



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA
MESTRADO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

**DINÂMICA DA COMUNIDADE MICROFITOPLANCTÔNICA RELACIONADA
COM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO ESTUÁRIO
DO RIO GUAJARÁ-MIRIM (VIGIA-PA).**

FÁBIO FERREIRA CARDOSO

Belém
2009

FÁBIO FERREIRA CARDOSO

**DINÂMICA DA COMUNIDADE MICROFITOPLANCTÔNICA RELACIONADA
COM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO ESTUÁRIO
DO RIO GUAJARÁ-MIRIM (VIGIA-PA).**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará - UFPA, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Rosildo Santos Paiva.

Belém

2009

FÁBIO FERREIRA CARDOSO

**DINÂMICA DA COMUNIDADE MICROFITOPLANCTÔNICA RELACIONADA
COM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO ESTUÁRIO
DO RIO GUAJARÁ-MIRIM (VIGIA-PA).**

Belém, 31 de março de 2009.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Rosildo Santos Paiva – UFPA
Orientador

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante – UFPE
Titular

Prof^a. Dra. Jussara Moretto Martinelli – UFPA
Titular

Prof. Dr. Rodrigo Yudi Fujimoto – UFPA
Titular

Belém
2009

INSTITUIÇÕES FINANCIADORAS

Governo do Pará – Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA).

Governo do Pará – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA).

Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Botânica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser o amigo incondicional que me acompanha nos momentos de alegria e de tristeza e que me dá forças para seguir em frente na vida;

Aos meus pais, Raimundo Cardoso e Maria da Graça F. Cardoso, e minha avó Osvaudina, que sempre me incentivaram a estudar e me mostraram o caminho para ser feliz;

Ao Prof. Dr. Rosildo Santos Paiva, pela amizade, incentivo e por dispor do seu precioso tempo para orientar este estudo;

Ao Prof. Dr. Nuno Melo, Prof. MSc. Glauber Palheta, MSc. Caio Aguiar, MSc. Fábio Pamplona e à mestranda Brenda Costa, que foram importantíssimos amigos e colaboradores desde as etapas iniciais deste trabalho.

Ao Governo do Pará, Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA), por financiarem este projeto e pela concessão de bolsa de estudos, sem os quais seria inviável a realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, por nos proporcionar o conhecimento sem o qual não seria possível realizar este trabalho.

À minha namorada Suzanna Silva, pelo amor e por sempre me incentivar a seguir em frente.

À Prof^a. MSc. Eliane Brabo de Souza, pelo valioso auxílio e amizade;

À Prof^a. Dra. Cristina Senna, pelo incentivo e amizade.

A todos os colegas da turma de 2007 do Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca.

Às colegas de laboratório: Antônia Américo, Milena Monteiro, Aline Gomes, Shirlene da Silva, Ellen Dias e Fernanda Lima, pelo incentivo e momentos de descontração.

À banca avaliadora deste estudo, composta por Dr. José Zanon de Oliveira Passavante, Dr. Rodrigo Yudi Fujimoto e Dra. Jussara Moretto Martinelli, por dedicarem seu tempo a avaliar este trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 ESTUDOS DE ECOLOGIA DO FITOPLÂNCTON NO ESTADO DO PARÁ	13
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.1.1 O Município de Vigia	21
3.1.2 Localização	21
3.1.3 Geologia e relevo.....	22
3.1.4 Hidrografia.....	22
3.1.5 Vegetação.....	22
3.1.6 Clima.....	23
3.2 DESENHO AMOSTRAL	23
3.3 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS.....	26
3.3.1 Parâmetros físico-químicos.....	26
3.3.2 Amostras qualitativas e quantitativas do microfitoplâncton.....	26
3.4 PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO	27
3.4.1 Identificação e classificação taxonômica dos organismos.....	27
3.4.2 Densidade de organismos por litro (org.L⁻¹)	28
3.5 TRATAMENTO NUMÉRICO DOS DADOS	28
3.5.1 Frequência de ocorrência (%).....	28
3.5.2 Índices de diversidade e equitabilidade.....	29
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
3.6.1 Análise de variância	30
3.6.2 Análise de agrupamento (Cluster)	30
3.6.2 Análise de componentes principais (ACP)	31

SUMÁRIO

4 RESULTADOS	32
4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	32
4.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS	37
4.2.1 Variação do número de táxons do microfitoplâncton	37
4.2.2 Composição específica do microfitoplâncton	38
4.2.3 Características ecológicas da flora microfitoplanctônica	39
4.2.4 Frequência de ocorrência dos táxons	45
4.2.5 Densidade do microfitoplâncton	47
4.2.6 Diversidade e equitabilidade	51
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	53
4.3.1 Análise de agrupamento das amostras	53
4.3.2 Análise de componentes principais	55
5 DISCUSSÃO	57
6 CONCLUSÕES	66
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

RESUMO

Estuários são ambientes ricos em nutrientes, favorecendo a reprodução e desenvolvimento de diversas espécies. Nestes, o fitoplâncton representa uma considerável parcela da produção primária e, em conjunto com outros fatores, regula os níveis de produtividade biológica. Este estudo teve o objetivo de conhecer a dinâmica do microfitoplâncton e sua correlação com os fatores ambientais no estuário do rio Guajará-mirim, na cidade de Vigia-PA, que é um importante pólo pesqueiro do estado do Pará. Foram realizadas coletas bimestrais de fitoplâncton e parâmetros físico-químicos em quatro estações de coleta ao longo do estuário, durante os períodos de maré vazante e enchente. Foram determinadas a composição específica e densidade do microfitoplâncton (org.L^{-1}) e realizadas análises de frequência de ocorrência, diversidade e equitabilidade, agrupamento e componentes principais (ACP). Sazonalmente, nota-se, principalmente durante a maré vazante, uma considerável variação dos parâmetros físico-químicos que está fortemente relacionada ao ciclo hidrológico da região. Foram registrados 78 táxons pertencentes às Divisões Bacillariophyta (65), Chlorophyta (6), Cyanophyta (3), Dinophyta (3), e Ochrophyta (1). A divisão Bacillariophyta foi predominante em número de espécies, frequência de ocorrência e densidade (99,89%). A densidade média mensal do microfitoplâncton variou de 9.999 (julho) a 535.411 org L^{-1} (janeiro). Durante o mês de janeiro ocorreu uma floração de *Skeletonema costatum* (máx = 1.996.613 org.L^{-1}). A comunidade microfitoplanctônica caracterizou-se como de diversidade média (média geral anual = 2,40). A variação sazonal dos parâmetros físico-químicos e da densidade das espécies foi o fator preponderante no agrupamento de amostras, tendo se formado dois grandes grupos, o primeiro composto por amostras do período chuvoso e o segundo grupo composto por amostras do período de estiagem. A análise de componentes principais mostrou que, apesar de os parâmetros físico-químicos apresentarem baixa variabilidade espacial e sazonal, a variação do índice de pluviosidade, do teor de sólidos totais dissolvidos e da salinidade foi determinante na variação da densidade de grande parte das espécies e também favoreceu um leve aumento da diversidade no período de estiagem.

ABSTRACT

Estuaries are rich nutrients environments, favoring reproduction and development of several species. Phytoplankton represents a considerable portion of primary production in these environments and, together with other factors, regulates the biological productivity levels. This study aimed to know the microphytoplankton dynamics and its correlation with environmental factors in the Guajará-mirim river's estuary in the city of Vigia-PA, an important fishery center of the Pará state. Every two months were made collections of the phytoplankton and take measurements of physicochemical parameters in four collection stations along the estuary, in ebb and flood tide periods. Were determined the specific composition and density of microphytoplankton (org.L^{-1}) and analysis of frequency of occurrence, diversity and evenness, clustering and principal components. Seasonally, was noted, mainly during the ebb tide, a considerable physicochemical variation, strongly related with hydrological cycle in the region. Seventy-eight taxa were recorded belonging to the Bacillariophyta (65), Chlorophyta (6), Cyanophyta (3), Dinophyta (3) and Ochrophyta (1) divisions. Bacillariophyta was dominant in species number, frequency of occurrence and density (99.89%). The monthly average densities of the microphytoplankton ranged from 9.999 (July) to 535.411 org L^{-1} (January). In January happened a bloom of *Skeletonema costatum* (max = 1.996.613 org.L^{-1}). The microphytoplankton community was characterized as the median diversity (annual general mean = 2.40). The seasonal variation of physicochemical parameters and species density was the predominant factor to the grouping of samples, and it formed two major groups, the first composed by samples of the rainy season and the second by samples of the drought period. The principal components analysis showed that, despite the physicochemical parameters have low spatial and seasonal variability, the variation in rate of rainfall, total dissolved solids content and salinity was decisive in the variation of density of most species and also promoted a slight increase in diversity in the drought period.

1 INTRODUÇÃO

Estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde os rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada (MIRANDA et al., 2002).

Devido às características de circulação hidrodinâmica, ao fluxo de maré, ao aporte de nutrientes trazidos pelos rios e aos produtores primários, as águas estuarinas são, em média, biologicamente mais produtivas que as dos rios e oceanos adjacentes, sendo habitadas por diversas populações de organismos e, por isso consideradas as grandes responsáveis pela biomassa dos ambientes aquáticos. Desta forma, este ambiente pode contribuir tanto para a conservação da biota aquática como para a subsistência de seres humanos que têm no estuário e no manguezal a sua sobrevivência.

A importância dos estuários não se reduz aos limites físicos dos mesmos. A maior ou menor riqueza piscícola da zona costeira depende, em grande parte, da existência de estuários não poluídos. Este aspecto tem importância fundamental, pois uma considerável parcela do esforço de pesca é aplicada em capturas efetuadas na plataforma continental (NEUMANN-LEITÃO, 1994; SCHWAMBORN et al., 2001).

Grande parte dos organismos bentônicos e dos peixes teleósteos, incluindo a maioria dos recursos importantes economicamente, possui ovos e larvas planctônicos. O potencial de exploração desses recursos depende, em última análise, diretamente do que ocorre durante a fase planctônica, pois nela se desenvolvem as etapas mais frágeis e críticas de seus ciclos de vida (HEMPEL, 1979; KENDALL et al., 1984).

Desta forma, torna-se fundamental o entendimento dos diversos grupos de organismos e suas relações ecológicas no ambiente estuarino, merecendo destaque a comunidade fitoplanctônica, uma vez que, ocupa a base da teia trófica e representa uma considerável parcela da produção primária, exercendo influência direta sobre os demais elos tróficos e, em sinergismo com outros fatores, regulando os demais níveis tróficos nestes ambientes.

Os organismos planctônicos podem ser classificados em função das suas dimensões, biótopo, distribuição vertical, duração da vida planctônica e nutrição. E apesar destas classificações serem artificiais, tornam-se úteis por sistematizarem as diversas categorias dos organismos planctônicos (MORGADO et al., 2003).

Omori e Ikeda (1984) estabeleceram uma classificação dimensional para o plâncton, dividindo-o em sete categorias, sendo que o microplâncton seria composto por organismos de medidas entre 20 e 200 μm .

A importância do fitoplâncton está relacionada a diversas questões, tanto ecológicas como econômicas: fazem parte da dieta alimentar de consumidores primários e secundários em regiões costeiras (BRANDINI, 1997); são bons indicadores de poluição orgânica e qualidade da água (LOBO et al., 2002; 2004); podem ser utilizados em biomonitoramento de reservatório de água (CARVALHO, 2003); podem indicar mudanças em ambientes extremos, são utilizados em aplicações industriais e ciência forense (STOERMER e SMOL, 1999). O fitoplâncton também pode ser utilizado como indicador paleoambiental, como pode ser observado no estudo realizado por Ribeiro (2007), que traçou a reconstrução histórica paleoecológica da praia de Itupanema, Barcarena - PA, através da determinação de composição específica, riqueza e abundância das assembléias de diatomáceas ao longo de testemunhos sedimentares.

Em estuários tropicais, e especificamente no norte-nordeste brasileiro, o microfitoplâncton é constituído principalmente por diatomáceas (FEITOSA et al., 1999a; KOENING et al., 2002; HONORATO-DA-SILVA et al., 2004; SANTANA, 2004; PAIVA et al., 2006; SOUSA, 2006; SOUSA et al., 2008).

A variação sazonal e espacial e a sucessão das populações fitoplanctônicas sofrem influência de vários fatores ambientais como a luz, temperatura, nutrientes orgânicos e inorgânicos, competição e herbivoria, além das propriedades fisiológicas de cada espécie (WETZEL, 1993). Assim, ao realizar estudos sobre a comunidade microfitoplanctônica, faz-se de suma importância o estudo concomitante dos parâmetros físico-químicos, uma vez que estes influenciam diretamente na vida dos organismos aquáticos, podendo inclusive ser fatores limitantes à presença e sobrevivência de determinadas espécies em tal ambiente.

Em se tratando de temperatura, Angelocci e Villa-Nova (1995) afirmam que o regime térmico dos corpos d'água na natureza tem grande importância ecológica devido às interações entre a temperatura e a vida aquática. Ela influi no retardamento ou aceleração da atividade biológica, crescimento e reprodução dos peixes e plantas, na absorção de oxigênio, na precipitação de compostos, entre outros.

Outro fator de grande importância na vida de organismos aquáticos é o pH, pois interfere nas reações químicas que ocorrem na água. Cada espécie de organismo aquático tem, assim como a temperatura, o pH ideal para o seu desenvolvimento e manutenção. De acordo com Esteves (1988), em um período de 24 horas (ciclo diário), podem ocorrer grandes variações de pH em um mesmo ecossistema aquático, sendo que esta variação é bem diferenciada entre as áreas de água continental e litorânea, onde as comunidades de macrófitas aquáticas interferem muito nas propriedades físico-químicas do meio.

Outro parâmetro importante é a salinidade, que se define como a medida dos teores de sais dissolvidos na água. A variação da salinidade pode gerar mudanças significativas na estrutura das comunidades fitoplanctônicas e no funcionamento ecológico dos ambientes aquáticos, sendo que no decorrer do tempo, pode ocorrer uma substituição gradativa das espécies existentes por outras capazes de sobreviver a novas condições de salinidade mais elevada, ou vice-versa. O ambiente estuarino é caracterizado pela presença de organismos eurihalinos, portanto, adaptados a fortes variações de salinidade.

Segundo Esteves (1988), dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos e as principais fontes desse elemento para a água são a atmosfera e a fotossíntese. O autor afirma ainda que a concentração de matéria orgânica, a salinidade e a baixa taxa de fotossíntese realizada pelo fitoplâncton, causada pela redução da transparência da água, são importantes fatores que atuam diretamente para os déficits de oxigênio dissolvido.

Os sólidos totais dissolvidos correspondem ao material particulado em suspensão, isto é, as partículas orgânicas e inorgânicas transportadas pela água e, que apresentam um diâmetro maior que $0,45\mu\text{m}$. As partículas de tamanho inferior são consideradas como “material dissolvido”. Esteves (1988) afirma que esta variável é de grande importância para as comunidades lólicas, pois estes materiais sólidos são os maiores transportadores de nutrientes e poluentes adsorvidos e também interferem na penetração de luz no ambiente.

A elevada turbidez das águas nas regiões estuarinas condiciona as dimensões da zona eufótica, que apresenta geralmente uma extensão reduzida a poucos centímetros. Muitas espécies estuarinas de fitoplâncton podem exibir adaptações que maximizam o processo fotossintético, por exemplo, a utilização dos comprimentos de onda do espectro eletromagnético cuja penetração é menos afetada pela turbidez (AZEITEIRO et al., 2003).

O conhecimento de todos estes fatores físico-químicos e biológicos, aliado ao estudo da ecologia nos ambientes aquáticos nos fornece subsídios para tomadas de decisões em se tratando de manejo e conservação desses ecossistemas, bem como dos organismos ali encontrados.

Sabe-se que o conhecimento da dinâmica dos organismos fitoplanctônicos é de suma importância para a compreensão dos processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos amazônicos, pois a comunidade fitoplanctônica responde rapidamente a alterações no ambiente, devido à sua sensibilidade a variação dos fatores ambientais.

