosidade, indivíduos com células menores dominam preferencialmente, e em baixa luminosidade indivíduos com células maiores assumem a preferência.

Considerando todas as variações presenciadas na espécie, nos dois estuários, foi possível traçar uma clara ligação com alguns parâmetros ambientais. Apesar de ter sido constatada a ocorrência da *S. costatum* no estuário da bacia do Pina, resistindo a graus de eutrofização, esteve melhor representada nesse ambiente durante o período seco, onde foram encontrados menores valores de nutrientes e melhores condições de luminosidade, o que não impediu um aspecto frágil da célula.

È importante ressaltar que, o melhor comportamento da espécie foi verificado no estuário do rio Ipojuca com maiores medidas das características taxonômicas inventariadas, incluindo o diâmetro, considerado melhor parâmetro de análise. Apesar de sua melhor representação ter ocorrido durante o período chuvoso, com maiores concentrações de nutrientes, estes não apresentaram valores extremos. Este fato foi compensado por salinidades mais baixas e maior quantidade de silicato, conferindo às células forma semelhante à sua descrição original, confirmando a característica bioindicadora da espécie.

### **6.3 ASPECTOS QUANTITATIVOS DE *Skeletonema costatum***

Variações no regime meteorológico, características geomorfológicas regionais e os impactos antropogênicos nas áreas costeiras, estabelecem em conjunto, o regime hidrográfico de cada região e, conseqüentemente, as características taxonômicas e a dinâmica espaço-

temporal de suas comunidades fitoplanctônicas, ocasionando modificações quali-quantitativas (BRANDINE et al. 1997).

Os valores de densidade celular da *S. costatum* de maneira geral não apresentaram grandes diferenças entre os períodos estudados ocorrendo picos no período chuvoso (48152,3 cels.L<sup>-1</sup>), no rio Ipojuca e durante o período seco (52731,6 cels.L<sup>-1</sup>), na bacia do Pina, representando os maiores valores quando comparados os dois ambientes.

Seeliger; Cordazzo (2000) analisando o fitoplâncton verificaram que a biomassa média anual de fitoplâncton e as taxas de produção variam significativamente entre anos, devido às diferenças no volume das chuvas. Após a intrusão de água salgada na primavera e no verão, diatomáceas eurialinas e neríticas como *Skeletonema costatum* atingem densidade (106-109 células. L<sup>-1</sup>). A exportação desses organismos, como carbono orgânico particulado durante a vazante, é em parte responsável pelo enriquecimento da água costeira.

A taxa de crescimento de *S. costatum* não diminuiu enquanto, concentrações de clorofila “a” caíram, em reduzidas concentrações de nutrientes. É informado que freqüentemente quando a taxa de crescimento algal está reduzida, como resultado da limitação de nutrientes, a atividade fotossintética (como um indicador da clorofila “a”) também está reduzido (CULLEN, 1982; GEIDER et al., 1993).

Segundo Morozova e Orlova (2005) a diatomácea *Skeletonema costatum* é uma espécie indicadora da eutrofização da água, além de ser um permanente componente do fitoplâncton. Em áreas eutrofizadas suas células podem exceder 8 milhões de cells/ L<sup>-1</sup>. Porém, o abundante desenvolvimento de *S. costatum* pode estar relacionado a células dessa espécie que podem sobreviver três anos, pelo menos, descansando acumuladas no fundo dos ambientes, esperando ocorrer novamente condições ambientais favoráveis para retornar, surgindo com isso explosões esporádicas desta microalga.

Mudanças em concentrações de nutrientes causam freqüentemente alterações na proporção carbono: clorofila “a” do fitoplâncton e, esta relação é usada como um índice informativo do estado nutricional das populações. Uma forte correlação entre o carbono: clorofila “a”, nutriente (como também luz) foi notada limitando o crescimento relativo das taxas de algas (CULLEN, 1982; CULLEN, 1992).

Diversos autores têm observado que, as variações quantitativas ocorridas na densidade celular também estão relacionadas aos períodos anuais. Atribuem grande importância à precipitação pluviométrica, podendo influenciá-la direta ou indiretamente (KOENING e ESKINAZI-LEÇA, 1991).

Segundo Philips et al. (2002), a precipitação pluviométrica provoca uma elevação considerada na quantidade de partículas em suspensão, diminuindo consideravelmente a zona fótica. O maior aporte fluvial gerado por essa variável contribui intensamente para a redução dos índices quantitativos do fitoplâncton. Por outro lado, constatam-se maiores concentrações de nutrientes. Esse tipo de relação é geralmente detectada em áreas fortemente impactadas (ESKINAZI-LEÇA, 1991).

Segundo a autora, em áreas com forte influência terrígena, é esperado um maior florescimento de organismos do fitoplâncton no período de estiagem em que as condições climatológicas são mais amenas e observa-se que a luminosidade é mais elevada, aumentando a transparência da água.

Dos estuários avaliados a bacia do Pina, apresentou os maiores valores de densidade, verificados no período de menor precipitação pluviométrica, onde, apesar de não haver altas concentrações de nutrientes, sua presença ainda é significativa, mediante a não assimilação durante o período chuvoso. Esse fator, aliado à disponibilidade do fosfato e silicato, em presença de maior luminosidade, garantem a explosão da espécie.

No entanto, mesmo não sendo obtido os mesmos valores de densidade da bacia do Pina, os resultados de células por litro no rio Ipojuca também alcançaram picos durante o período chuvoso, onde a interferência dos nutrientes, em concentrações toleráveis à espécie e a baixa salinidade, contribuíram para o crescimento da população.

O biovolume celular apresentou valores elevados no estuário do rio Ipojuca praticamente nos dois períodos sazonais. No biovolume total ocorreram picos nos dois ambientes, durante o período chuvoso ( $78343792,1 \text{ mm}^3$ ), no estuário do rio Ipojuca e no durante período seco ( $39305074,7 \text{ mm}^3$ ), na bacia do Pina.

Segundo Lugo-Vizcaino (2003) registraram que a *S. costatum* faz parte de um grupo de microalgas, independente da classificação, que sofre influência da temperatura e salinidade onde o maior e menor biovolume não forma um padrão interespecífico que permita relacioná-las entre si. Nesse estudo o biovolume de *S. costatum* correspondeu a  $113 \text{ org.ml}^{-1}$ . De acordo com o autor, não se pode determinar que as variações nas populações fitoplanctônicas, nem tão pouco as mudanças no tamanho celular e biovolume, sejam explicadas pela influência dos parâmetros hidrológicos, podendo estar relacionadas à fixação com formol.

A maioria destes estudos assume que há uma relação linear entre biomassa do fitoplâncton e concentração de clorofila “a”. Porém, há vários fatores intrínsecos que afetam o conteúdo de clorofila “a” de fitoplâncton, como revelado em nosso estudo. O biovolume total e clorofila “a” contidas em todas as células mostradas em uma determinada concentração nutriente tem havido grande separação entre espécies.