1.1 ESTUDOS DE ECOLOGIA DO FITOPLÂNCTON NO ESTADO DO PARÁ

Os trabalhos mais recentes publicados no Brasil sobre fitoplâncton estuarino apresentam estudos de ecologia, composição específica e densidade fitoplanctônica, além de dados sobre a biomassa fitoplanctônica relacionada aos nutrientes e à variação dos parâmetros hidrológicos.

No Pará ainda há uma carência de estudos nessa área, considerando-se a grande extensão de corpos aquosos e a riqueza biológica que estes ambientes representam para o nosso Estado. Nos estuários paraenses, têm sido realizados estudos principalmente de levantamento da riqueza, determinação da densidade e biomassa fitoplanctônica.

Dentre os trabalhos pioneiros na Região Norte do Brasil, pode-se citar o de Müller-Melchers (1957), que estudou amostras coletadas na região costeira da desembocadura do rio Amazonas e na Região Sul, observando uma flora dominada pelas diatomáceas *Coscinodiscus concinnus*, *C. oculus iridis* e *Nitzschia pungens* var. *atlantica*.

Wood (1966) analisou amostras coletadas desde a região das Guianas até as proximidades de Fortaleza (CE) e identificou três diferentes comunidades fitoplanctônicas relacionadas com a drenagem amazônica: a região ao norte da desembocadura do Amazonas; a região do estuário do rio Amazonas propriamente dito e a região ao sul da desembocadura. De maneira geral, as diatomáceas foram predominantes ao norte e os dinoflagelados, ao sul. Na região diretamente afetada pela pluma da drenagem amazônica,

o fitoplâncton seria basicamente estuarino e concentrado em áreas rasas não afetadas pela turbidez.

Moreira-Filho et al. (1974), realizaram um estudo de composição florística na foz do rio Guamá, onde relacionaram 24 gêneros, 46 espécies e uma variedade de diatomáceas.

Analisando material coletado na área que vai do Amapá até a Paraíba, Silva-Cunha et al. (1991) estudaram a distribuição e a composição do fitoplâncton, registrando 89 espécies de microalgas, sendo 69 de diatomáceas, 18 de dinoflagelados, uma de cianobactéria e uma de silicoflagelado. Dentre estas, nove espécies foram consideradas frequentes: *Biddulphia regia*, *Ceratium fusus*, *Coscinodiscus centralis*, *Coscinodiscus jonesianus*, *Dytilum brightwelli*, *Oscillatoria erytraeum*, *Rhizosolenia calcaravis*, *Skeletonema costatum* e *Thalassiothrix frauenfeldii*. Apesar de não terem encontrado uma composição tão nitidamente definida como descrito por Wood (1966), Silva-Cunha et al. (*op. cit.*) apontaram a dominância das diatomáceas nas proximidades da desembocadura do Amazonas.

Na Baía do Guajará, Paiva (1991) registrou a ocorrência de 116 taxa, sendo uma cianofícea, 45 clorofíceas e 70 diatomáceas. Os fitoflagelados prevaleceram em densidade. Ainda, Paiva e Eskinazi-Leça (1991), na mesma área de estudo, determinaram a variação da densidade fitoplanctônica entre 590 a 4.790×10^3 cél.L⁻¹.

Em um levantamento das diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas em alguns Estados do Norte e Nordeste brasileiro, incluindo o Estado do Pará, Moreira-Filho et al. (1999) registraram 85 espécies.

Santana (2004) estudou a composição florística e a variação da biomassa fitoplanctônica do estuário do rio Marapanim, tendo registrado 181 táxons distribuídos em cinco Divisões, sendo que as Bacillariophyta foram predominantes em número de espécies (77,3%), seguido pelas Chlorophyta (12,7%), Dinophyta (6,6%), Cyanophyta (2,8%) e Dictyophyta (0,6%).

Estudando a composição, biomassa e ecologia do fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá, Paiva et al. (2006), identificaram 116 táxons específicos e infraespecíficos, sendo 1 cianofícea, 45 clorofíceas e 70 diatomáceas. Quantitativamente, o fitoplâncton apresentou valores oscilando entre 790.000 cél.L⁻¹ e 4.790.000 cél.L⁻¹, destacando-se os fitoflagelados por serem os organismos mais abundantes, seguidos das diatomáceas, cianofíceas e clorofíceas. O autor afirma ainda que a variação anual de

parâmetros como salinidade, temperatura, transparência e pH está relacionada ao regime pluviométrico, que determina também os valores quantitativos do fitoplâncton.

Também merece destaque o trabalho de Sousa et al. (2008) que estudaram as variações sazonal e nictemeral do microfitoplâncton em uma área costeira próxima à Ilha Canela (Norte do Brasil), durante os períodos chuvoso e de estiagem. A salinidade variou entre 26,1 (período chuvoso) e 39,0 (período de estiagem). Foram identificados 130 táxons incluídos nas divisões Cyanophyta (dois táxons), Bacillariophyta (115 táxons) e Dinophyta (13 táxons). Neste estudo, as maiores densidades do fitoplâncton foram registradas durante o período chuvoso (média = 1.870.000 céL.L⁻¹) e os ventos e a precipitação pluviométrica foram os principais fatores condicionantes tanto dos parâmetros hidrológicos como da densidade fitoplanctônica.

Considerando a extensão do Estado do Pará e da sua rede hidrográfica, é possível afirmar que os estudos sobre fitoplâncton estuarino ainda são poucos, concentrando-se em algumas áreas como a foz do rio Amazonas, rio Guamá, baía do Guajará, rio Curuçá e rio Caeté e áreas adjacentes.

Por outro lado, vale destacar a região Nordeste do Brasil, pela grande quantidade de estudos sobre fitoplâncton que têm sido realizados, enfocando a variação espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os parâmetros físico-químicos.

O Estado de Pernambuco é um dos que mais tem produzido informação sobre fitoplâncton estuarino na Região Nordeste do Brasil. Dentre estes estudos, é possível destacar o de Koenig et al. (1996) que fizeram uma análise ecológica da diatomoflórula no estuário do rio Ipojuca (PE), tendo distinguido 11 grupos, com destaque para o grupo das diatomáceas marinhas eurialinas.

No estuário do rio Jaguaribe (Itamaracá-PE), Santos-Fernandes et al. (1998), realizaram um estudo sobre a biomassa fitoplanctônica, registrando a variação de clorofila *a* de 4,06 a 35,49mg.m⁻³ na baixa-mar, e de 1,35 a 38,47mg.m⁻³ na preamar.

Estudando a distribuição espaço-temporal da comunidade microfitoplanctônica e sua correlação com os parâmetros hidrológicos no sistema estuarino do rio Goiana (PE), Feitosa et al. (1999b) registraram a ocorrência de 119 espécies microfitoplanctônicas. As diatomáceas totalizaram mais de 75% em todas as amostras, sendo as espécies mais abundantes *Actinoptychus splendens*, *Bellerochea malleus*, *Biddulphia regia*,

Coscinodiscus centralis e *Thalassiosira* sp. A densidade mínima foi de 40.000 cel.L⁻¹ e a máxima foi de 10.730.000 cel.L⁻¹.

Moreira-Filho et al. (1999) fizeram uma avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas marinhas e estuarinas, baseado na literatura publicada entre 1957 e 1996, abrangendo vários Estados das Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Foram inventariados os táxons a níveis genéricos e infragenéricos de diatomáceas registrados nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pará e Amapá. O inventário foi feito nas várias publicações, tendo sido possível o reconhecimento de 347 táxons, distribuídos em 107 gêneros.

Losada et al. (2000) determinaram a biomassa fitoplanctônica, em termos de clorofila *a*, dos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE), relacionando-a com os parâmetros hidrológicos. A biomassa fitoplanctônica variou de valores indetectáveis a 22,2 mg.m⁻³. Observou-se também, que a biomassa apresentou uma relação direta com o silicato e com a salinidade, e inversa com a pluviometria.

Em um estudo sobre a variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes - PE), realizado por Branco et al. (2002), foi constatado que existe uma sazonalidade da biomassa, com maiores valores no período chuvoso. Estes dados apresentaram uma relação direta com o nitrato e material em suspensão e inversa com a transparência da água, temperatura, salinidade, fosfato e silicato. Quanto à distribuição espacial da biomassa, foi observado um gradiente decrescente das estações mais costeiras para as mais internas na baixa-mar, ao contrário da preamar, mostrando a influência marinha no estuário. A fração < 20µm foi a mais representativa, contribuindo com mais de 90% da biomassa total.

Em estudo realizado por Nascimento et al. (2003), na bacia do Pina e rio Tejipió (Recife - PE), relacionando a disponibilidade de nutrientes e biomassa primária. O nitrogênio foi o principal fator que influenciou o desenvolvimento fitoplanctônico, detectado através da relação N:P e pela análise dos componentes principais. A área de estudo foi caracterizada como um ambiente eutrófico, com um valor máximo de clorofila de 105,20 mg.m⁻³.

Grego et al. (2004) estudaram a distribuição espacial e sazonal da clorofila *a* fitoplanctônica e hidrologia do estuário do rio Timbó - PE. As coletas foram realizadas no

período chuvoso e de estiagem, na baixa-mar e preamar. A transparência da água foi maior no período de estiagem; a taxa de saturação de oxigênio dissolvido variou desde zona semipoluída a supersaturada; o regime salino variou de mesoalino a eualino e sua distribuição vertical possibilitou classificar o estuário como sendo do tipo bem misturado. A biomassa algal variou de 2,43 a 160,39 mg.m⁻³ sendo característica de área eutrófica. Na Análise dos Componentes Principais, a clorofila *a* correlacionou-se diretamente com o material em suspensão e o silicato, e inversamente com a transparência da água.

Honorato-da-Silva et al. (2004) determinaram a distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso - PE. Os autores detectaram que a biomassa algal variou de 2,45 a 70,22 mg.m⁻³, apresentando uma sazonalidade com maiores concentrações no período chuvoso. O ambiente foi caracterizado como eutrófico e a precipitação pluviométrica e a maré foram os parâmetros que mais influenciaram na variação da biomassa e dos parâmetros hidrológicos.

Ainda no Estado de Pernambuco, Bastos et al. (2005) com o intuito de caracterizar e diagnosticar o estuário do rio Una, analisaram a comunidade fitoplanctônica e os parâmetros ambientais, a partir de coletas com garrafa de Nansen, em três pontos fixos, durante a baixa-mar e a preamar diurna, em maré de sizígia. Como resultado, observaram que a biomassa fitoplanctônica variou de 1,68 a 36,30 mg.m⁻³, indicando tratar-se de um ambiente eutrófico. De acordo com a análise dos componentes principais, a biomassa correlacionou-se diretamente com o material em suspensão, o nitrito, o nitrato e a pluviometria e, inversamente com a transparência e o pH.

Noriega et al. (2005), estudaram a distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas - PE. A biomassa fitoplanctônica apresentou característica eutrófica com teor máximo de 111,13 mg.m⁻³, os nutrientes não foram fatores limitantes para o desenvolvimento fitoplanctônico e, de acordo com a análise de componentes principais, a biomassa fitoplanctônica mostrou alta correlação direta com o material em suspensão, enquanto que o oxigênio dissolvido, taxa de saturação, salinidade, pH e transparência da água apresentaram uma alta correlação direta entre si e inversa com os sais nutrientes e a Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Rosevel-da-Silva et al. (2005) analisaram a estrutura da comunidade microfítotoplanctônica da baía de Tamandaré - PE, onde foram inventariados 101 táxons, distribuídos entre as diatomáceas, cianofíceas, dinoflagelados, clorofíceas e euglenofíceas.

Foi constatado maior número de espécies e densidade fitoplanctônica no período de estiagem. Em relação aos parâmetros abióticos, a temperatura e salinidade da água, fosfato e silicato tiveram seus maiores valores no período de estiagem. O pH, oxigênio dissolvido, saturação e Demanda Bioquímica de Oxigênio não mostraram grandes variações sazonais, enquanto os teores mais elevados de nitrito, nitrato e material em suspensão foram registrados no período chuvoso.

Leão et al. (2008) estudaram a ecologia do microfitoplâncton no estuário do rio Igarassu - PE, onde registraram 210 espécies: Bacillariophyta (146), Cyanophyta (26), Chlorophyta (15), Euglenophyta (12) e Dinophyta (11). As espécies dominantes foram *Chaetoceros curvisetus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Microcystis aeruginosa*, *Rhizosolenia hebetata* e *Thalassiosira rotula*. A densidade microfitoplanctônica esteve associada à pluviosidade, tendo ocorrido um florescimento expressivo no fim do período chuvoso e início do período de estiagem.

No Estado do Maranhão, Ferreira-Correia et al. (2004) caracterizaram qualitativamente a comunidade fitoplanctônica da baía de Turiaçu. Foram identificados 183 táxons, distribuídos em 61 gêneros, 173 espécies, 7 variedades e 3 formas, sendo a Divisão Bacillariophyta o grupo mais representativo em ambos os períodos sazonais. Ao analisarem a riqueza de espécies nas estações de amostragem, foi verificado que esta é menor na área de maior influência marinha.

Rodrigues (2006) estudou a comunidade fitoplanctônica das áreas estuarinas dos municípios de São José de Ribamar, Cedral e Cajapió, como alternativa para avaliação da sustentabilidade biológica de áreas com potencialidade aquícola, tendo identificado 124 táxons com predominância de diatomáceas (87,1%). Os dinoflagelados constituíram o segundo grupo da flora, seguidos pelas clorofíceas, cianobactérias e euglenofíceas. A biomassa algal variou de 2,40 a 16,56 mg Clorofila.m⁻³, apresentando uma leve sazonalidade com menores concentrações durante o período chuvoso.

Azevedo et al. (2008) estudaram a distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense - MA, onde a pluviometria anual, durante o período, amostrado foi de 1.898,5 mm; a salinidade variou entre 6 e 35; transparência de 18 a 61 cm; oxigênio dissolvido de 2,1 a 6,3 mL.L⁻¹; taxa de saturação do oxigênio de 45% a 126%; amônia de 0,02 a 26,45 µM; nitrito de 0,01 a 0,25 µM; nitrato de 0,24 a 3,53 µM e fosfato de 0,13 a 0,58 µM. A concentração da clorofila *a* variou de 1,92 a

72,23 mg.m⁻³ caracterizando esta região como de alta produtividade e a fração < 20 µm (nano e picofitoplâncton) foi considerada a mais representativa.

No Estado de Alagoas, Melo-Magalhães et al. (2004) estudando o fitoplâncton e variáveis ambientais nos canais do sistema estuarino lagunar Mundaú/Manguaba, realizaram coletas de material fitoplanctônico e dados abióticos, nos períodos seco e chuvoso. Foram identificados 113 táxons, predominando as espécies marinhas neríticas. A divisão Chrysophyta foi a mais representativa e a densidade fitoplanctônica variou entre 95.000 a 3.315.000 cél.L⁻¹.

No Estado de Sergipe, Souza et al. (1999) estudaram a hidrologia e fitoplâncton do sistema estuarino do rio São Francisco - SE, onde a salinidade apresentou maiores variações, com regime totalmente limnético no período chuvoso e polialino no período seco, com valor máximo de 27,35. Os nutrientes, principalmente o nitrato, apresentaram maiores valores no período chuvoso. A produção do fitoplâncton foi maior no período seco, quando a transparência da água permitiu maior atividade fotossintética. Foram identificadas 59 espécies fitoplanctônicas, sendo que no período chuvoso houve predomínio de diatomáceas e no período seco predominaram as clorofíceas. Dentre as diatomáceas destacaram-se *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira islandica* f. *curvata* e dentre as clorofíceas *Dimorphococcus* sp. e *Staurastrum leptocladum*.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Conhecer a diversidade do microfitoplâncton, assim como sua distribuição espacial e temporal relacionada aos fatores ambientais no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a composição específica e abundância do microfitoplâncton no estuário do rio Guajará-mirim;

Caracterizar a variação espacial e sazonal dos parâmetros físico-químicos das águas do estuário do rio Guajará-mirim;

Avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e a influência dos parâmetros físico-químicos sobre a mesma, através da análise de dados ecológicos das espécies, diversidade e equitabilidade, análises de agrupamento e de componentes principais.

Contribuir com o melhor entendimento da dinâmica de comunidades de microalgas em estuários no Estado do Pará.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 O Município de Vigia

O município de Vigia é um dos mais antigos do Pará. Os primeiros moradores foram os índios Tupinambás, que ergueram no local a aldeia Uruitá. Nessa antiga aldeia, o governo colonial construiu um posto fiscal para proteger, fiscalizar e vigiar as embarcações que abasteciam a cidade de Belém, evitando o contrabando. Foi a prática de vigiar o posto que deu origem ao nome do município.

Alguns autores acreditam que Vigia seja a mais antiga de todas as cidades da Amazônia, tendo sido fundada por Francisco Caldeira Castelo Branco durante sua expedição de conquista do Grão-Pará, em 06 de janeiro de 1616, seis dias antes da fundação da cidade de Belém (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

Vigia destaca-se, principalmente, pela atividade pesqueira. Parte da produção pesqueira é exportada para outros municípios, outra parte é consumida pelos próprios moradores. O pescado também abastece os restaurantes, hotéis e barracas da cidade. A atividade pesqueira é predominantemente artesanal. Além da pesca, outra atividade de importância econômica no município é a extração do caranguejo (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

3.1.2 Localização

O município de Vigia localiza-se na mesorregião nordeste do Pará, microrregião do Salgado, a 93 km da capital Belém. Limita-se a nordeste, com a Ilha de Colares, ao sul com os municípios de Castanhal e Santo Antônio do Tauá, a leste com o município de São Caetano de Odivelas e ao norte pela Baía do Marajó e Oceano Atlântico.

O percurso Belém/Vigia é feito pela rodovia BR-316 até Santa Izabel do Pará e depois pela PA-140. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 00° 51' 30'' de latitude sul e 48° 08' 30'' de longitude a oeste de Greenwich.

3.1.3 Geologia e relevo

Formada por sedimentos terciários da formação Barreiras e Quaternário recente e antigo, o município de Vigia não foge ao contexto da geologia da região Bragantina, apenas com influência maior da microrregião do Salgado, nas suas baixadas. Insere-se na unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado do Amazonas. De topografia plana, não tem expressividade altimétrica, sendo quase imperceptível a presença de níveis diferenciados à semelhança de ilhas que lhe são congêneres: Caratateua e Mosqueiro. Predominam o Latossolo Amarelo distrófico de textura indiscriminada, Areias Quartzosas distróficas, Plintossolo distrófico de textura indiscriminada, Gley Pouco Húmido e Solos Aluviais eutróficos de textura indiscriminada (GOVERNO DO PARÁ, 2005).

3.1.4 Hidrografia

O rio Guajará-mirim ou Furo da Laura é o principal acidente hidrográfico do município, às margens do qual está situada a cidade de Vigia, e tem como um dos principais tributários o rio Baiacu, além de vários igarapés menores (LIRA et al., 1989).

O rio Guajará-mirim recebe contribuição de vários rios e igarapés, destacando-se o Tauapará, Itajurá, Mariteua, Fazenda, Maracajá e Itaqueçaua. Também fazem parte desta rede hidrográfica o rio Tupinambá e os igarapés Tauandeuá, Chácara, Arari, Boca Larga e outros que deságuam no Oceano Atlântico.

O rio Guajará-mirim limita-se a leste com a cidade de Vigia, ao sul com a cidade de Santo Antônio do Tauá e ao norte com o Oceano Atlântico.

3.1.5 Vegetação

A vegetação da área se caracteriza pela presença de mata secundária, capoeiras e algumas reminiscências da vegetação do cerrado. É observado um predomínio de floresta secundária, como consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi o cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto. Com isso, praticamente, pouco restou da floresta primitiva que é do subtipo floresta densa dos baixos platôs (LIRA et al., 1989).

A cobertura vegetal das margens do rio Guajará-mirim é composta por bosques de mangue, com um misto de vegetação típica de terra firme. É importante também, no município, a floresta de mangue composta predominantemente por *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans* (LIRA et al., 1989).

3.1.6 Clima

O município de Vigia apresenta clima equatorial amazônico típico, super úmido, com temperaturas relativamente elevadas, mínima de 26°C e máxima de 39°C, com média de 32,5°C, megatérmico, com período seco bem definido (classificação de Köppen). Entretanto, sua localização às margens do rio Guajará-mirim é responsável pela suavização do clima. (LIRA et al., 1989).

Quanto ao regime pluviométrico, há uma nítida separação entre os períodos chuvoso e estiagem (ou menos chuvoso). O período chuvoso corresponde aos seis primeiros meses do ano, os quais apresentam elevada precipitação; o período de estiagem corresponde aos seis últimos meses do ano. Este fenômeno se deve ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical na região (LIRA et al., 1989).

3.2 DESENHO AMOSTRAL

O delineamento amostral foi realizado com o objetivo de se obter uma visão clara das possíveis variações espaciais e sazonais, tanto do microfitoplâncton quanto dos parâmetros físico-químicos, dentro do sistema, durante o período considerado chuvoso (janeiro a junho) e de estiagem (julho a dezembro) na região.

Assim, foram estabelecidos três pontos de coleta no rio Guajará-mirim e um no rio Açaí, que também está localizado na área estuarina do rio (Tab. 1; Fig. 1). Nestes locais foram realizadas coletas de amostras de microfitoplâncton e parâmetros físico-químicos, nos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro de 2005, durante a maré vazante e enchente.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

Pontos de coleta	Latitude	Longitude
P1	00°48'460"S	48°10'463"W
P2	00°49'766"S	48°09'211"W
P3	00°51'019"S	48°08'749"W
P4	00°50'427"S	48°07'648"W

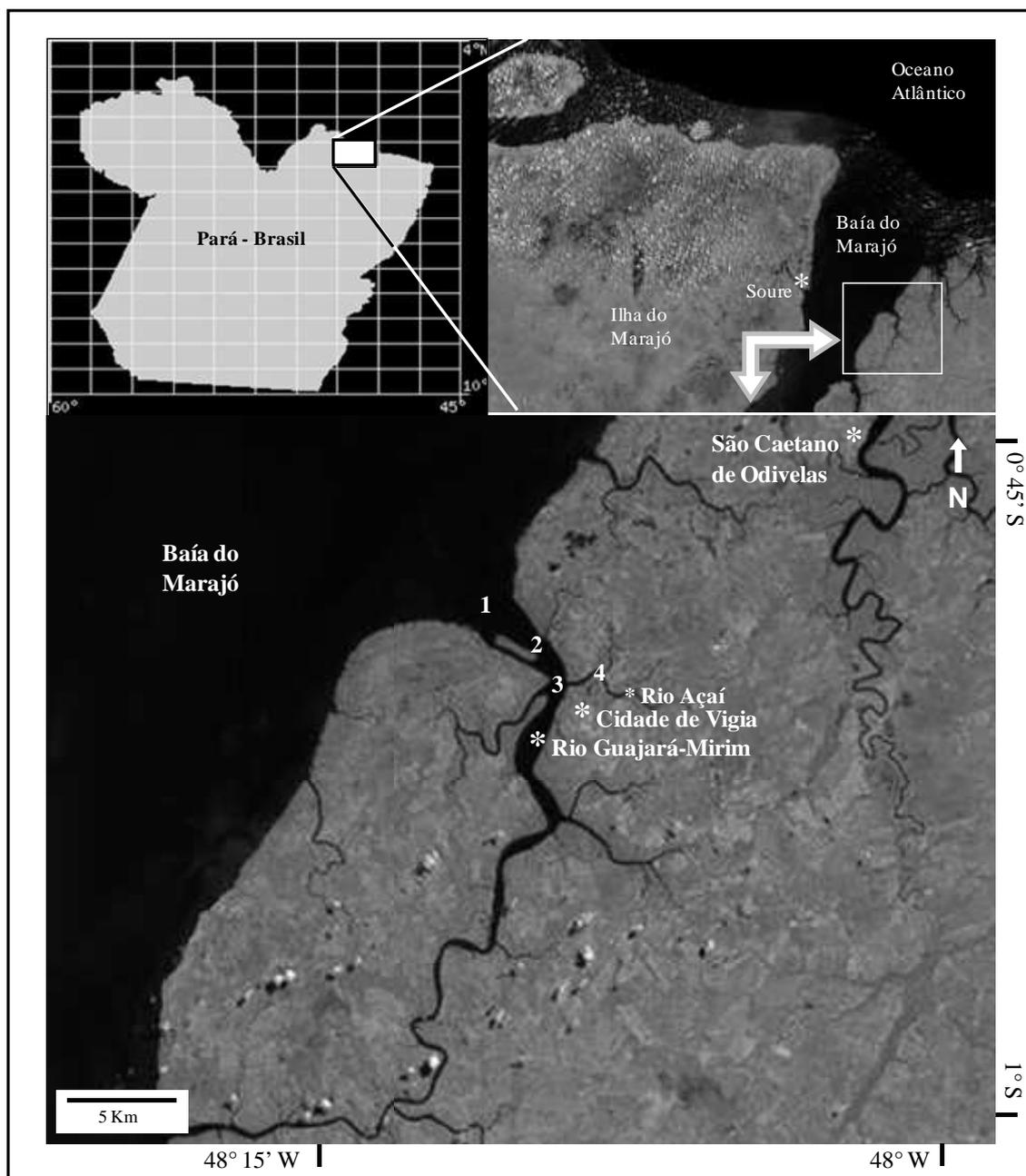


Figura 1. Localização da área de estudo, mostrando os quatro pontos de coleta no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA), (Adaptado de Miranda e Coutinho, 2005).

3.3 METODOLOGIA DE COLETA DAS AMOSTRAS

3.3.1 Parâmetros físico-químicos

Os dados referentes à precipitação pluviométrica da região onde se localiza o município de Vigia foram fornecidos pela Agência Nacional de Águas – ANA.

Os dados de parâmetros físico-químicos foram obtidos através do sistema de monitoramento contínuo Hydrolab DataSonde 4a (Fig. 2) e as variáveis medidas foram temperatura da água (°C), pH, salinidade, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), saturação de oxigênio dissolvido (%) e sólidos totais dissolvidos (g.L^{-1}).

3.3.2 Amostras qualitativas e quantitativas do microfitoplâncton

As amostras destinadas à análise qualitativa do microfitoplâncton, foram obtidas através de arrasto horizontal, em subsuperfície, utilizando-se uma rede de plâncton com malha de 64 μm e 30 cm de diâmetro de boca, durante três minutos, com o barco mantendo velocidade constante de 1 nó.

As amostras destinadas à determinação da densidade do microfitoplâncton foram coletadas com frascos plásticos de 250 mL, diretamente na subsuperfície.

Após a coleta, todas as amostras foram fixadas em formol tamponado com tetraborato de sódio até uma concentração final de 4%.

Todo o material coletado encontra-se depositado no Laboratório de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, UFPA.

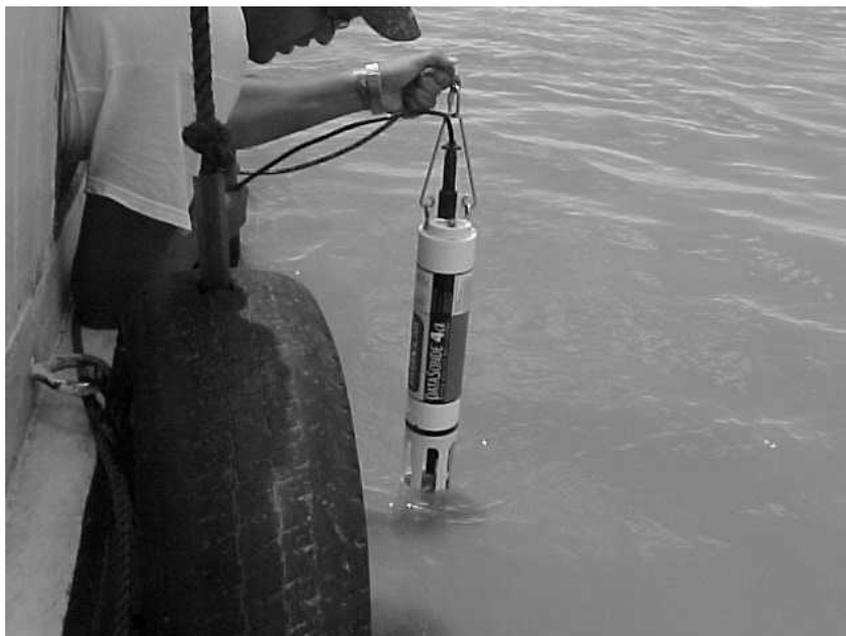


Figura 2. Utilização da sonda Hydrolab DataSonde 4a, para medição dos parâmetros físico-químicos.

3.4 PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO

3.4.1 Identificação e classificação taxonômica dos organismos

A composição do microfitoplâncton foi determinada através da análise de, no mínimo, cinco lâminas não permanentes por amostra, em um microscópio óptico binocular da marca Olympus CH 30.

Na identificação dos táxons, foram utilizados os trabalhos de Peragallo (1897-1908), Husted (1930), Cleve-Euler (1953), Desikachary (1959), Bourrelly (1972), Hendey (1976), Dodge (1982), Hino e Tundisi (1984), Balech (1988) e Cunha e Eskinazi-Leça (1990).

Foram utilizados os critérios de Round et al., (1990) para classificar as diatomáceas, Bourrelly (1970) para as cianofíceas e Steindinger e Tangen (1997) para os dinoflagelados. Para classificar as clorofíceas foram utilizados os trabalhos de Komárek e Fott (1983) e Ruzicka (1977). E para classificar as Ochrophyta foi utilizado o trabalho de Reviers (2006).

O enquadramento ecológico das espécies foi baseado nos estudos de Moreira-Filho e Moreira (1984), Moreira-Filho et al. (1985), Silva-Cunha e Eskinazi-Leça (1990) e Moro e Fürstenberger (1997).

3.4.2 Densidade de organismos por litro (org.L⁻¹)

A quantificação do microfitoplâncton foi efetuada de acordo com o método de Utermöhl (1958). As amostras foram coradas com Rosa de Bengala e mantidas em câmara úmida por 24 horas, para sedimentação. A contagem dos organismos cobriu toda a área da câmara e os organismos unicelulares, filamentos, tricomas, colônias e cenóbios foram considerados como indivíduos.

Os resultados foram expressos em organismos por Litro (org.L⁻¹) e calculados através da fórmula:

$$N = n \frac{a}{A} \frac{1}{V} 10^3$$

Onde,

N = número de organismos por litro;

n = número de organismos contados;

A = área total da câmara (mm²);

a = área contada (mm²);

V = volume total sedimentado;

10³ = fator para transformação de mL para Litro.

3.5 TRATAMENTO NUMÉRICO DOS DADOS

3.5.1 Frequência de ocorrência (%)

A frequência de ocorrência (F) de cada espécie foi analisada de acordo com Mateucci e Colma (1982), aplicando-se a fórmula:

$$F = \frac{P \times 100}{T}$$

Onde,

F = frequência de ocorrência;

P = número de amostras contendo a espécie;

T = número total de amostras coletadas.

Assim, foram estabelecidas as seguintes categorias:

Muito frequente (MF), se $F > 70\%$;

Frequente (F), se $40\% < F \leq 70\%$;

Pouco frequente (PF), se $10\% < F \leq 40\%$;

Esporádica (E), se $F \leq 10\%$.

3.5.2 Índices de diversidade e equitabilidade

A Diversidade específica de cada mês de coleta foi calculada pelo método de Shannon-Wiener (1948). Este índice é representado por:

$$H' = \sum p_i \times \log_2 p_i$$

Onde,

$p_i = N_i/N$;

N_i = número de indivíduos de cada espécie;

N = número total de indivíduos.

A diversidade específica varia de 0 a 5, sendo que os valores abaixo de 1 são considerados de diversidade muito baixa; valores entre 1 e 2 correspondem a baixa diversidade; valores entre 2 e 3 correspondem a diversidade média e; acima de 3, alta diversidade.

A equitabilidade foi calculada segundo Pielou (1977), através da fórmula:

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

Onde,

H' = Índice de diversidade específica de Shannon;

S = Número de espécies.

A equitabilidade varia de 0 a 1. Valores próximos a 0 (zero) indicam uma baixa equitabilidade, enquanto que valores próximos a 1 representam uma distribuição uniforme de todas as espécies na amostra e alta equitabilidade (Koenig, 1997).