Eker-Develi (2004) informou que concentrações de clorofila “a” eram altas quando o biovolume total do fitoplâncton era baixo ou vice-versa. Semelhante a essa relação carbono: clorofila “a”, relação fluorescência: clorofila “a” também é usada para determinar limitação de nutrientes.

---

*“Louvado seja, meu senhor, pelo irmão Sol, pois ele é dia e nos ilumina,  
ele é belo e radiante, com grande esplendor, e tras teu sinal, ó Altíssimo.”*

*Louvado seja, meu senhor,*

*Pela irmã água, que é muito útil, humilde, preciosa e casta.*

*Louvado seja, meu senhor, pela nossa irmã e mãe terra,  
que nos alimenta e governa e produz variados frutos e coloridas flores e ervas.*

*São Francisco de Assis*

## ***CONCLUSÕES***

---



## 7 CONCLUSÕES

---

- A avaliação da qualidade da água expressa através dos parâmetros físico-químicos, permitiram diagnosticar as condições ambientais dos estuários em questão, evidenciando as diferentes interferências antrópicas, representadas, principalmente, pelo aporte de nutrientes;
- As características morfológicas da diatomácea *Skeletonema costatum* não apresentaram grandes variações sazonais ou nos ciclos de marés em ambos os estuários, demonstrando existir populações únicas em cada ambiente;
- Através da comparação entre os estuários foi possível perceber que uma série de variações morfológicas e quantitativas ocorreu ao longo do estudo, principalmente no diâmetro e biovolume celular demonstrando ser os melhores parâmetros de avaliação da espécie, sendo considerados significativos pelo teste “t”.
- O melhor desenvolvimento da *S. costatum* foi verificado no estuário do rio Ipojuca, onde a espécie apresentou maiores medidas celulares, colônias longas e aspecto robusto, mediante as concentrações toleráveis de nutrientes, salinidades mais baixas e disponibilidade de silicato, o que revela condições ambientais ideais para o desenvolvimento da espécie.
- A alta densidade celular na bacia do Pina esteve diretamente relacionada com a elevada quantidade de nutrientes, destacando o fósforo, que podem favorecer o florescimento fitoplanctônico. Um maior incremento celular ocorreu no período seco, quando a luz torna-se mais disponível. Os elevados valores de densidade dessa espécie conferem um caráter eutrófico ao ambiente.
- As observações realizadas na espécie puderam confirmar sua característica de bioindicadora de poluição, funcionando como ferramenta eficiente na indicação da saúde ambiental.

---

*“Eu conheço os rios.  
Eu conheço os rios tão antigos como o mundo, e mais velhos que o fluxo de sangue nas veias humanas.  
Minha alma é tão profunda como os rios.  
Eu me banhei no Eufrates, na aurora da civilização.  
Eu fiz minha cabana na margem do Congo, e suas águas me cantaram uma canção de ninar.  
Eu vi o Nilo, e construí as pirâmides.  
Eu escutei o canto do Mississipi”.*  
*“Minha alma se tornou tão profunda como os rios”.*

*Autor desconhecido*

---

## ***REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS***

---



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABEL, P. D. **Water pollution biology**. New York, John Wiley. 1989.

ABREU, P. C. O. V. & CASTELLO, J. P. Estuarine-marine interactions. In: Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP (eds) Subtropical convergence environments: **The coast and sea in the southwestern Atlantic**. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 179-182, 1997.

ABREU, P. C. O. V.; ODEBRECHT, C. & GONZÁLEZ, A. Particulate and dissolved phytoplankton production of the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: comparison of methods and influencing factors. **J. Plankt. Res.**, v. 16, p. 737-753, 1994.

ABREU, P. C. O. V. **Variações temporais de biomassa fitoplanctônica (clorofila-a) e relações com fatores abióticos no canal de acesso ao estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil)**. Tese de Mestrado, Universidade do Rio Grande, 1987, 107 p.

AGAWIN, N. S.R.; DUARTE, C.M.; AGUSTÍ, S. McMANUS, L. Abundance, biomass and growth rates of *Synechococcus* sp. in a tropical coastal ecosystem (Philippines, South China Sea). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London, v. 56, p. 493-502, 2003.

AGENDA 21: **Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. São Paulo, 1992.

ALVERSON, Andrew J. & KOLNICKA, Leanne. Intragenomic Nucleotide Polymorphism Among Small Subunit (18S) rDNA Paralogs in the Diatom Genus *Skeletonema* (BACILLARIOPHYTA). **Journal of Phycology**. V. 41, p. 12-48. 2005.

ALVES, C. Pelos caminhos do Capibaribe. **Jornal do Commercio**, Recife, 14 maio de 1995. Caderno Cidades, p. 1-3. 1995.

ALVES, J. P.; AGUIAR, W. V.; EFFIGEN, J. I.; ANT'ANA, A. P.; ROSSI, L. A.; ASSIS, C. A. Avaliação ecotoxicológica utilizando *Skeletonema costatum* (Grevill) Cleve (Bacillariophyceae) em efluentes da Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) antes e depois de melhorias do sistema de tratamento de amônia. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; BOTTA-PASCHOAL, C. M. R.; ROCHA, O.; BOHER, M. B. C.; OLIVEIRA-NETO, A. L. de (editores) **Ecotoxicologia: Perspectivas para o século XXI**. São Carlos, São Paulo, Rima, 2000, 275 p.

ANDE, F.; XISAN, J. Tidal effect on nutrient exchange in Xiangsham Bay, China. **Marine Chemistry**, Amsterdam, v. 27, n. 3/4, p. 259-281, 1989.

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. Recife: EDUFPE, **Notas e Comunicações de Geografia**, Série B, Textos Didáticos, n. 11, 1992, 72 p.

ARAGÃO, J. O. R de. **Fundamentos de meteorologia e relação oceano-atmosfera**. Recife: o Autor, 2000. 60 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**: procedimento NBR 14724. Rio de Janeiro: ABNT, 2001b. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Apresentação de citações em documentos**: procedimento NBR 10520. Rio de Janeiro: ABNT, 2001a. 4p1

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento – apresentação**: procedimento NBR 6023. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento – apresentação**: procedimento NBR 6024. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b. 2p.

BOHLEN, W. F.; CUNHDY, D. F.; TRAMONTANO, J. M. Suspended material distribution in the wake of estuarine channel dredging operations. **Estuarine and Coastal marine Science**, London, v. 9, n. 6, p. 699-711, 1979.

BOLDRINI, PROCOPIAK, E. B.; KNECHTEL, L. **Diagnóstico, Dificuldades e Medidas Preventivas Contra a Bioinvasão de Espécies Exóticas por Água de Lastro de Navios nos Terminais Portuários da Ponta do Félix S.A.** Porto de Antonina-PR. 2002.