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.6.1 Análise de variância

Foram realizadas análises estatísticas para verificar a normalidade e homogeneidade dos dados de parâmetros físico-químicos e de densidade das espécies, através dos testes de Liliefors (CONOVER, 1971) e Bartlett (SOKAL e ROHLF, 1969), respectivamente. Em seguida foi realizada a análise de variância (ANOVA – dois critérios) seguida pelo teste post-hoc LSD de Fisher ($p < 0,05$), para testar as possíveis diferenças entre os meses de realização das coletas e também entre os pontos de coleta. Nos casos em que as variâncias foram consideradas heterogêneas, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (ZAR, 1999). Todos estes testes foram realizados através do programa BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

3.6.2 Análise de agrupamento (Cluster)

Para a análise de agrupamento foi gerada uma matriz inicial composta pelos valores de densidade das principais espécies do microfitoplâncton (frequência de ocorrência $> 20\%$ e/ou densidade percentual $> 10\%$ em pelo menos 1 amostra). Em seguida, foi feita uma transformação logarítmica ($\log x+1$), verificada a similaridade através do índice de Bray-Curtis e realizado o agrupamento das amostras utilizando o método dos pesos

proporcionais Weighted Pair Group Method Average Arithmetics - WPGMA (LEGENDRE e LEGENDRE, 1984). Além disso, foi gerada uma matriz de valores cofenéticos para testar o ajuste dos dados da análise de agrupamento (ROHLF e FISHER, 1968).

3.6.3 Análise de componentes principais (ACP)

Para a Análise de Componentes Principais foi gerada uma matriz inicial composta pelos parâmetros físico-químicos e valores de densidade das principais espécies do microfitoplâncton (frequência de ocorrência > 20% e/ou densidade percentual > 10% em pelo menos uma amostra). Em seguida, foi feita uma transformação logarítmica ($\log x+1$), verificada a similaridade através do coeficiente de correlação momento-produto de Pearson e calculados os autovetores e autovalores da matriz de dispersão (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998).

Todas as análises multivariadas foram realizadas com o auxílio do programa computacional NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Metagraphics Software Corporation, Califórnia – USA (ROHLF, 1994).

4 RESULTADOS

4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As médias mensais de pluviosidade obtidas entre os anos de 1982 a 2005 evidenciaram elevados índices no mês de março (469,32 mm) e os mais baixos índices ocorrendo no mês de outubro (44,72 mm) (Fig. 3). No ano de 2005, as médias mensais de precipitação variaram de 0,00 (novembro) a 331,80 (março).

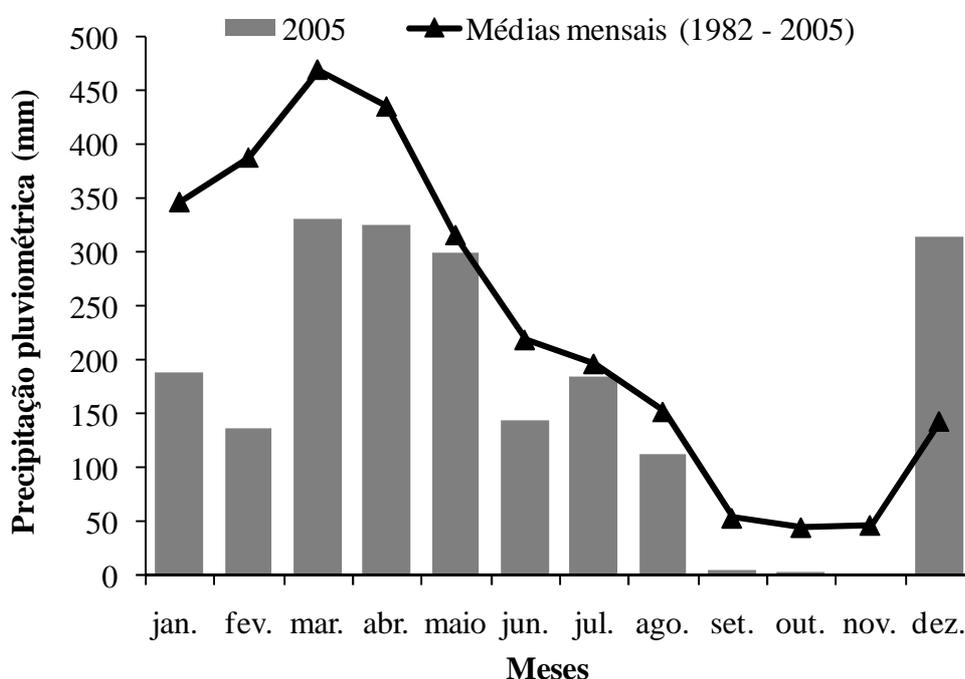


Figura 3. Média histórica mensal de pluviosidade (mm), de 1982 a 2005 (fonte: Agência Nacional de Águas – ANA, dados não publicados).

De maneira geral, os parâmetros físico-químicos não apresentaram uma variabilidade espacial bem definida, não sendo observadas grandes diferenças entre os pontos de coleta. Por outro lado, a variabilidade foi mais evidente em função do ciclo hidrológico.

Nota-se uma importante influência do regime pluviométrico sobre a variação dos parâmetros físico-químicos, principalmente na maré vazante, sendo que os menores valores foram registrados durante o mês de março (período chuvoso) e os valores mais elevados

foram registrados durante os meses de setembro e novembro (período de estiagem). Já na maré enchente, essa influência do regime pluviométrico foi menos acentuada, não sendo notada uma grande variabilidade ao longo do ano (Fig. 4; 5).

A temperatura média variou de $28,85 \pm 0,23^\circ\text{C}$ (nov.) a $29,64 \pm 0,42^\circ\text{C}$ (set.), na maré vazante, e de $29,04 \pm 0,29^\circ\text{C}$ (nov.) a $29,62 \pm 0,28^\circ\text{C}$ (jul.), na maré enchente (Fig. 4). A análise de variância ANOVA - dois critérios, ($p < 0,05$) exibiu diferença significativa entre os meses de coleta, tanto na maré vazante ($F = 6,9862$; $p = 0,0018$) como na enchente ($F = 4,0864$; $p = 0,0153$). Entre os pontos de coleta não foi registrada diferença significativa dos valores de temperatura na vazante ($F = 1,9147$; $p = 0,1699$) e nem na enchente ($F = 0,2113$; $p = 0,8870$).

O potencial hidrogeniônico se manteve alcalino em todo período de estudo. A média do pH variou de $7,81 \pm 0,19$ (jan.) a $7,30 \pm 0,24$ (mar.) na maré vazante, e de $7,75 \pm 0,27$ (nov.) a $7,91 \pm 0,66$ (jul.), na maré enchente (Fig. 4). Na maré vazante não houve diferença significativa entre os meses ($F = 2,2880$; $p = 0,0980$) e entre os pontos de coleta ($F = 2,2786$; $p = 0,1206$). Na maré enchente a análise de variância mostrou que não houve diferença significativa entre os meses ($F = 0,1393$; $p = 0,9786$), no entanto, houve diferença significativa entre os pontos de coleta ($F = 4,7308$; $p = 0,0161$).

A salinidade média variou de $0,97 \pm 0,22$ (mar.) a $7,55 \pm 0,59$ (nov.) na maré vazante, e variou de $4,66 \pm 0,56$ (jan.) a $7,10 \pm 0,25$ (nov.), na maré enchente (Fig. 4). Na maré vazante, a análise de variância exibiu diferença altamente significativa entre os meses de coleta ($F = 96,0836$; $p < 0,0001$), porém, não foi registrada uma variação significativa entre os pontos de coleta ($F = 2,6667$; $p = 0,0847$). Na maré enchente, a análise de variância exibiu diferença significativa entre os meses ($F = 17,9440$; $p < 0,0001$) e entre os pontos de coleta ($F = 3,5908$; $p = 0,0384$).

A concentração e a taxa de saturação de oxigênio dissolvido também apresentaram sazonalidade, principalmente na maré vazante, quando os maiores valores foram registrados em março e os mais baixos em setembro.

A média da concentração de oxigênio dissolvido variou de $3,00 \pm 0,42$ (mar.) a $6,58 \pm 0,55 \text{ mg.L}^{-1}$ (set.), na maré vazante, e de $5,50 \pm 0,50$ (jul.) a $6,13 \pm 0,72 \text{ mg.L}^{-1}$ (set.), na enchente (Fig. 5). Na maré vazante foi observada diferença significativa entre os meses ($F = 50,7932$; $p < 0,0001$) e entre os pontos de coleta ($F = 5,3831$; $p = 0,0103$), enquanto que na

maré enchente não foram registradas diferenças significativas entre os meses ($F= 1,1363$; $p= 0,3841$) e nem entre os pontos de coleta ($F= 1,5261$; $p= 0,2480$).

A média da taxa de saturação de oxigênio dissolvido variou de $45,66\pm 6,37\%$ (mar.) a $106,68\pm 8,62\%$ (set.), na maré vazante, e de $89,28\pm 8,36\%$ (jul.) a $98,45\pm 11,73\%$ (set.), na enchente (Fig. 5). Na maré vazante foi observada diferença muito significativa entre os meses ($F= 72,8066$; $p < 0,0001$) e entre os pontos de coleta ($F= 9,1493$; $p= 0,0014$), enquanto que na maré enchente não foram registradas diferenças significativas entre os meses ($F= 0,9709$; $p= 0,5325$) e nem entre os pontos de coleta ($F= 1,6806$; $p= 0,2130$).

A média de sólidos totais dissolvidos variou de $1,17\pm 0,27$ (mar.) a $8,53\pm 0,78$ g.L⁻¹ (nov.) na maré vazante, e de $5,30\pm 0,62$ (jan.) a $7,82\pm 0,45$ g.L⁻¹ (nov.), na maré enchente (Fig. 5). Houve diferença significativa entre os meses, tanto na maré vazante ($F= 88,7985$; $p < 0,0001$) quanto na enchente ($F= 13,5263$; $p= 0,0001$). Por outro lado, não foi registrada uma variação significativa entre os pontos de coleta na vazante ($F= 2,4282$; $p= 0,1050$) e nem na enchente ($F= 2,9127$; $p= 0,0681$).

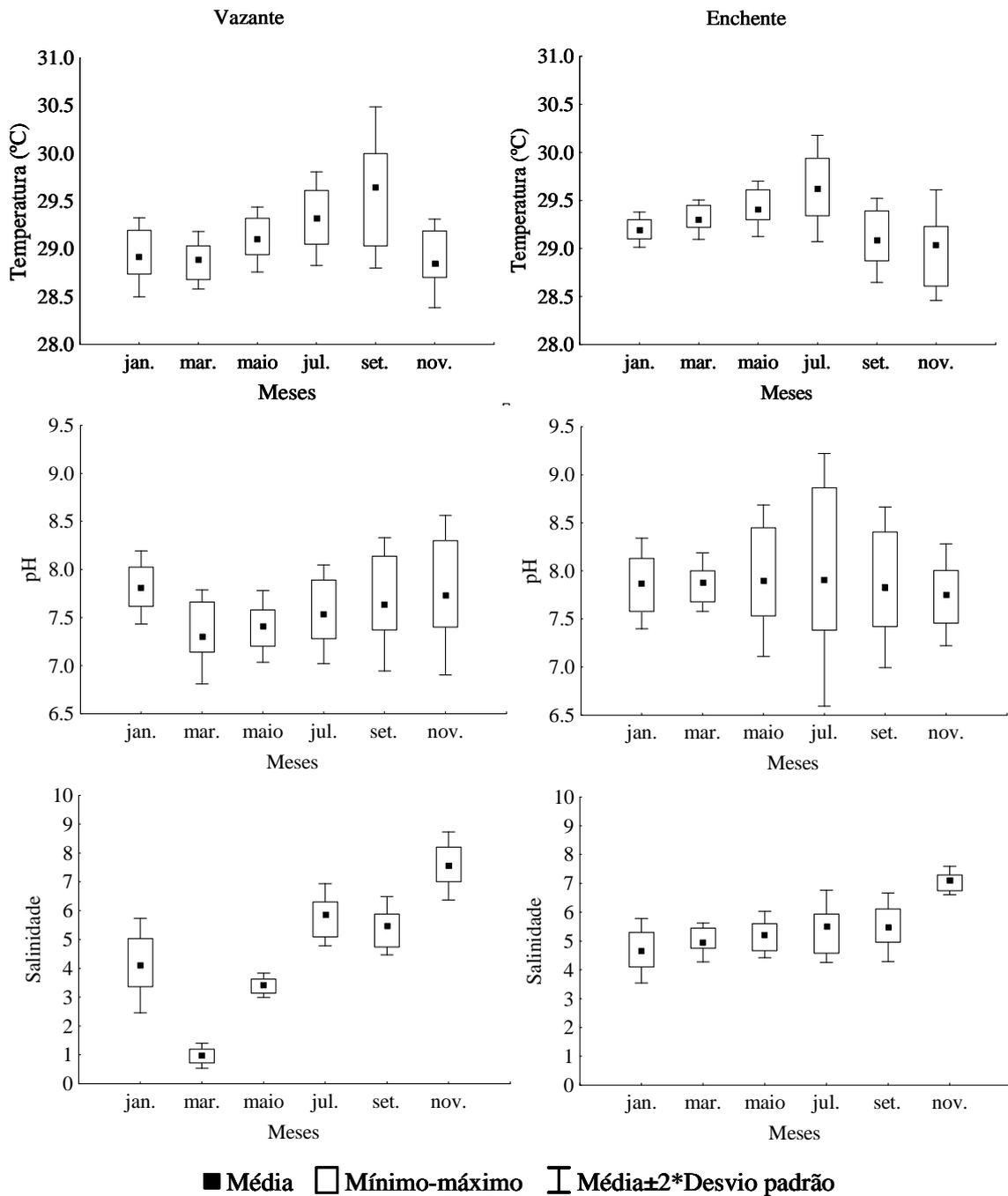


Figura 4: Média, mínimo, máximo e desvio padrão da Temperatura, pH e salinidade no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA) durante a maré vazante e enchente.

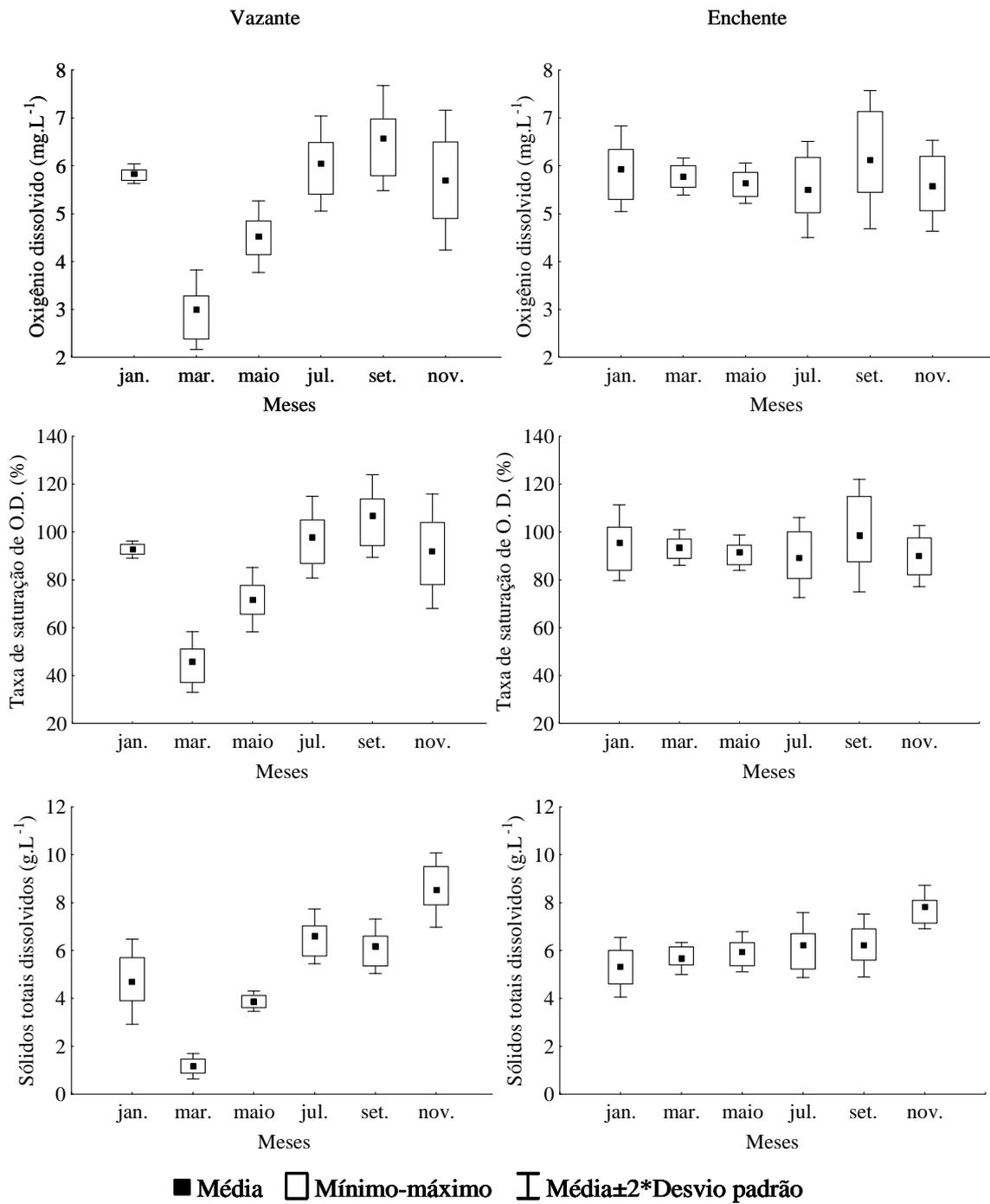


Figura 5: Média, mínimo, máximo e desvio padrão do oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA) durante a maré vazante e enchente.

4.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

4.2.1 Variação do número de táxons do microfitoplâncton

Ao longo de todo período de estudo, foi registrada a ocorrência de 78 táxons, pertencentes às Divisões Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Dinophyta e Ochrophyta (Fig. 6).

A Divisão Bacillariophyta foi predominante em número de espécies, ao longo de todo período de coleta.

As Divisões Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta e Dinophyta, foram frequentes ao longo do ano, exceto no mês de setembro, quando não houve registro de Chlorophyta e Cyanophyta. Além disso, nota-se a ocorrência da Divisão Ochrophyta apenas no mês de março, sendo representada por apenas um táxon.

No mês de janeiro foi registrado um total de 57 táxons pertencentes às Divisões Bacillariophyta (52 táxons), Chlorophyta (1), Cyanophyta (2) e Dinophyta (2).

Em março foram registrados 60 táxons, pertencentes às Divisões Bacillariophyta (52 táxons), Chlorophyta (4), Cyanophyta (2), Dinophyta (1) e Ochrophyta (1).

Em maio foram registradas 56 Bacillariophyta, 5 Chlorophyta, 3 Cyanophyta e 1 Dinophyta, perfazendo um total 65 táxons.

No mês de julho foram registrados 53 táxons, sendo 48 Bacillariophyta, 2 Chlorophyta, 1 Cyanophyta e 2 Dinophyta.

No mês de setembro foram registrados apenas táxons pertencentes às Divisões Bacillariophyta (46 táxons) e Dinophyta (1 táxon).

E no mês de novembro ocorreram 57 táxons, sendo 52 Bacillariophyta, 2 Chlorophyta, 1 Cyanophyta e 2 Dinophyta.

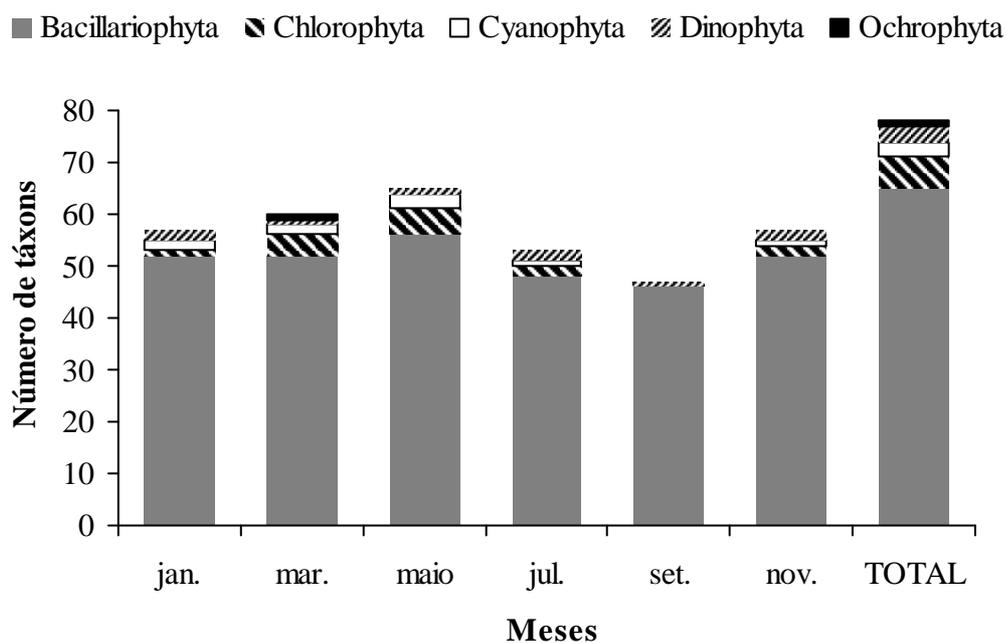


Figura 6. Variação anual do número de táxons registrados no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

4.2.2 Composição específica do microfitoplâncton

Foi registrado no estuário do rio Guajará-mirim um total de 78 táxons, distribuídos nas Divisões Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Dinophyta e Ochrophyta (Tab. 2).

A Divisão Bacillariophyta foi a mais importante, apresentando 65 táxons, o que corresponde a 83% do total.

A Divisão Chlorophyta apresentou seis táxons, correspondendo a 8% do total de táxons registrados.

As Divisões Cyanophyta e Dinophyta apresentaram, cada uma, três táxons, equivalendo cada uma delas a 4% do total.

A Divisão Ochrophyta foi a menos representativa, com apenas um táxon, equivalente a 1% do total de táxons registrados ao longo do período de estudo.

Os gêneros que apresentaram o maior número de táxons foram *Coscinodiscus* (9), *Odontella* (5), *Melosira* (4), *Navicula* (4), *Chaetoceros* (3), e *Nitzschia* (3) (Tab. 2).

No período chuvoso foi registrado um total de 71 táxons, sendo 61 Bacillariophyta, 6 Chlorophyta, 3 Cyanophyta, 2 Dinophyta e 1 Ochrophyta. Destes, treze ocorreram exclusivamente neste período.

Os táxons exclusivos do período chuvoso foram as Diatomáceas *Cerataulus laevis* Ehrenberg, *Coscinodiscus thorii* Pavillard, *Eupodiscus antiquus* (Cox) Hanna, *Helicotheca tamensis* (Shrubsole) Ricard, *Navicula humerosa* Brébisson e *Terpsinoë intermedia* Grunow; as Clorofíceas *Closterium setaceum* Ehrenberg, *Pediastrum duplex* Meyen, *Scenedesmus perforatus* Lemmermann e *Sphaerocystis* sp.; as Cianofíceas *Anabaena crassa* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg e *Mycrocystis robusta* (Clark) Nygaard; e a Ochrophyta *Dictyocha fibula* Ehrenberg.

No período de estiagem foi registrado um total de 67 táxons, sendo 59 Bacillariophyta, 3 Chlorophyta, 2 Cyanophyta e 3 Dinophyta. Destes, quatro táxons ocorreram exclusivamente neste período.

Os táxons exclusivos do período de estiagem foram as Diatomáceas *Ceratium lineatum* (Ehrenberg) Cleve, *Hemiaulus sinensis* Greville, *Lauderia annulata* Cleve e *Striatella unipunctata* (Lyngbye) Agardh.

4.2.3 Características ecológicas da flora microfitoplanctônica

Quanto à classificação ecológica dos táxons, em relação ao hábitat foi clara a predominância de espécies classificadas como marinhas planctônicas neríticas e marinhas planctônicas nerito-oceânicas. Enquanto que, com relação à salinidade, predominaram as espécies eurihalinas e as polihalóbias (Tab. 2).

Dentre os táxons que apresentaram os maiores valores de densidade, predominaram as espécies marinhas planctônicas neríticas e marinhas planctônicas nerito-oceânicas, tanto no período chuvoso como no menos chuvoso, pois não houve grande diferença na composição específica dos táxons predominantes nos dois períodos.

Tabela 2. Composição específica, ocorrência e ecologia do microfitoplâncton no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA). M.L= marinha litoral; M.P= marinha planctônica; M.P.L= marinha planctônica litoral; M.P.N= marinha planctônica nerítica; M.P.N-O= marinha planctônica nerito-oceânica; M.P.O= marinha planctônica oceânica; Epf= epifítica; Epl= Epilítica; Est= estuarina; Eu= eurihalina; Me= mesohalóbia; Pe= perifítica; Po= polihalóbia; Tc= ticoplanctônica.

Táxons	Meses						Ecologia
	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	
BACILLARIOPHYTA							
BACILLARIOPHYCEAE							
BACILLARIALES							
BACILLARIACEAE							
<i>Bacillaria paxillifera</i> (Müller) Hendey	+	+	+	+		+	M.P; Pe; Eu
<i>Nitzschia longissima</i> (Kützing) Ralfs	+	+	+	+		+	M.L
<i>Nitzschia seriata</i> Cleve		+	+			+	M.P.N; Po
<i>Nitzschia sigma</i> var. <i>sigmatella</i> Grunow	+	+	+	+	+	+	Marinha, Eu
NAVICULALES							
NAVICULACEAE							
<i>Navicula baileyana</i> Grunow ex A. Schmidt	+	+	+	+	+	+	
<i>Navicula treveliana</i> Donkin	+	+	+	+	+	+	
<i>Navicula crabo</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	
<i>Navicula humerosa</i> Brébisson	+		+				M.L; Eu
PINNULARIACEAE							
<i>Pinnularia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	Predominantemente de água doce
PLEUROSIGMATAACEAE							
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) Smith	+	+	+	+	+	+	M.L; Me
SURIRELLALES							
ENTOMONEIDACEAE							
<i>Entomoneis alata</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	M.P.L; Me; Po
SURIRELLACEAE							
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+		M.L; Est; Eu
<i>Surilella</i> sp.		+	+	+	+		
COSCINODISCOPHYCEAE							
AULACOSEIRALES							
AULACOSEIRACEAE							
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	+	+	+	+	+	+	Água doce
BIDDULPHIALES							
BIDDULPHIACEAE							
<i>Hidrosera triquetra</i> Wallech		+	+	+	+		Água doce, raramente em estuários

Continua

Tabela 2. Composição específica, ocorrência e ecologia do microfitoplâncton no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA). M.L= marinha litoral; M.P= marinha planctônica; M.P.L= marinha planctônica litoral; M.P.N= marinha planctônica nerítica; M.P.N-O= marinha planctônica neríto-oceânica; M.P.O= marinha planctônica oceânica; Epf= epifítica; Epl= Epilítica; Est= estuarina; Eu= eurihalina; Me= mesohalóbia; Pe= perifítica; Po= polihalóbia; Tc= ticoplanctônica.

Táxons	Meses						Ecologia
	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Brébisson	+	+	+	+	+	+	M.P.L; Pe; Tc; Po
<i>Odontella longicruris</i> Greville	+	+	+	+	+	+	M.P.N; M.P.N-O;
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O; Po
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Ostenfeld	+	+	+	+	+	+	M.P.N
<i>Odontella sinensis</i> Greville	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O
<i>Terpsinoë intermedia</i> Grunow			+				
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	+	+	+	+		+	M.L; Eu; Me
CHAETOCEROTALES							
CHAETOCEROTACEAE							
<i>Bacteriastrum elegans</i> Pavillard		+	+		+	+	Nerítica
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve						+	M.P.O
<i>Chaetoceros brevis</i> Schütt		+	+	+	+	+	M.P.N-O; Po
<i>Chaetoceros</i> sp.		+	+	+	+		
COSCINODISCALES							
COSCINODISCAEAE							
<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenberg	+	+	+		+	+	M.P.N
<i>Coscinodiscus argus</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	M.P.N
<i>Coscinodiscus concinnus</i> Smith	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Greville) Ostenfeld	+	+		+	+		M.P.N; Po
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg	+				+		M.P.N-O
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O; Po
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O; Po
<i>Coscinodiscus rothii</i> (Ehrenberg) Grunow	+	+	+	+	+	+	M.P.N; Eu
<i>Coscinodiscus thorii</i> Pavillard			+				M.P.N; Eu
HELIOPELTACEAE							
<i>Actinoptychus senarius</i> Ehrenberg	+	+	+			+	M.L; Eu
<i>Polymyxus coronalis</i> Bailey	+	+	+	+	+	+	M.P.N
HEMIDISCAEAE							
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt	+	+	+	+	+	+	
HEMIAULALES							
BELLEROCHAEAE							
<i>Bellerochea horologicalis</i> Van Heurck	+	+	+	+	+	+	M.P.N
HEMIAULACEAE							
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville				+	+	+	M.P.N; Po

Continua

Tabela 2. Composição específica, ocorrência e ecologia do microfitoplâncton no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA). M.L= marinha litoral; M.P= marinha planctônica; M.P.L= marinha planctônica litoral; M.P.N= marinha planctônica nerítica; M.P.N-O= marinha planctônica nerito-oceânica; M.P.O= marinha planctônica oceânica; Epf= epifítica; Epl= Epilítica; Est= estuarina; Eu= eurihalina; Me= mesohalóbia; Pe= perifítica; Po= polihalóbia; Tc= ticoplanctônica.

Táxons	Meses						Ecologia
	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	
STREPTOTHECACEAE							
<i>Helicotheca tamensis</i> (Shrubssole) Ricard	+						M.P.N; Po
LEPTOCYLINDRALES							
LEPTOCYLINDRACEAE							
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+					+	M.P.N; Po
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	+	+	+			+	M.P.N
LITHODESMIALES							
LITHODESMIACEAE							
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow	+	+	+	+	+	+	M.P.N; Po
<i>Ditylum sol</i> (West) Grunow	+	+	+	+			M.P.N
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg	+	+		+	+	+	M.P.N; Eu
MELOSIRALES							
MELOSIRACEAE							
<i>Melosira arctica</i> (Ehrenberg) Dickie	+	+	+	+	+	+	Nerítica litoral
<i>Melosira dubia</i> Kützing	+	+	+	+	+	+	Marinha
<i>Melosira islandica</i> Müller	+	+	+	+		+	Água doce, planctônica
<i>Melosira nummuloides</i> (Ehrenberg) Agardh	+	+	+	+	+	+	M.L; Epf; Me
PARALIALES							
PARALIACEAE							
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	+	+	+		+	+	M.L; Eu
RHIZOLENIALES							
RHIZOLENIACEAE							
<i>Rhizolenia hebetata</i> Bailey	+	+	+	+	+	+	M.P.O; Po
THALASSIOSIRALES							
LAUDERIAACEAE							
<i>Lauderia annulata</i> Cleve						+	M.P.N
SKELETONEMATAACEAE							
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O; Eu, Po
STEPHANODISCACEAE							
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Cleve & Grunow	+	+	+	+	+	+	M.L; Eu; Me
TRICERATIALES							
TRICERATIACEAE							
<i>Cerataulus laevis</i> Ehrenberg			+				

Continua

Tabela 2. Composição específica, ocorrência e ecologia do microfitoplâncton no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA). M.L= marinha litoral; M.P= marinha planctônica; M.P.L= marinha planctônica litoral; M.P.N= marinha planctônica nerítica; M.P.N-O= marinha planctônica neríto-oceânica; M.P.O= marinha planctônica oceânica; Epf= epifítica; Epl= Epilítica; Est= estuarina; Eu= eurihalina; Me= mesohalóbia; Pe= perifítica; Po= polihalóbia; Tc= ticoplanctônica.