BONEY, A. D. **Phytoplankton**. 2 ed. London: Edward Arnold, 1989. 18-40 p.

BRAGA, R. A. P.; MOURA, H. F. & DUARTE, M. T. Impactos ambientais sobre a estrutura do manguezal de Suape. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.. **Projeto Avaliação de Impactos Ambientais em Zonas Estuarinas de Pernambuco**. Departamento de Biologia Geral. Laboratório de Ecologia, Recife, p. 32-42, 1989.

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**. N. 4, n. 40, p. 334-341, 1988.

BRANDINI, F. P. **Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil: Diagnose e Revisão Bibliográfica**. FEMAR, Rio de Janeiro: v.1, 1997. 196 p.

BRANDINI, F. P. & THAMM, C. A. Variações diárias e sazonais do fitoplâncton e parâmetros ambientais na Baía de Paranaguá. **Nerítica**, v. 8, n. 1-2, p. 55-72. 1994.

BROCKMANN, U. H.; HEBERLEIN, K.; HENTZCHEL, G.H.K.; SCHONENE, H. K.; SIEBERS, D.; WANDSCHNEIDER, K.; WEBER, A. Parallel plastic tank experiments with cultures of marine diatoms. **Helgol. Wiss. Meeresint.**, v. 30, n. 1-4, p. 227-242, 1977.

CASTELLVI, J. Contribuição a la biologia de *Skeletonema costatum* (Grev.) Clev. **Investigacion Pesq.**, v. 35, p. 365-520, 1871

CAVALCANTI, L.B. & KEMPF, M. **Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). II. Meteorologia e hidrologia**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, v. 9, n. 11, p. 149-158, 1970.

CAVALCANTI, L. B.; COELHO, P. A.; ESKINAZI-LEÇA, E. et. al. Condiciones ecológicas em el area de Suape (Pernambuco-Brasil). In: **Seminário sobre el Estúdio Científico e Impacto Humano em el Ecosistema de manglares**. UNESCO. Cali, p. 243-256, 1980.

CLARKE, A.; JUGGINS, S.; CONLEY, D. A 150-year reconstruction of the history of coastal eutrophication in Roskilde Fjord, Denmark. **Mar. Pollut. Bull.** v. 46: 2003, p. 1615–8.

CLEVE, P. T. **Examination of diatoms found on the surface of the sea of java**. Bih. Kongl. Svensk. –Akad. Handl. 11:3-13. 1873

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965** - (D.O.U. DE 16/09/65).

COELHO, P. A.; TORRES, M. F. A. Áreas estuarinas de Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v. 17, p. 67-80, 1982.

CONDEPE (Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco). **Perfil fisiográfico das bacias hidrográficas do estado de Pernambuco**. Recife, v.1.FEITOSA,1988). 1980

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CNUMAD) **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Agenda 21**. Brasília: Senado Federal, 1992

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO (CONSEMA). **Resolução nº 02/2002, de 15 de outubro de 2002**, (D. O. E. 15/10/2002) Pernambuco, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) **Resolução nº 004, de 18 de setembro de 1985** – (D. O. U. 18/09/85), Brasília, 1985.

COSTA, K. M. P. **Hidrologia e biomassa primária da região Nordeste do Brasil entre as latitudes 8°00' 00'' e 2°44'30''S e as longitudes de 35°56'' e 31°48'00''W.1991.217 f** Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)-Departamento de Oceanografia, Universidade Federal dePernambuco, Recife,1991.

COSTA, M. F.; ARAÚJO, M. C. B. de.; CHAGAS, A. C. O.; SANT'ANNA JR.; SOUZA, S. T. de. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMAN-LEITÃO, S. **Oceanografia: Um cenário tropical**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. Recife, Bagaçó, p. 319-343. 2004.

COUTINHO, A. M. A Fundamentos de climatologia. (**Notas e Comunicações de Geografia**; Série B: Textos didáticos, n. 10). Recife: EDUFPE, 1991. 44 p.

CPRH (COMPANHIA PERNAMBUCANA DE RECURSOS HÍDRICOS). **Relatório das indústrias e carga potencial, remanescente e equivalente da bacia do rio Ipojuca**. Recife, 1995, (não paginado).

CULLEN, J. J. Nutrient limitation of photosynthesis. In: Falkowski, P. G.; Woodhead, A. D. (eds.). **Primary productivity and biogeochemical cycles in the sea**, Plenum Press. New York, 1992, p. 69–88.

CULLEN, J. J., **The deep chlorophyll maximum: comparing vertical profiles of chlorophyll a**, Can. **J. Fish. Aquat. Sci.** V. 39, 1982. p.791–803.

DAMATO, M. O emprego de indicadores biológicos na determinação de poluentes orgânicos perigosos. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo, EDUC/COMPED/INEP, 2001. 255p.

DECRETO FEDERAL CORTE, A EXPLORAÇÃO E A SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO. Lei nº **750/93, de 10 de fevereiro de 1993** – (D. O. U. 10/02/93) Brasília, 1993.

EDLER, L. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea: phytoplankton and chlorophyll. **The Baltic Marine Biologists**, n.5, p. 1-38, 1979.

EKER-DEVELI, E.; KIDEYS, A. E.; TUGRUL, S. Effect of nutrients on culture dynamics of marine phytoplankton, **Aquat. Sci.**, v. 68, 2006, p. 28 –39.

ELLIOTT, M.; MCLUSKY, D. S. **The need for definitons in undestanding estuaries.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, [S.l.], Elsevier. n. 55, p.815-827, 2002.

ESKINAZI-LEÇA, E. & SATO, S. Contribuição ao estudo das diatomáceas da Praia de Piedade. **Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. PE, Recife.** n. (5-6), p. 73-114, 1963.

ESKINAZI-LEÇA, E.; MOURA, A. N.; CUNHA, M. G. S.; KOENING, M. L., *in* **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco** (org.) TABARELLI, M. SILVA, J. M. C. Recife. Secretaria de Ciência e Tecnologia. 2002.

ESKINAZI-LEÇA, E. & KOENING, M. L. **Distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) na área de Suape (Pernambuco-Brasil).** Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco 19: 73-100, 1985/86.

ESKINAZI-LEÇA, E. Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil). 3. Diatoms from the São Francisco River mouth. **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE, Recife.** n. (9-11), p. 181-192, 1967/69.

ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. O. **Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). IV Aspectos quantitativos do fitoplâncton.** Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 13, p. 83-106, 1972.

ESKINAZI-LEÇA, E.; SILVA-CUNHA, M. da G. G.; KOENING, M. L. **Condições ecológicas da área do Porto do Recife. 2. Comportamento anual do fitoplâncton.** In: CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 4., **Resumos...** Recife: SNE, 1991. 22 p.

ESKINAZI-LEÇA, E. **Estudo ecológico do fitoplâncton na plataforma de Pernambuco.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON, 4, Recife. **Resumos...** Recife:1990,54 p.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L.; SILVA, M. da G. G.; SANT'ANNA, E. E. **Hidrologia e plâncton da plataforma continental de Pernambuco. 3. Fitoplâncton.** III Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro, Fortaleza, p. 373-401, 1988.

ESPINO, P. S. M.; PEREZ, V. I. C. **Organismos Indicadores de La Calidad Del Agua y da la Contaminacion (Bioindicadores).** México; Plaza y Valdez S. A. 2002.

FACCA, C.; SFRISO, A. SOCAL,G. Changes in abundance and composition of phytoplankton and mycrophytobenthos due to increase sediment fluxes in the Venice lagoon, Itly. **Estuarine, Coastal and Shelf Science, London,** v.54, p.773-792, 2002.

FEITOSA, F. A. do N.; **Produção Primária do Fitoplâncton correlacionada com Parâmetros Bióticos na Bacia do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil)**. Dissertação de Mestrado. UFPE, 1988.

FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R; COSTA, K. M. P. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na bacia do Pina (Recife – PE). **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE.** 27 (2), 1999, 1-13.

FEITOSA, F. A. N.; PASSAVANTE, J. Z. O. Variação sazonal da biomassa primária fitoplanctônica na bacia do Pina (Recife-PE). **Trabalhos Oceanográficos**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 21, p. 33-46, 1990.

FIDEM-FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE. **Macrodrenagem: Plano Diretor**. Recife. Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, 1980. 260 p.

FLORES MONTES, M. de J. **Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá**, Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica)- Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1996. 201 p.

FRENCH, P. W. Coastal and estuarine management. London: **Routledge**, (Routledge Environmental Management Series), 1997. 251 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1993). **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 62 p.

GALLAGHER, J. C.; WOOD, A.M. & ALBERTE, R.S. Ecotypic differentiation in the marine diatom *Skeletonema costatum*: influence of light intensity on the photosynthetic apparatus. **Mar. Biol.** 82:121-34, 1984.

GALLAGHER, J. C. Cell enlargement in *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae). **J. Phycol.** v. 19, p. 539-42, 1983.

GALLAGHER, J. C.. Physiological variation and electrophoretic banding patterns of genetically different seasonal populations of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae) in **J. Phycol.** 18:148-62, 1982.

GALLAGHER, J. C. Population genetics of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae) in Narragansett Bay. **J. Phycol.** 16:464-74, 1980.

GARAY, I. E. C.; DIAS, B. F. S. **Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento.** Petrópolis. Vozes. 2001. 430 p.

GEIDER, R. J.; LA ROCHE, J.; GREENE, R. M.; OLAIZOLA, M. Response of photosynthetic apparatus of *Phaeodactylum tricorutum* (Bacillariophyceae) to nitrate, phosphate, or iron starvation. **J. Phycol.** v. 29, p. 755–66, 1993.

GRASSHOFF, F. K.; ENRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis.** 2. ed. Nova Iorque: Verlag Chemie, 1983. 419 p.

GREEN, J. **The biology of estuarine animals.** London: Sidgwick de Jackson, 1968. 401 p.

GREVILLE, R. K. Description of new and diatoms. Series 16. **Trans. Micr. Soc London**, n. 13, 1865, p. 43-57.

HARVEY, H. W. **The Chemistry and Fertility of Sea Waters.** Cambridge: University Press. 1957. 234 p.

HARRIS, G. P. **Phytoplankton ecology:** structure, function and fluctuation. London: Chapman and Hall, 1986. 384 p.

HASLE, G. R. Morphology and taxonomy of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae). Norw. **J. Bot.** n. 20, p. 09-37, 1973.

HOUSLEY, H. L., Scheetz, W.; Pessoney, G. F. Filament formation in the diatom *Skeletonema costatum*. **Protoplasma**, n. 86, 363–369, 1975.

HU, HANHUA, SHI, YANJUN, CONG, WEI & CAI, ZHAOLING. Growth and photosynthesis limitation of marine red tide alga *Skeletonema costatum* by low concentrations of Zn<sup>2+</sup>. **Biotechnology Letters**, n. 26, p. 747–751, 2003.

HUISMAN, J.; WESSING, F.J. Biodiversity of plankton by species oscillations and chaos. **Nature**, Londres v.402, n.25, p.407-410, 1999. Disponível em: <<http://www.nature.com>>

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO. CONDEPE. **Caracterização do complexo estuarino-lagunar da área de Suape (Pernambuco-Brasil):** Síntese ecológica. Recife: CONDEPE, v. 1, 1983.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO, CONDEPE. **Perfil fisiográfico das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco**. Recife, v.1, 1980.

IRIGOIEN, X.; HUISMAN, J.; HARRIS, R. P. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. **Nature**, v. 429, p. 863–7, 2004.

ISO. International **Organization for Standardization** – Water quality. Marine algae growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaedactylum tricornutum*. Draft International Standard – ISO/tc 147/SCS/WB 5. Metherlenads. 1988.

KACZMARSKA, I.; BEATON, M.; BENOIT, A. C. Molecular phylogeny of selected members of the order Thalassiosiriales (Bacillariophyta) and evolution of the fucoxanthin. **Journal of Phycology**, v. 42, p. 121-138, 2005.

KISS, K. T.; ÁCS, E.; KOVÁCS, A. Motion of chains in steady shear flow. **Limnol. Oceanogr.**, v. 43 (8), p. 1767-1773, 1994

KLUMPP, A. **Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais**. In: BOLMAN, H. A. et al. (Org.). Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC.COMPED/NEP, 2001. 255 p.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMAN-LEITÃO, S. & MACÊDO, S. J. Impacts of Construction of the Port of Suape on Phytoplankton in the Ipojuca River Estuary (Pernambuco-Brazil). Brazilian Archives of Biology and Technology. **An International Journal**, v. 46, n. 1:p.73-81, 2003.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMAN-LEITÃO, S. & MACÊDO, S. J. Impactos da construção do porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do Rio Ipojuca. **Acta bot. Bras.** 16(4):407-420, Pernambuco, 2002.

KOENING, M. L. **Ecologia e dinâmica do fitoplâncton no estuário do rio Ipojuca, após a implantação do porto de Suape**. 1997. 263f. Tese (Doutorado) – Departamento de Botânica. Universidade Rural Federal de Pernambuco, Recife, 1997.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E. & CARVALHO, F. A. **Análise ecológica da diatomoflora do estuário do rio Ipojuca (Suape-Pernambuco-Brasil)**. **Trabalhos Oceanográficos**, Universidade Federal de Pernambuco 24:61-77, 1996.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E. Aspectos quantitativos do fitoplâncton na área estuarina de Suape (Pernambuco). In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON, 4, Recife, **Anais...** Recife: UFPE, p. 55-60, 1991.

LAVAUD, J.; ROUSSEAU, B.; ANNE-LISE, E. General features of photoprotection by energy dissipation in planktonic diatoms (Bacillariophyceae) **J. Phycol.** v. 38, 2004, p. 881–893 .