Táxons	Meses						Ecologia
	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	
<i>Cerataulus smithii</i> Ralfs	+	+	+	+	+	+	M.L; Eu
<i>Eupodiscus antiquus</i> (Cox) Hanna	+		+				M.P.N; Po
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	+	M.L; Est; Eu
<i>Triceratium favus</i> f. <i>quadrata</i> Villefranche	+	+	+	+		+	M.L; Eu
FRAGILARIOPHYCEAE							
FRAGILARIALES							
FRAGILARICEAE							
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	+		+		+	+	M.P.N; Eu
<i>Fragilaria</i> sp.	+	+	+	+	+	+	
STRIATELLALES							
STRIATELLACEAE							
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh				+		+	M.L
THALASSIONEMATALES							
THALASSIONEMATACEAE							
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff	+	+	+	+	+	+	M.P.N-O; Po
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	+	+	+	+	+	+	M.P.O; Tc; Eu; Me
CHLOROPHYTA							
CHLOROPHYCEAE							
CHLOROCOCCALES							
HYDRODICTYACEAE							
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		+	+	+			Água doce
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	+	+	+	+		+	Água doce
PALMELLACEAE							
<i>Sphaerocystis</i> sp.			+				
SCENEDESMACEAE							
<i>Scenedesmus perforatus</i> Lemmermann		+					Água doce
ZYGNEMATALES							
CLOSTERIACEAE							
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg			+				Água doce
DESMIDIACEAE							
<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>insigne</i> W. & G. S. West		+	+			+	

Continua

Tabela 2. Composição específica, ocorrência e ecologia do microfitoplâncton no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA). M.L= marinha litoral; M.P= marinha planctônica; M.P.L= marinha planctônica litoral; M.P.N= marinha planctônica nerítica; M.P.N-O= marinha planctônica neríto-oceânica; M.P.O= marinha planctônica oceânica; Epf= epifítica; Epl= Epilítica; Est= estuarina; Eu= eurihalina; Me= mesohalóbia; Pe= perifítica; Po= polihalóbia; Tc= ticoplanctônica.

Táxons	Meses						Ecologia
	Jan	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	
CYANOPHYTA							
CYANOPHYCEAE							
CHROOCOCCALES							
CHROOCOCCACEAE							
<i>Mycrocystis robusta</i> (Clark) Nygaard			+				Planctônica
NOSTOCALES							
NOSTOCACEAE							
<i>Anabaena crassa</i> (Lemmermann)	+	+	+	+			Água doce,
Komárková-Legnerová & Cronberg							planctônica
OSCILLATORIAACEAE							
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher	+	+	+			+	Água doce
DINOPHYTA							
DINOPHYCEAE							
GONYAULACALES							
CERATIACEAE							
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	+			+		+	M.P.N
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve						+	M.P
PERIDINIALES							
PROTOPERIDINIAACEAE							
<i>Protoperdinium depressum</i> (Bailey) Balech	+	+	+	+	+		Oceânica, nerítica.
OCHROPHYTA							
DICTYOCHOPHYCEAE							
DICTYOCHALES							
DICTYOCHACEAE							
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg		+					M.P.O

4.2.4 Frequência de ocorrência dos táxons

Todos os táxons que foram classificados como muito frequentes ($F > 70\%$) ou frequentes ($40\% < F \leq 70\%$), pertencem à Divisão Bacillariophyta. Exceto a espécie *Pediastrum simplex* (Chlorophyta), que foi classificada como frequente, com 58% de frequência de ocorrência (Tab. 3).

Vale destacar as espécies *Coscinodiscus rothii* e *Skeletonema costatum*, que apresentaram 100% de frequência de ocorrência, ou seja, estiveram presentes em 100% das amostras coletadas.

Com exceção de *Pediastrum simplex*, todos os táxons pertencentes às Divisões Chlorophyta, Cyanophyta, Dinophyta e Ochrophyta, distribuíram-se nas classes pouco frequente ($10\% < F \leq 40\%$) e esporádica ($F \leq 10\%$) (Tab. 3).

Tabela 3. Frequência de ocorrência dos táxons microfitoplanctônicos registrados no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

MUITO FREQUENTE (F > 70%)
BACILLARIOPHYTA: <i>Actinocyclus normanii</i> , <i>Cerataulus smithii</i> , <i>Coscinodiscus concinnus</i> , <i>C. perforatus</i> , <i>C. rothii</i> , <i>Melosira arctica</i> , <i>M. dubia</i> , <i>M. nummuloides</i> , <i>Odontella mobiliensis</i> , <i>O. regia</i> , <i>O. sinensis</i> , <i>Pleurosigma angulatum</i> , <i>Polymyxus coronalis</i> , <i>Skeletonema costatum</i> e <i>Triceratium favus</i> .
FREQUENTE (40% < F ≤ 70%)
BACILLARIOPHYTA: <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Bacillaria paxillifera</i> , <i>Bellerochea horologicalis</i> , <i>Chaetoceros brevis</i> , <i>Coscinodiscus oculus iridis</i> , <i>Cyclotella striata</i> , <i>Ditylum brightwelli</i> , <i>Entomoneis alata</i> , <i>Fragilaria</i> sp., <i>Navicula baileyana</i> , <i>Navicula treveliana</i> , <i>Nitzschia sigma</i> var. <i>sigmatella</i> , <i>Odontella longicuris</i> , <i>Rhizosolenia hebetata</i> e <i>Thalassionema frauenfeldii</i> ; CHLOROPHYTA: <i>Pediastrum simplex</i> .
POUCO FREQUENTE (10% < F ≤ 40%)
BACILLARIOPHYTA: <i>Actinoptychus senarius</i> , <i>Asterionellopsis glacialis</i> , <i>Bacteriastrum elegans</i> , <i>Chaetoceros</i> sp., <i>Coscinodiscus apiculatus</i> , <i>Coscinodiscus argus</i> , <i>Coscinodiscus jonesianus</i> , <i>Ditylum sol</i> , <i>Hemiaulus sinensis</i> , <i>Hidrosera triquetra</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Leptocylindrus minimus</i> , <i>Lithodesmium undulatum</i> , <i>Melosira islandica</i> , <i>Navicula crabo</i> , <i>Nitzschia longissima</i> , <i>Nitzschia seriata</i> , <i>Odontella aurita</i> , <i>Paralia sulcata</i> , <i>Pinnularia</i> sp., <i>Striatella unipunctata</i> , <i>Surirella fastuosa</i> , <i>Surirella</i> sp., <i>Terpsinoë musica</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i> e <i>Triceratium favus</i> f. <i>quadrata</i> ; CHLOROPHYTA: <i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>insigne</i> e <i>Sphaerocystis</i> sp.; CYANOPHYTA: <i>Anabaena crassa</i> e <i>Oscillatoria princeps</i> ; DINOPHYTA: <i>Ceratium fusus</i> e <i>Protoperidinium depressum</i> .
ESPORÁDICA (F ≤ 10%)
BACILLARIOPHYTA: <i>Cerataulus laevis</i> , <i>Chaetoceros atlanticus</i> , <i>Coscinodiscus lineatus</i> , <i>Coscinodiscus thorii</i> , <i>Eupodiscus antiquus</i> , <i>Helicotheca tamensis</i> , <i>Lauderia annulata</i> , <i>Navicula humerosa</i> e <i>Terpsinoë intermedia</i> ; CHLOROPHYTA: <i>Closterium setaceum</i> , <i>Pediastrum duplex</i> e <i>Scenedesmus perforatus</i> ; CYANOPHYTA: <i>Mycrocystis robusta</i> ; DINOPHYTA: <i>Ceratium lineatum</i> ; OCHROPHYTA: <i>Dictyocha fibula</i> .

4.2.5 Densidade do microfitoplâncton

Ao longo do período de estudo, a menor densidade microfitoplanctônica registrada na maré vazante foi 5.334 (P1/maio) e a maior foi 2.047.979 org.L⁻¹ (P3/janeiro). Na maré enchente, a mínima foi de 666 org.L⁻¹ (P3/julho) e a máxima foi 418.995 org.L⁻¹ (P2/janeiro) (Fig. 7). Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) na densidade entre os meses de coleta, tanto na maré vazante ($H = 15,41$; $p = 0,0087$) quanto na enchente ($H = 20,78$; $p = 0,0009$)

Na maré vazante, observaram-se diferenças significativas da densidade do microfitoplâncton entre os meses de janeiro e março ($H = 13,25$; $p = 0,008$), janeiro e maio ($H = 14,75$; $p = 0,0032$), janeiro e Julho ($H = 14,5$; $p = 0,0037$), janeiro e novembro ($H = 13$; $p = 0,0093$), maio e setembro ($H = 10,25$; $p = 0,0404$) e entre julho e setembro ($H = 10$; $p = 0,0455$). Na maré enchente houve diferença significativa de densidade microfitoplanctônica entre os meses de janeiro e março ($H = 11,75$; $p = 0,0188$), janeiro e maio ($H = 18$; $p = 0,0003$), janeiro e julho ($H = 17,75$; $p = 0,0004$), maio e setembro ($H = 13,25$; $p = 0,008$), maio e novembro ($H = 10,25$; $p = 0,0404$), julho e setembro ($H = 13$; $p = 0,0093$) e entre julho e novembro ($H = 10$; $p = 0,0455$).

O mês de janeiro foi o que apresentou os maiores valores de densidade, variando de 106.000 (P1/enchente) a 2.047.979 org.L⁻¹ (P3/vazante), sendo que a densidade média na maré vazante foi 752.325 ± 874.964 e na enchente foi de 318.497 ± 146.796 org.L⁻¹ (Fig. 7). Neste mês, os táxons de maior densidade foram *Leptocylindrus danicus*, *Leptocylindrus minimus* e *Skeletonema costatum*, que foi predominante, tendo alcançado 98% da densidade no ponto 3, durante a maré vazante (Fig. 8).

Em março, a densidade variou de 7.600 (P4/vazante) a 19.600 org.L⁻¹ (P2/vazante), com média de 13.250 ± 5.262 na maré vazante e 13.000 ± 1.187 org.L⁻¹ na maré enchente (Fig. 7), sendo que os táxons predominantes foram *Actinocyclus normanii*, *Coscinodiscus concinnus*, *Cyclotella striata*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum*. Neste mês, *Skeletonema costatum* novamente foi predominante, exceto no ponto 4, durante a maré enchente, onde não houve registro desta espécie. Neste ponto de coleta predominaram as espécies *Coscinodiscus concinnus*, *Cyclotella striata* e *Polymyxus coronalis* (Fig. 8).

Em maio, a densidade variou de 3.999 (P3/enchente) a 34.330 org.L⁻¹ (P3/vazante), com média de 16.249 ± 13.366 na maré vazante e 5.749 ± 1.288 org.L⁻¹ na maré enchente

(Fig. 7). A partir deste mês, ocorreu uma redução significativa da densidade de *Skeletonema costatum*, que até então era predominante, cedendo espaço para o aumento da densidade de outros táxons. Neste mês, nota-se um aumento do número de táxons com densidade elevada, havendo a predominância de *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira granulata*, *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus rothii*, *Cyclotella striata*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum* (Fig. 8).

Em julho, a densidade variou de 666 org.L⁻¹ (P3/enchente) a 26.664 org.L⁻¹ (P1/vazante), sendo que a média na maré vazante foi de 13.332±9.128 e na maré enchente foi 6.666±5.525 org.L⁻¹ (Fig. 7). De maneira semelhante ao mês de maio, este mês apresentou um considerável número de espécies com densidade elevada, destacando-se *Actinocyclus normanii*, *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus rothii*, *Cyclotella striata*, *Melosira arctica*, *Melosira nummuloides*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum* (Fig. 8).

Em setembro, a densidade variou de 26.332 (P4/enchente) a 98.996 org.L⁻¹ (P4/vazante), com média de 74.081±19.286 na maré vazante e 54.665±22.315 org.L⁻¹ na enchente (Fig. 7). Neste mês predominaram apenas as espécies *Coscinodiscus concinnus* e *Polymyxus coronalis*, sendo que *Coscinodiscus concinnus* apresentou densidade superior a 70% do total em várias amostras (Fig. 8).

No mês de novembro, a densidade do microfitoplâncton variou de 7.334 (P2/vazante) a 68.333 org.L⁻¹ (P4/vazante), apresentando média de 24.250±29.442 na vazante e 30.332±23.712 org.L⁻¹ na enchente (Fig. 7). Neste mês novamente ocorre um aumento do número de táxons com elevada densidade, sendo que foram predominantes *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira granulata*, *Coscinodiscus rothii*, *Cyclotella striata*, *Melosira nummuloides*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum* (Fig. 8).

Vale ressaltar que 99,89% dos táxons registrados na análise de densidade pertencem à Divisão Bacillariophyta, enquanto que outros táxons pertencentes às Divisões Cyanophyta e Dinophyta corresponderam a 0,11%. Dentre os táxons pertencentes a estas Divisões, foram registrados apenas *Anabaena crassa* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg, nos meses de janeiro e maio; *Oscillatoria princeps* Vaucher, em janeiro e, *Protoperdinium depressum* (Bailey) Balech, em setembro.

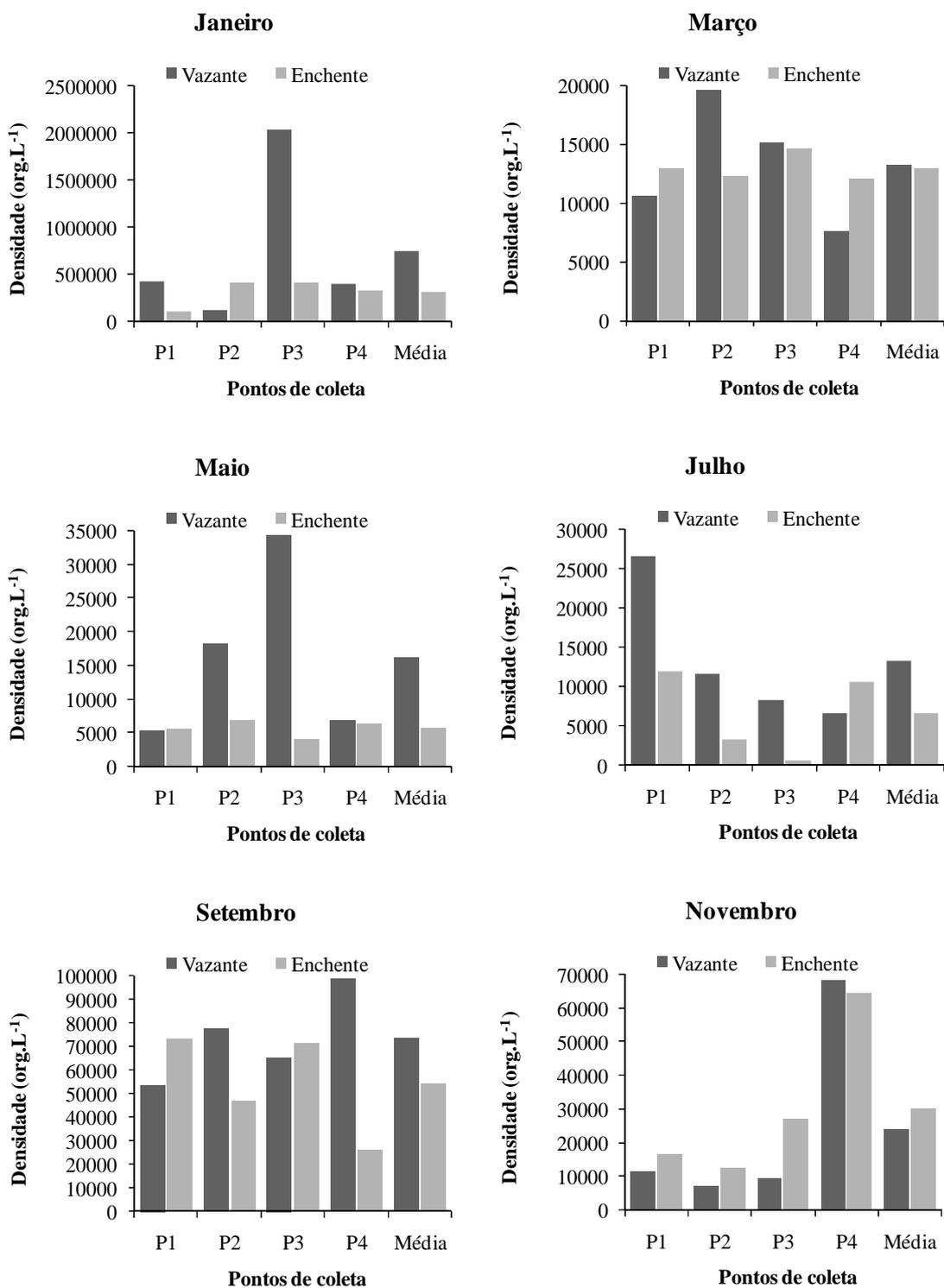


Figura 7. Variação da densidade do microfitoplâncton (org.L^{-1}) no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