LEÃO, B. M. **Biomassa, taxonomia e ecologia do fitoplâncton do estuário do rio Igarassu (Pernambuco, Brasil)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Oceanografia, 71p. (no prelo).

LEI FEDERAL. **Lei dos Crimes Ambientais**, nº 9.605, 12 de fevereiro de 1998.

LEI ESTADUAL. **Lei de Proteção aos Manguezais**. Lei nº 9.931, de 11 de dezembro de 1986 - (D. O. E. de 11/12/86) Pernambuco, 1996.

LEI FEDERAL. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**, nº 7.661, de 16 de maio de 1988.

LIVINGSTON, R. J.; PRASAD, A. K.; NIU, MCGLYNN, X. S. E. Effects of ammonia in pulp mill effluents on estuarine phytoplankton assemblages: field descriptive and experimental results. **Aquatic Botany**, v. 74, p. 343–367, 2002.

LIU, DONGYAN; SUN, JUN; ZOU, JINGZHONG; ZHANG, JING. Phytoplankton succession during a red tide of *Skeletonema costatum* in Jiaozhou Bay of China Dongyan Liu, Jun Sun, Jingzhong Zou, Jing Zhang, **J. Phycol.** 40, 130–137, 2005.

LOEB, S. L. & SPACIE, A. Biological monitoring of aquatic systems. **Lewis Publishers**, London, 1994. 381 p.

LOSADA, A. P. de M, **Biomassa fitoplanctônica correlacionada com parâmetros abióticos, nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba, e na baía de Tamandaré (Pernambuco-Brasil), 2000.88f**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

LOURENÇO, S. de O.; MARQUES JR., A. N. Produção primária marinha. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (Org.) **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 195-227, 2002.

LUGO-VIZCAINO, B. M.; DÍAZ-RAMOS, J. R.; SÁNCHEZ-SUÁREZ, I. G. Biovolumen de algunas diatomeas centricas de la plataforma nororiental de venezuela. Caracas, **Acta Científica Venezolana**, v.54, n.2, 2003.

MACEDO, R. S. ; RÖRIG, L. R. ; URBAN, S. R. ; SILVA, M. A. C. da ; PEREIRA FILHO, J. . Avaliação do efeito das águas superficiais dos estuários dos rios Camboriú e Itajaí-Açu sobre o crescimento da diatomácea *Skeletonema costatum*. **Brazilian Journal of Aquatic Science And Technology**, Itajaí, v. 9, n. 2, p. 9-15, 2005.

MACEDO, S. J.; MUNIZ, K. & MONTES, M. de j. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do estado de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. da. Oceanografia: Um cenário tropical. **Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia**. Recife: Bagaço, 2004. 761 p.

MACEDO, S. J.; FLORES-MONTES, M. J.; LINS, I. C. Características abióticas. In **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais**. Recife: Editora Universitária, pp. 7-25, 2002.

MACEDO, S. J.; KOENING, M.L. **Áreas estuarinas do estado de Pernambuco**. Recife: CPRH, 1987, 350 p.

MCLUSKY, D. S. **The estuarine ecosystem**. 2 ed. New York: Chapman & Hall, 1989. 215 p.

McQUOID, MELISSA R. Pelagic and menthic environmental controls on the spatial distribution of a viable iatom propagule bank on the swedish west coast. **J. Phycol.** 42, 121–138, 2002.

MAIA, P. R.; **Composição e Densidade Fitoplactônica na Bacia do Pina, Recife-PE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 1995. 135 p.

MEDLIN, L. K., LANGE, M., BARKER, G. L. A. & HAYES, P. K. Can molecular techniques change our ideas about the species concept? In: Joint, I. [Ed.] **Molecular Ecology of Aquatic Microbes**. Springer-Verlag, Berlin, pp. 133–52, 1995

MEDLIN, L. K.; ELWOOD, H. .J.; STIGKEL, S. & SOGIN, M. L. Morphological and genetic variation within the diatom *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae): evidence for a new species, *Skeletonema pseudocostatum*. **J. Phycol.** n. 27, p. 514-24, 1991.

MELO, N. A. de. **Diagnóstico geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Cuia**. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. João Pessoa / PB. 2001. 68 f.

MELLO, A. A.; SIQUEIRA, L. P. Levantamento geológico da faixa costeira sul de Pernambuco. Convênio CNEN/UFPE. **Relatório final**. Recife, 1972. 28p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Consórcio. Parceria 21 Cidades Sustentáveis e Elaboração da Agenda 21**. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 2000.

MIRANDA, P. de T. de C.; ESKINAZI-LEÇA, E. & SILVA, M. da G.G. **Microfitoplâncton de algumas Baías do Estado do Maranhão (Brasil)**, 1988.

MIRANDA, B. M.; CASTRO, B.M.; KJERIEVE, B. **Princípios de Oceanografia física de estuários**. São Paulo: EDUSP, 2002. 441 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL – MMA. **Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União**. Brasília: MMA/PNMA, 1996. 280 p.

MORENO, J. L.; LICEA, S. S. **Diatomeas Del Golfo de California**. México: Universidade Automona del Bajo California Sur. 1996. 186 p.

MOROZOVA, T. V.; ORLOVA, T. Y. Monitoring of Phytoplankton in the Area of a Sea Farm in Vostok Bay (Sea of Japan). **Journal of plankton research**. v. 25, n.10, p. 1227–1235, 2005.

NAYAR, S.; GOH, B.P.L. & CHOU, L.M. Dynamics in the size structure of *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve under conditions of reduced photosynthetically available radiation in a dredged tropical estuary. **Journal Experimenta Marine Biology and Ecology** Elsevier B.V. 163-182p. 2005, 318 p.

NEUMANN, V. H. M. L.; MEDEIROS, C.; PARENTE, L.; NEUMANN -LEITÃO, S. & KOENING, M. L., Hydrodynamism, sedimentology, geomorphology and plankton changes at Suape area (Pernambuco-Brazil) after a Port Complex Implantation. **Anais Academia Brasileira de Ciências** 70(2): 313-323, 1998.

NEUMANN, V. H. M. L. **Geomorfologia e sedimentologia quaternária da área de Suape, Pernambuco(Brasil)**. Recife 1995 f. Dissertação (Mestrado em Geociências)-Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco. 1991  
NEWELL, G. H.; NEWELL, R. **Marine plankton: a practical guide**. London: Hutchinson Educat, 1963. 221 p.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 2, 1972, p. 3-51.

NIXON, S. W.; OVIATT, C. A.; FRITHLSEN, J. SULLIVAN, B. Nutrients and the productivity of estuarine and coastal marine ecosystems. **J. Limnol. Soc. Sth. Afr.**, n. 12. p. 43-71, 1986.

NORIEGA, C. E. D. **Influência hidrológica e grau de poluição dos rios Pirapama e Jaboatão no estuário da Barra das Jangadas (PE-Brasil):** Ciclo temporal. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) –Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004. 165 p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

ÖRNÓLFSDÓTTIR, E. B.; LUMSDEN, S. E.; PINCKNEY, J. L. Phytoplankton community growth-rate response to nutrient pulses in a shallow turbid estuary, Galveston Bay, Texas. **Journal of Plankton Research**, v. 26, n. 3, p. 325-339, 2004.

PATEL, D.; THAKE, B.; THORNTON, D. C. O. Effect of light and turbulent mixing on the growth of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyceae). **Marine Biology**, v. 146: p. 633–644, 2005.

PERKINS, E J. **The biology of estuaries and coastal waters**. London: Academic Press, 1974. 678 p.

PERSICH, G. R.; ODEBRECHT, C.; BERGESCH, M.; ABREU, P. C. Eutrofização e fitoplâncton: comparação entre duas enseadas rasas no estuário da lagoa dos Patos. **Atlântica**. Rio Grande, v. 18, p. 27-41, 1996.

PHILIPPI, JR. A; BRUNO, G. C. **Política e Gestão Ambiental** . São Paulo. FSP/USP: 2001.

PINHEIRO, P. C. Programa monitoramento ambiental das atividades de dragagem do canal de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina e Área de Despejo – SUBÁRE “A”, ICTIOLOGIA. CETEC – **Centro de Estudos Técnicos S/C LTDA**, 2004. 56 p.

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (PNMA). **Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989** – (D. O. U. 18/07/89) Brasília, 1989.

RÉ, P.M.A.B. **Biologia Marinha**. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, p. 19-36, 2000.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Constituição Federal**, Brasília, 05 de outubro de 1988.

RESSURREIÇÃO, M. G. **Variação anual da biomassa fitoplanctônica na plataforma continental de Pernambuco: Perfil em frente ao porto da cidade do Recife (08°03'38" Lat., 34°42'28" LongW)**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1990, 360 p.

RILEY, J. P.; CHESTER, R. **Introduction to marine chemistry**. London. Academic Press, 1971. 465p.

ROSS, R.; SIMS, P.A. & GALLAGHER, J. C. **Proposals to conserve the names *Skeletonema* Grev., with a conserved type, and *Skeletonemopsis* P. A. Sims (Bacillariophyceae)**. *Taxon* 45:315-6, 1976.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D.G. **The diatoms biology & morphology of the genera**. Cambridge: University press, 1990. 747p.

SARNO, D.; KOOISTRA, W.C.H.F.; MEDLIN, L.K.; PERCOPO, I. & ZINGONE, A. Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy *S. costatum*-like species, with the description of four new species. **J. Phycol.** 41:151-76, 2005.

SCHAEFER-NOVELLI, Y. Manguéal: **Ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.

SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.V.; OLIVEIRA, C.P.L., & SEELIGER, M. Long-term Changes in Coastal Foredunes of the Southwest Atlantic. **J. Coast. Res.**, 16(4): 1068-1072, 2000.

SILVA, J. P. dos. **Sedimentologia, batimetria, qualidade da água e vulnerabilidade do rio Capibaribe na cidade do Recife – PE**. Dissertação (Mestrado em Geologia sedimentar e Ambiental) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 87 p.

SILVA-CUNHA, M. G. G. **Estrutura e dinâmica da flora planctônica no canal de Santa Cruz –Itamaracá – Pernambuco – Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001. 170 f.

SILVA-CUNHA, M. G. G.; ESKINAZI-LEÇA, E. & ALMEIDA, C.D.P. Taxonomia e ecologia do microfítolâncton do estuário do Rio Timbó (Pernambuco - Brasil). **Trab. Oceanogr.** Univ. Fed. PE, Recife.v. 20, p. 35-51, 1987.

SIMS, P. A. Skeletonemopsis, a new genus based on the fossil species of the genus *Skeletonema* Grev. **Diatom. Res.** n. 9, p. 387-410, 1994.

SKINER, B. J.; TUREKIAN, K. K.; SUGUIO, K. **O homem e o Oceano**. São Paulo. Edgar Blucher, 1996, 155 p.

SMAYDA, T. J.; BLEYN, B. J. Experimental observations on the floatation of marine diatoms II, *Skeletonema costatum* and *Rhizosolenia setigera*. **Limnol. Oceanogr.** v. 11 (1), p. 18-34, 1996.

SMAYDA, T. J. **Primary production and the global epidemic of phytoplâncton blooms in the sea: a linkage?** In: COSPER, E. M., BRICELJ, V. M., CARPENTER, E. J. (eds.). New York: Springer-Verlag, p. 449-484, 1989.

SMAYDA, T. J. The phytoplankton of estuaries. In KUTCHUM, B. H. (ed.) **Estuaries and enclosed seas**. Amsterdam: Elsevier Scientific, cap. 4. p. 65-101, 1983.

STAATS, N.; DECKERE, E. de; KORNMAN, B.; LEE, W. Van der; TERMAAT, R; TERWINDT, J.; WINDER, B. De. Observations on suspended particulate matter (SPM) and microalgae in the Dollard estuary. The Netherlands: importance of late winter ice cover of the intertidal flats. **Estuarine, Costal and Shelf Science**, London, v. 53, p. 297-306, 2001.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin Fisheries Research board of Canada**, Ottawa, n. 167, p. 1 - 205, 1972.

TEIXEIRA, C. ; TUNDISI, J.G.; KUTNER, M.B. Plankton studies in a mangrove environment. II. The standing-stock and some ecological factors. **Bolm Inst. oceanogr.**, S. Paulo, n. 14, p. 13-41, 1965.

TENENBAUM, D. R. **O fitoplâncton numa região tropical costeira impactada pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil)**. Tese. (Doutorado em Ciências Biológicas).Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1995, 243f.

THURMAN, H. V. Introductory of Oceanografy. 8 ed. New Jersey: **Prentice Hall**, 1997, 544p.

TUNDISI, J.G. ; TEIXEIRA, C. ; MATSUMURA-TUNDISI, T. ; KUTNER, M.B. & KINOSHITA, L. Plankton studies in a mangrove environment. IX. Comparative investigations with coastal oligotrophic waters. **Rev. Brasil. Biol.** v. 38, n. 2, p. 301-320, 1978.

TUNDISI, J.G. O plâncton estuarino. Contr. av. **Inst. oceanogr.** n. 19, p. 1-22, 1970.

TUREKIAN, K. K. **Oceanos.** São Paulo: Edgar Blucher, 1969. 151p.

UNCED - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Relatórios**, 1992.

UNESCO. **International oceanographic tables.** Wormley 2, 1973. 141 p.

WECKSTRO, K.; JUGGINS, S. Coastal diatom–environment relationships from the gulf of Finland, baltic sea. **J. Phycol.**, 2005,v. 42, p. 21–35.