- Actinocyclus normanii*
- Coscinodiscus rothii*
- Leptocylindrus minimus*
- Polymyxus coronalis*
- Aulacoseira granulata*
- Cyclotella striata*
- Melosira arctica*
- Skeletonema costatum*
- Coscinodiscus concinnus*
- Leptocylindrus danicus*
- Melosira nummuloides*
- Outros táxons

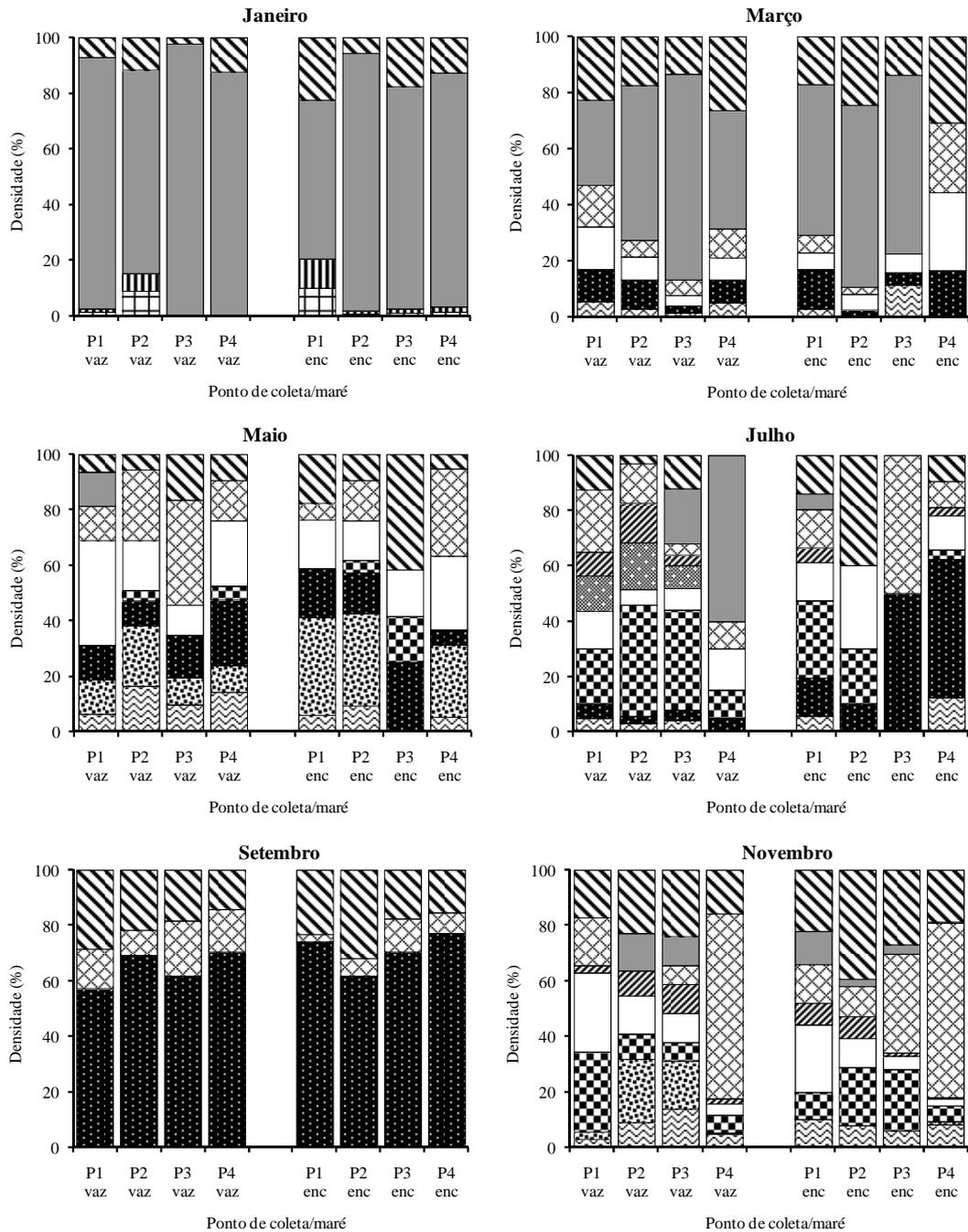


Figura 8. Variação da densidade do microfitoplâncton em termos percentuais, no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

4.2.6 Diversidade e equitabilidade

A comunidade microfítocoplânctônica do estuário do rio Guajará-mirim caracterizou-se como de diversidade média, apresentando média geral anual de 2,40.

Ao longo do ano a diversidade do microfítocoplâncton variou de muito baixa a alta, tendo sido registrada alta diversidade nos meses de maio (3,16) e julho (3,35); diversidade média nos meses de março (2,80) e novembro (2,98). Enquanto que no mês de setembro a diversidade foi baixa (1,95) e no mês de janeiro, muito baixa (0,74) (Fig. 9).

A equitabilidade seguiu a mesma tendência da diversidade, tendo sido o maior valor registrado no mês de julho (0,80) e o menor valor no mês de janeiro (0,15). No mês de março a equitabilidade foi de 0,58; em maio foi de 0,69; em setembro foi de 0,41 e em novembro correspondeu a 0,64 (Fig. 9).

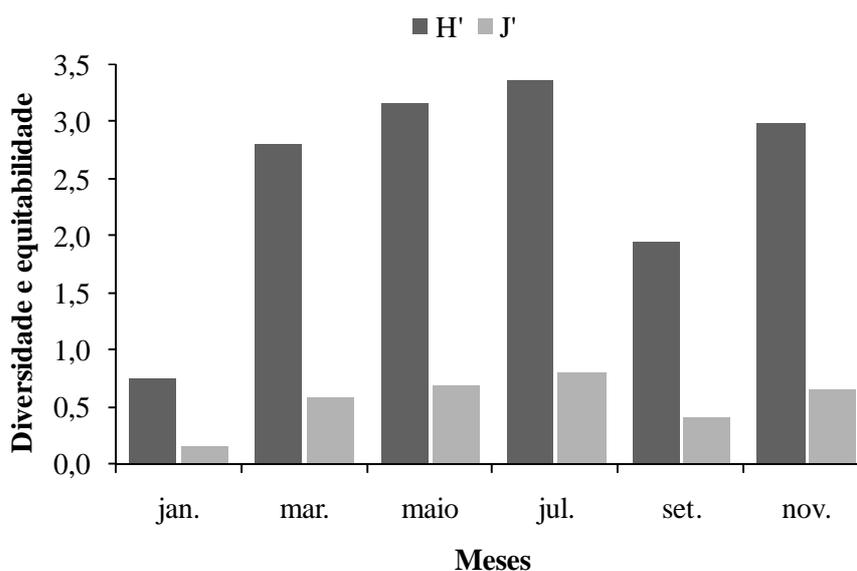


Figura 9. Variação sazonal da diversidade (H') e equitabilidade (J') no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

Ao se analisar os períodos considerados chuvoso (janeiro a junho) e estiagem (julho a dezembro) na região, observa-se uma considerável variação da diversidade e equitabilidade entre os pontos de coleta.

Durante o período de estiagem, verificou-se que em todos os quatro pontos de coleta a diversidade se manteve entre 2 e 3, configurando diversidade média. Enquanto que, durante o período chuvoso a diversidade foi muito baixa no ponto 3 (0,63) e baixa nos pontos 1, 2 e 4, com valores de 1,37; 1,30 e 1,20, respectivamente (Fig. 10).

A equitabilidade variou de 0,12 (ponto 3/período chuvoso) a 0,61 (ponto 1/período de estiagem). Durante o período chuvoso a equitabilidade foi 0,30 no ponto 1; 0,27 no ponto 2 e 0,27 no ponto 4. No período de estiagem, a equitabilidade apresentou valores de 0,58 no ponto 2; 0,57 no ponto 3 e 0,52 no ponto 4.

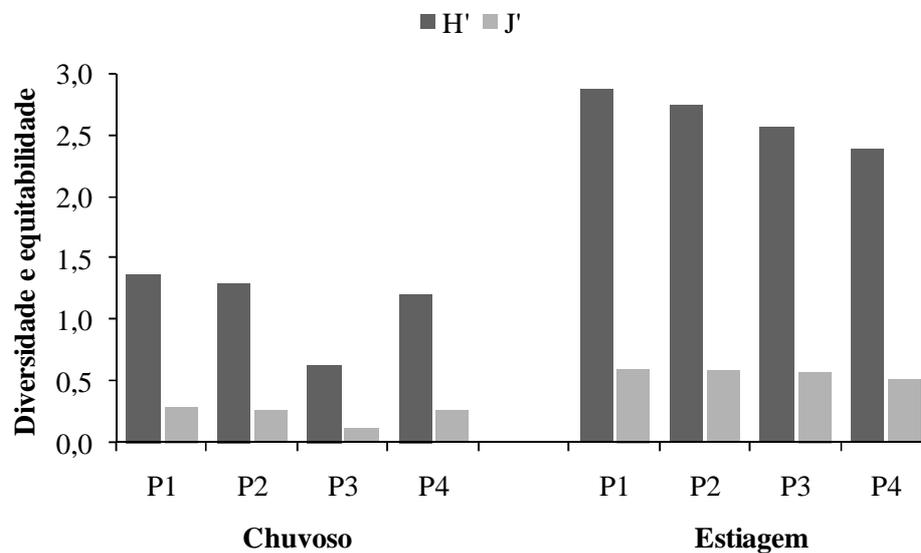


Figura 10. Variação espacial da diversidade (H') e equitabilidade (J'), durante os períodos chuvoso e de estiagem no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.3.1 Análise de agrupamento das amostras

De maneira geral, observa-se um elevado grau de similaridade entre a grande maioria das amostras (acima de 50%), sendo que formação de grupos esteve relacionada principalmente ao regime de chuvas da região.

Ocorreu a formação de um grupo composto predominantemente por amostras dos meses de janeiro e março e outro grupo composto predominantemente por amostras dos meses de julho, setembro e novembro. Observou-se também a nítida separação do mês de janeiro, formando um grupo, e também outro grupo que se formou com a maioria das amostras do mês de setembro (Fig. 11).

A análise cofenética da matriz de associação das amostras fitoplanctônicas apresentou $r= 0,80154$. Desta forma, pode ser considerado significativo o agrupamento das amostras.

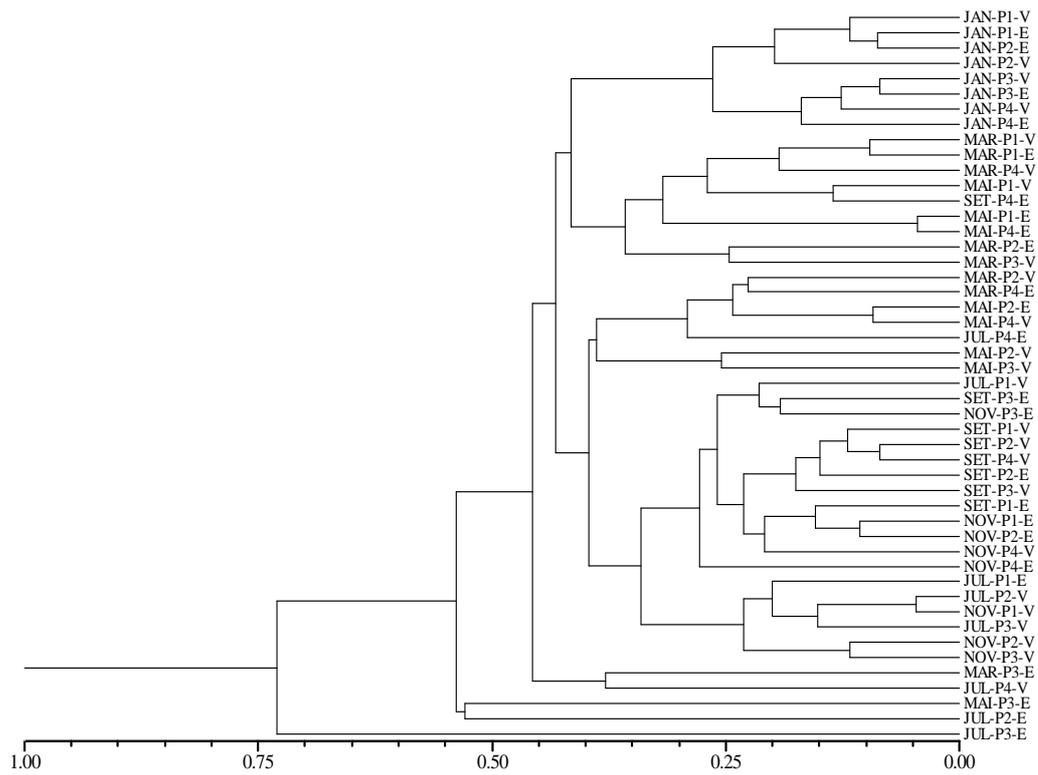


Figura 11. Dendrograma de associação das amostras fitoplanctônicas no estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

4.3.2 Análise de componentes principais

Os componentes principais 1, 2 e 3 explicaram 47,20% da variância, sendo que o componente 1 correspondeu a 21,01%; o componente 2 correspondeu a 15,19% e o componente 3 correspondeu a 11% (Fig. 12).

O eixo 1 exibiu alta correlação direta entre os táxons *Coscinodiscus rothii*, *Melosira arctica*, *M. dubia*, *M. nummuloides* e *Odontella regia* e, destes com os parâmetros salinidade, sólidos totais dissolvidos, concentração de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio dissolvido. Na parte negativa do eixo 1, a pluviosidade foi correlacionada com os táxons *Aulacoseira granulata*, *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus*, *Navicula baileyana* e *Skeletonema costatum*.

Na parte positiva do eixo 2, ocorreu alta correlação entre os táxons *Actinocyclus normanii*, *coscinodiscus concinnus*, *Fragilaria* sp., *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum*. Estes táxons também apresentaram correlação direta com a diversidade específica.