VILLAFANE, 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 ficologicos.** [S.l.: s.n.], 1995.

YANEZ-ARANCIBIA, A. **Taxonomia, ecologia e estrutura de lãs comunidades de peces em lagunas costeras com bocas efimeras Del Pacifico de México.** México. Centro de Ciências del Mar y Limnologia, Univerersidad Autónoma, (Publicaciones Especiales, 20), 1978. 3 p.

ZINGONE, A.; PERCOPO, I.; SIMS, P.A.; SARNO, D. Diversyty in the genus Skeletonema (Bacillariophyceae).I. A reexamination of the type material of *S. costatum* with the description of *S. grevillei* sp. Nov. **J. Phycol.** n. 41, p. 140-150, 2005.

# APÊNDICE

**APÊNDICE A** – Médias mensais dos parâmetros climatológicos da área do estuário do rio Ipojuca-PE (Brasil)

<b>1986</b>	<b>Precipit. Pluviom. mm</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Evaporaç. mm</b>
Abril	422,50	30,10	186,00
Maio	305,50	30,00	190,20
Junho	273,00	29,30	175,80
Julho	643,21	28,50	166,80
agosto	174,30	29,30	182,00
Setembro	186,40	29,90	200,00
Outubro	185,20	31,00	219,00
Novembro	127,30	31,00	191,40
Dezembro	144,10	31,00	213,00
Janeiro	90,00	31,00	200,00
Fevereiro	66,20	31,00	179,50
Março	267,20	31,50	208,50

**APÊNDICE B** – Médias mensais dos parâmetros climatológicos da área do estuário da bacia do Pina-PE (Brasil)

<b>1990</b>	<b>Precipit. Pluviom. mm</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Evaporaç. mm</b>
Janeiro	80,00	26,40	165,00
Fevereiro	60,00	25,00	100,00
Março	26,80	27,20	140,00
Abril	390,20	26,60	120,00
Maio	280,00	25,50	90,00
Junho	450,00	24,80	80,00
Julho	550,00	24,20	69,80
Agosto	400,00	24,00	85,00
Setembro	110,00	24,90	125,00
Outubro	90,00	25,70	140,00
Novembro	35,00	26,50	155,00
Dezembro	30,00	26,30	185,20

**APÊNDICE C** – Médias mansais dos parâmetros hidrológicos do estuário do rio Ipojuca-PE (Brasil)

Mês/Ano	Maré	Transp.	Temper.	Salini.	O <sub>2</sub>	pH	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>
Jun./86	BM	0,10	24,80	1,00	4,01	7,10	0,12	9,69	0,45	25,03
	PM	0,10	26,00	4,22	4,66	7,20	0,18	12,48	0,76	99,23
Jul./86	BM	0,20	26,60	1,72	3,59	7,50	0,23	9,96	0,95	53,89
	PM	0,20	25,60	4,03	4,27	7,65	0,48	10,99	1,16	41,830
Ago./86	BM	0,60	27,90	8,28	5,64	7,70	0,38	28,64	1,02	102,92
	PM	0,23	26,50	33,93	6,36	8,35	0,04	1,63	0,45	24,71
Out./986	BM	1,30	29,30	17,09	3,90	7,20	0,06	*	0,60	93,33
	PM	4,00	27,20	35,68	2,71	8,40	0,02	*	0,35	25,40
Nov./86	BM	0,90	28,70	16,82	2,82	7,22	0,05	0,01	0,80	146,10
	PM	2,90	27,90	34,19	5,09	8,30	0,03	0,29	0,21	22,35
Dez./86	BM	1,00	31,30	15,90	4,40	7,76	0,01	1,43	1,16	137,86
	PM	2,70	27,70	33,39	5,48	8,30	0,61	1,66	0,47	26,93

**Legenda:** transparência da água (m), temperatura da água (°C), salinidade da água (ups.), Oxigênio dissolvido (ml.L-1), potencial hidrogeniônico, Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>), Fosfato (PO<sub>4</sub>), Silicato (SiO<sub>2</sub>) (µmol.L-1)

**Nota:** \* = Dado não disponível

**APÊNDICE D** – Médias mansais dos parâmetros hidrológicos do estuário da bacia do Pina-PE (Brasil)

Mês/Ano	Maré	Transp.	Temper.	Salini.	O <sub>2</sub>	pH	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>
Jun./90	BM	0,70	26,80	16,50	0,10	7,60	0,00	2,00	4,00	28,00
	PM	0,80	27,20	33,00	4,30	8,40	0,30	4,00	1,50	30,00
Jul./90	BM	0,10	27,00	30,00	2,90	7,70	0,90	14,00	8,20	40,00
	PM	0,10	25,80	40,00	4,50	8,20	0,70	17,00	6,40	65,00
Ago./90	BM	0,50	26,30	7,00	1,10	7,90	1,00	9,50	6,20	45,00
	PM	0,65	26,70	25,00	7,60	8,10	0,95	13,00	5,40	40,00
Out./90	BM	0,40	23,00	18,50	0,10	8,00	0,00	2,00	12,00	125,00
	PM	1,00	27,60	34,00	3,80	8,30	0,25	4,00	2,50	15,00
Nov./90	BM	0,50	28,50	18,00	0,10	8,10	0,20	2,00	13,70	50,00
	PM	1,00	30,00	30,00	6,00	8,20	0,15	3,50	3,10	5,00
Dez./90	BM	0,60	29,50	17,50	2,60	8,20	0,10	1,50	10,00	20,00
	PM	0,90	30,50	33,00	5,80	8,30	0,60	3,50	2,80	4,00

**Legenda:** transparência da água (m), temperatura da água (°C), salinidade da água (ups.), Oxigênio dissolvido (ml.L-1), potencial hidrogeniônico, Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>), Fosfato (PO<sub>4</sub>), Silicato (SiO<sub>2</sub>) (µmol.L-1)

**APÊNDICE E** – Variação anual das medidas celulares de *S. costatum* no estuário do rio Ipojuca –PE. BM = baixa-mar, PM = preamar,

DP = desvio padrão

MEDIDAS CELULARES	JUN/86				JUL/86				AGO/86				OUT/86				NOV/90				DEZ/90			
	BM		PM		BM		PM		BM		PM		BM		PM		BM		PM		BM		PM	
	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP
ALT. CÉL	10,1	3,886952	8,8	2,22534	8,4	1,14394	8,1	1,65359	0	0	0	0	0	0	0	0	9,5	2,92884	0	0	0	0	0	0
DIA. CÉL	13,4	2,1595	15,4	3,0009	1,43083	12,3	1,08972	0	0	0	0	0	0	0	0	12,9	2,69121	0	0	0	0	0	0	0
BIOVOL. CÉL	1626,879	1529,34012	1732,605	981,6631573	1075,242	283,5208713	967,6875	312,94194	0	0	0	0	0	0	0	0	1273,518	695,25787	0	0	0	0	0	0
MED. ESPI.	10,8	2,73904	10,7	1,85168	10,1	1,77191	10,6	1,18585	0	0	0	0	0	0	0	0	7,9	2,506047	0	0	0	0	0	0
CÉL/COLÔNIA	10	*	6,7	*	3,6	*	3,3	*	0	0	0	0	4	*	3,1	*	3,1	*	0	0	0	0	0	0
DENS. CEL	48152,3	*	5865,2	*	594,1	*	601,3	*	0	0	0	0	0	0	0	0	675,3	*	0	0	0	0	0	0
BIOVOL. TOT	78343792,1	*	68816391,6	*	638801,272	*	581878,01	*	0	0	0	0	0	0	0	0	859950	*	0	0	0	0	0	0

**Legenda:** altura celular ( $\mu\text{m}$ ), diâmetro celular ( $\mu\text{m}$ ), biovolume celular ( $\mu\text{m}^3$ ), medida dos espinhos ( $\mu\text{m}$ ), número de células por colônia, densidade celular ( $\text{Cel.L}^{-1}$ ), biovolume total ( $\mu\text{m}^3$ ),

**APÊNDICE F** – Variação anual das medidas celulares de *S. costatum* no estuário da bacia do Pina –PE. BM = baixa-mar, PM = preamar,

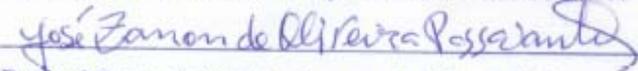
DP = desvio padrão

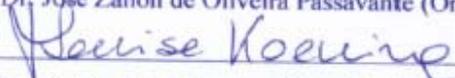
MEDIDAS CELULARES	JUN/90				JUL/90				AGO/90				OUT/90				NOV/90				DEZ/90			
	BM		PM		BM		PM		BM		PM		BM		PM		BM		PM		BM		PM	
	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP	MP	DP
ALT. CÉL	6,5	1,149104	10,8	3,896257	0	0	0	0	0	0	0	0	6,3	1,864291	6,7	2,175	10,5	2,558686	0	0	10,7	2,636137	16,2	3,330142
DIA. CÉL	5,3	0,69907	6,7	1,13107	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	0,9035	4,5	0,8439	6,2	1,18374	0	0	6,8	1,41499	7,7	0,41869
BIOVOL. CÉL	154,115	83,5918982	410,09737	255,3876822	0	0	0	0	0	0	0	0	136,376	85,106273	105,7266	45,815	342,9639	178,581	0	0	416,7744	245,9367	745,3799	195,27141
MED. ESPI.	4,5	0,926463	8	2,224298	0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	0,472857	5,4	0,6554	6,9	0,98709	0	0	6,5	1,017349	8,2	0,979796
CÉL/COLÔNIA	3,3	*	4	*	0	0	0	0	0	0	0	0	4	*	3,1	*	4	*	0	0	5,7	*	6,6	*
DENS. CEL	1535,7	*	786,3	*	0	0	0	0	0	0	0	0	1563,4	*	1036,1	*	684,6	*	0	0	31639	*	52731,6	*
BIOVOL. TOT	236544	*	322260	*	0	0	0	0	0	0	0	0	213248	*	109543,7	*	234793,154	*	0	0	13186325	*	39305075	*

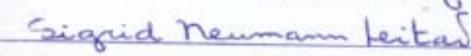
**Legenda:** altura celular ( $\mu\text{m}$ ), diâmetro celular ( $\mu\text{m}$ ), biovolume celular ( $\mu\text{m}^3$ ), medida dos espinhos ( $\mu\text{m}$ ), número de células por colônia, densidade celular ( $\text{Cel.L}^{-1}$ ), biovolume total ( $\mu\text{m}^3$ ),

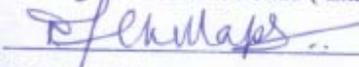
Ata da sessão de arguição da Dissertação da Mestranda **MARÍLIA DE OLIVEIRA SILVA MARTINS**, do Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Pernambuco.

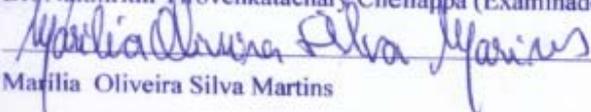
Aos 28 (vinte e oito) dias do mês de fevereiro de 2007 (dois mil e sete) às 14:00 (quatorze horas), no auditório do Departamento de Ciências Geográficas, para a defesa de Dissertação da Mestranda **MARÍLIA DE OLIVEIRA SILVA MARTINS**, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta dos professores: **JOSÉ ZANON DE OLIVEIRA PASSAVANTE**, UFPE, Orientador e Presidente da Banca Examinadora, **MARIA LUISE KOENING**, UFPE; **SIGRID NEUMANN LEITÃO**, UFPE; e **NAITHIRITHI TIROVENKATACHARY CHELLAPPA**, UFRN; examinadores internos e externos, respectivamente, e como suplentes os professores: **MARLENE MARIA DA SILVA**, UFPE e **CLÁUDIO JORGE MOURA DE CASTILHO**, UFPE, cujos nomes foram indicados em Reunião do Colegiado. Título da Dissertação: **"A UTILIZAÇÃO DA MICROALGA *Skeletonema costatum* (GREVILLE) CLEVE (BACILLARIOPHYCEAE) NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS ESTUARINAS DE PERNAMBUCO."** Iniciados os trabalhos a presidência informa os objetivos da reunião, salientando a regulamentação em vigor. Em seguida concede a palavra ao autor da Dissertação, para que de maneira sucinta apresentasse o trabalho mencionado. Após exposição houve arguição de cada membro da banca examinadora. Ao término, os componentes reuniram-se em caráter reservado para deliberação do conceito a ser atribuído, considerando a referida Dissertação **Aprovada com Distinção**. Sendo o assunto específico da reunião, a presidência encerra a sessão, sendo lavrada a presente ata assinada pela secretária e por quem de direito. Recife, 28 de fevereiro de 2007.

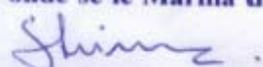
  
Dr. José Zanon de Oliveira Passavante (Orientador)

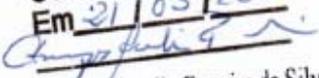
  
Dr.ª Maria Luise Koening (Examinadora Externa)

  
Dr.ª Sigrid Neumann Leitão (Examinadora Externa)

  
Dr. Naithirithi Provenkatchary Chellappa (Examinador Externo)

  
Marília Oliveira Silva Martins

Em tempo: onde se lê Marília de Oliveira Silva Martins, Leia-se Marília Oliveira Silva Martins. 

Confere com original  
Em 21/05/2007  
  
Domingos Aurelio Ferreira da Silva  
Secretário Administrativo do Departamento  
de Ciências Geográficas UFPE  
SIAPE 1133191