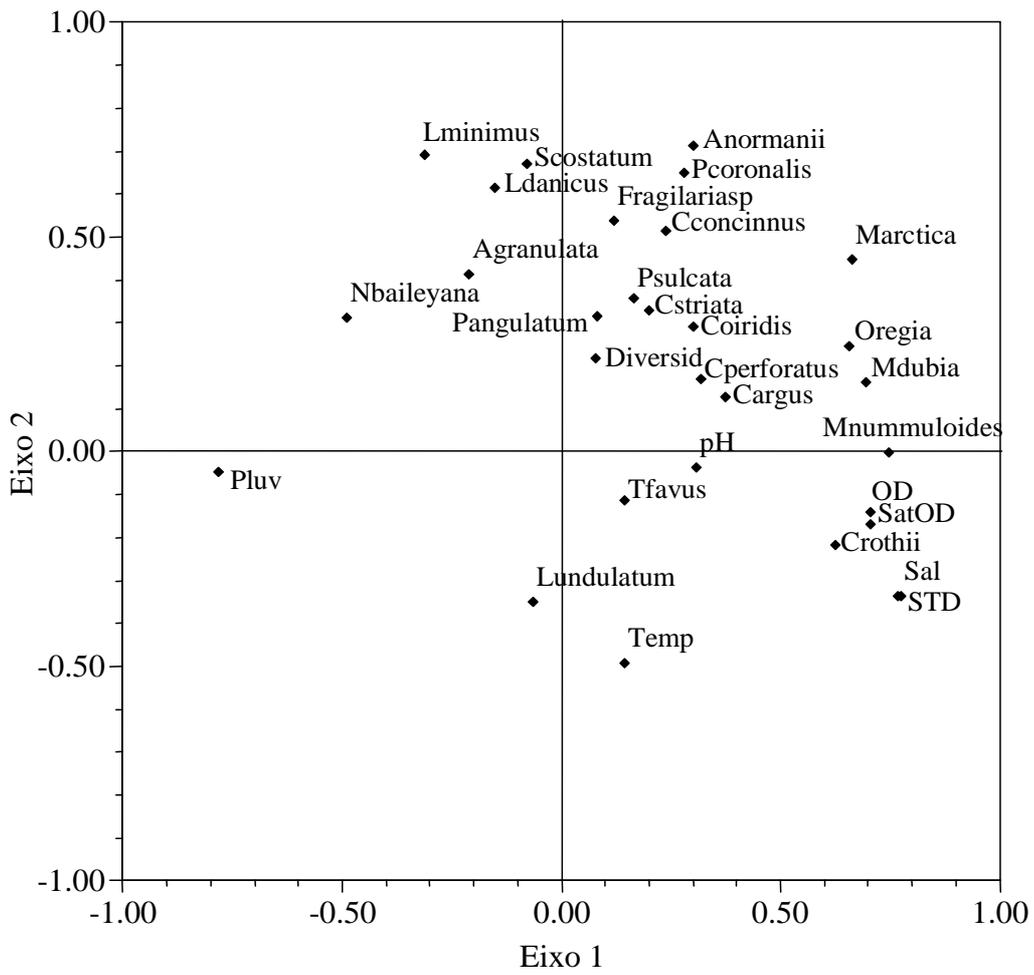


Figura 12. Projeção dos dois primeiros componentes principais, baseados nos dados de parâmetros físico-químicos e densidade das principais espécies do estuário do rio Guajará-mirim (Vigia - PA).

5 DISCUSSÃO

Os dados de pluviosidade mostraram que a região onde está localizado o rio Guajará-mirim apresenta uma característica climática predominante na região, composta por um período intenso de chuvas, o “período chuvoso” (janeiro a junho), e outro período denominado “menos chuvoso” ou “estiagem” (julho a dezembro).

A baixa variação espacial dos parâmetros físico-químicos (semelhança de valores entre as estações de coleta) comprova o elevado grau de mistura das águas no estuário.

A maior variabilidade sazonal que ocorre durante a maré vazante, mostra a forte influência da descarga do rio Guajará-mirim, ao contrário do que ocorre durante a maré enchente, quando nota-se uma menor variabilidade sazonal dos parâmetros, indicando uma redução da influência da descarga do rio e aumento da influência das águas da baía do Marajó sobre o estuário.

De maneira geral, observa-se que os parâmetros físico-químicos apresentaram menores valores durante o mês de março e os valores mais elevados foram registrados durante os meses de setembro e novembro. Esta variação dos parâmetros físico-químicos está diretamente relacionada à variação do índice pluviométrico, que condiciona as características ambientais na região.

A temperatura da água apresentou baixa amplitude ao longo do ano, tendo um discreto padrão de variação sazonal, com os valores mais baixos nos meses de março e novembro, enquanto que, as temperaturas mais elevadas ocorreram em setembro e julho, meses de baixos índices de pluviosidade. Resultados semelhantes foram registrados por Santana (2004) no estuário do rio Marapanim - PA, onde a temperatura apresentou uma amplitude de variação de 3,40°C, com mínima de 26,90 e máxima de 30,30 °C.

Outros estudos realizados em estuários das regiões norte e nordeste do Brasil mostram maiores amplitudes de variação da temperatura, como por exemplo, nos estuários dos rios Curuçá e Muriá - PA, onde Palheta (2005) registrou mínima de 20,8 e máxima de 29,5°C no estuário do rio Curuçá e, no estuário do rio Muriá registrou mínima de 20,6 e máxima de 29,5°C. Na Baía de Guajará, Belém - PA, a temperatura variou entre 27,1 e 33,7°C (PAIVA et al., 2006); no estuário do rio Timbó, Paulista - PE, (25°C a 30°C) (GREGO et al., 2004) e no estuário do rio Una - PE, a temperatura variou de 23,8 a 32°C (BASTOS et al., 2005).

O potencial hidrogeniônico se manteve sempre alcalino em todo o período de estudo, não sendo observada uma representativa variação sazonal ou espacial. Além disso, verificou-se que não houve importantes diferenças, em relação aos diferentes regimes de maré. Resultados semelhantes foram apresentados por Palheta (2005) que registrou pH variando de 6,87 a 8,12 no estuário do rio Curuçá - PA, e de 6,95 a 8,07 no estuário do rio Muriá - PA. Enquanto que, no estuário do rio Marapanim, Santana (2004) registrou pH variando de ácido (período chuvoso) a alcalino (período de estiagem).

Na maré vazante, nota-se uma maior variabilidade sazonal da salinidade, diretamente relacionada com o regime pluviométrico da região, apresentando os teores mais baixos em março e os mais elevados no mês de novembro. Por outro lado, no período de maré enchente, a variabilidade temporal é menor, também apresentando a maior salinidade em novembro.

Os valores de salinidade registrados no estuário do rio Guajará-mirim podem ser considerados baixos, quando comparados a outros estuários da região nordeste do Estado do Pará, onde os teores de salinidade em superfície se aproximam de 40, durante o período de estiagem (CONTENTE et al., 2007; MESQUITA et al., 2006; PALHETA., 2005; SANTANA, 2004; SOUSA et al., 2008). Os baixos valores de salinidade do estuário do rio Guajará-mirim se devem principalmente à distância que este apresenta em relação ao oceano e também à grande descarga de água doce, que ocorre principalmente no período chuvoso.

A concentração e a taxa de saturação de oxigênio dissolvido também apresentaram sazonalidade, principalmente na maré vazante. Uma menor amplitude de variação na concentração de oxigênio dissolvido foi registrada por Contente et al., (2007), no estuário do rio Curuçá - PA, onde a concentração de oxigênio variou de 7,8 a 8,4 mg.L⁻¹ (período de estiagem), e de 7,9 a 8,5 mg.L⁻¹ (período chuvoso).

Resultados semelhantes foram registrados por Noriega et al., (2005), no sistema estuarino de Barra das Jangadas - PE, onde as estações mais internas apresentaram menores concentrações de oxigênio dissolvido, devido ao lançamento de efluentes domésticos e industriais. Neste estuário, a concentração de oxigênio dissolvido variou de 2,35 ml.L⁻¹ (43,36%) - estação mais interna, a 5,09 ml.L⁻¹ (106,48%) - estação mais externa. Outros estudos realizados em estuários também mostraram resultados diferentes,

como os de Feitosa et al., (1999b) no estuário do rio Goiana - PE e Santos-Fernandes et al. (1998) no estuário do rio Jaguaribe - PE.

Os sólidos totais dissolvidos apresentaram os menores valores em março, sendo que estes valores foram aumentando à medida que se aproximavam os meses de menor pluviosidade. Isso pode estar relacionado ao padrão de circulação local, havendo um aumento da ressuspensão de sedimentos durante o período de estiagem.

Um estudo realizado em uma área próxima por Santos et al. (2008), que trata sobre a distribuição espaço-temporal de variáveis físico-químicas na baía do Marajó, apresentou resultados semelhantes, com as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos ocorrendo no período de estiagem (julho a dezembro).

De acordo com Schmidt (1973), durante o período de estiagem, quando o nível da coluna d'água é reduzido, processos de ressuspensão de sedimento e a mineralização da matéria orgânica, oriunda decomposição, são as principais fontes de nutrientes para o fitoplâncton.

Em relação ao número de organismos registrados no estuário do rio Guajará-mirim, pode-se afirmar que este foi baixo se comparado a outros estuários do Estado do Pará, como por exemplo, o estudo realizado por Santana (2004) no estuário do rio Marapanim - PA, onde foram registrados 181 táxons; o estudo realizado por Paiva et al. (2006) na baía do Guajará e foz do rio Guamá - PA, onde se registrou 116 táxons e; o trabalho de Sousa et al. (2006) que identificaram 130 táxons em uma área próxima à ilha Canela (Bragança - PA).

O estuário do rio Guajará-mirim, apresentou ao longo do ano, uma composição microfítotoplanctônica dominada por diatomáceas, tanto em riqueza, quanto em densidade de organismos. Diversos estudos realizados em estuários do Norte e Nordeste brasileiro apresentaram resultados semelhantes, comprovando a predominância das diatomáceas neste tipo de ambiente (FEITOSA et al., 1999a; KOENING et al., 2002; HONORATO-SILVA et al., 2004; SANTANA, 2004; PAIVA et al., 2006; SOUSA et al., 2008).

Apesar de haverem poucos estudos publicados sobre o fitoplâncton no estado do Pará, pode-se afirmar que predominam nos estuários paraenses as espécies marinhas neríticas eurihalinas, como pode ser comprovado em estudo realizado no estuário do rio Marapanim - PA (SANTANA, 2004), na Baía do Guajará (PAIVA et al. 2006), na Ilha Canela, Bragança - PA (SOUSA et al. 2008) e também no estuário do rio Guajará-mirim.

Foram registrados treze táxons exclusivamente no período chuvoso e quatro exclusivamente no período menos chuvoso, sendo que 30% dos táxons exclusivos do período chuvoso pertencem à divisão Chlorophyta, evidenciando a forte influência da descarga de água doce do rio Guajará-mirim e a preferência deste grupo pelas águas que apresentaram baixos teores de salinidade.

A análise de frequência de ocorrência dos táxons mostra a excelente adaptabilidade das diatomáceas às condições físico-químicas em toda a extensão do estuário, independente da época do ano. Por outro lado, os táxons pertencentes às outras divisões registradas foram classificados como esporádicos, demonstrando que apesar da baixa variabilidade espacial e sazonal dos parâmetros físico-químicos e da baixa salinidade, este estuário não apresenta condições propícias ao desenvolvimento destes táxons.

É comum o predomínio de diatomáceas nos estuários tropicais, devido ao caráter eurihalino destes organismos. Este grupo chega a dominar com mais de 70% da comunidade fitoplanctônica em outros estuários do Norte (SANTANA, 2004; PAIVA et al., 2006; SOUSA et al., 2008) e Nordeste do Brasil (ESKINAZI-LEÇA e KOENING, 1985/86; SILVA-CUNHA et al., 1987).

De acordo com Paiva et al. (2006), os baixos valores de salinidade registrados na Baía do Guajará e foz do rio Guamá, não impedem que se instale no estuário uma população fitoplanctônica semelhante àquela já observada em outros estuários brasileiros, ou seja, uma presença considerável de diatomáceas marinhas eurihalinas, as quais dominam durante todo o ano sobre os demais grupos.

Os índices de diversidade de espécies podem ser compreendidos como descritores da estrutura de uma comunidade, sendo consideradas comunidades muito ricas aquelas que possuem muitas espécies presentes e, igualmente abundantes. Desse modo, os índices ponderam tanto a presença de espécies como a relação de abundância nas comunidades pesquisadas (BROWER e ZAR, 1984).

De acordo com Levinton (1995), os ambientes estuarinos caracterizam-se por apresentarem populações abundantes, porém um número relativamente pequeno de espécies dominantes, devido à grande variação dos parâmetros ambientais.

A dominância de poucas espécies foi evidente no estuário do rio Guajará-mirim, apesar de a variação dos parâmetros físico-químicos ser considerada baixa, se comparada a outros estuários da região.

Actinocyclus normanii, *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus rothii*, *Cyclotella striata*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum* foram os táxons de maior representatividade ao longo do ano. Estas espécies, como a grande maioria dos táxons identificados neste estudo, são marinhas e eurihalinas.

Nos meses de janeiro e março foi registrada uma grande floração de *Skeletonema costatum*, com densidade consideravelmente superior às das outras espécies que apresentaram densidades elevadas. Este tipo de floração também foi observado por Eskinazi-Leça et al. (1997), que afirmam que em locais caracteristicamente eutrofizados, devido à intrusão de águas continentais, a densidade fitoplanctônica atinge índices exageradamente elevados, e sinais de estresse ambiental podem ser evidenciados por florescimento de *Skeletonema costatum*, caracterizando uma baixa diversidade de espécies.

Segundo Riley (1967), *Skeletonema costatum* pode ser considerada como uma das espécies mais comuns em ambientes estuarinos, sendo característica de diversos estuários brasileiros. Este fato se confirma para o Estado do Pará e região nordeste brasileira, através dos estudos realizados por Moreira-Filho et al. (1999); Santana (2004) e Paiva et al. (2006).

A espécie *Polymyxus coronalis* foi uma das que se destacaram ao longo do ano, em termos de densidade e frequência de ocorrência. No estudo de Paiva et al. (2006), realizado na baía do Guajará e foz do rio Guamá, esta espécie foi considerada dominante, chegando a representar mais de 50% do microfitoplâncton. Também já foi encontrada em outras localidades do estado do Pará, sempre de maneira abundante (GESSNER e SIMONSEN, 1967; MOREIRA-FILHO et al., 1974).

A diversidade específica indica o grau de complexidade da estrutura da comunidade, ela decresce quando a comunidade torna-se dominada por uma ou algumas espécies, quando indivíduos de espécies raras são substituídos por indivíduos de espécies mais comuns ou quando algumas espécies se reproduzem mais rapidamente (OMORI e IKEDA, 1984).

Valentin et al. (1991) afirmam que quando a composição específica do fitoplâncton está caracterizada por um número reduzido de espécies e com dominância de uma ou duas espécies apenas, a diversidade é baixa. Desta forma, estruturalmente, a comunidade encontra-se no início de seu desenvolvimento. A introdução progressiva de espécies no sistema equilibra a repartição dos indivíduos entre as espécies, provocando um aumento do

índice de diversidade específica, não havendo uma dominância nítida e o índice mantém-se superior a 3. Quando a comunidade demonstra uma estrutura estável e equilibrada, atinge seu máximo de maturidade e um elevado grau de complexidade.

A comunidade microfítotoplanctônica do estuário do rio Guajará-mirim caracterizou-se como de diversidade média. A diversidade muito baixa registrada no mês de janeiro deve-se, em grande parte, à floração de *Skeletonema costatum* que ocorreu na maré vazante e enchente e foi condicionada por elevados índices de pluviosidade (média= 188,30 mm), baixa salinidade (média= $4,78 \pm 0,72$) e baixos valores de sólidos totais dissolvidos ($5 \pm 0,78$ g.L⁻¹). Além disso, o mês de setembro também apresentou uma baixa diversidade causada, principalmente, pela espécie *Coscinodiscus concinnus* que predominou em todos os pontos de coleta tanto na vazante quanto na enchente, sob condições de baixos índices de pluviosidade (média= 4.90 mm), baixa salinidade (média= $6,20 \pm 0,57$) e baixo teor de sólidos totais dissolvidos ($5 \pm 0,78$ g.L⁻¹).

Por outro lado, os meses de maio e julho apresentaram alta diversidade, sendo caracterizados por apresentar um maior número de espécies com densidades elevadas que foram favorecidas por altos índices de pluviosidade, baixa salinidade e baixa concentração de sólidos totais dissolvidos.

Nos meses de março, maio e julho foram registrados elevados valores de equitabilidade, devido à diminuição da dominância de *Skeletonema costatum* e ao aumento da densidade de *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira granulata*, *Coscinodiscus concinnus*, *C. rothii*, *Cyclotella striata*, *Melosira arctica*, *M. nummuloides* e *Polymyxus coronalis*.

De maneira semelhante, há um aumento da equitabilidade no mês de novembro, devido à considerável redução da densidade de *Coscinodiscus concinnus* que foi predominante em todos os pontos de coleta no mês de setembro. Assim, no mês de novembro ocorre a predominância de um grupo de espécies composto por *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira granulata*, *C. rothii*, *Cyclotella striata*, *M. nummuloides*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum*.

Observou-se uma considerável variação da diversidade e equitabilidade entre os períodos chuvoso e de estiagem. Durante a estiagem, todos os quatro pontos de coleta foram caracterizados por diversidade média, que foi ocasionada pela presença de algumas espécies com densidades elevadas nos meses de julho e novembro. Enquanto que, durante o período chuvoso a diversidade foi muito baixa no ponto 3 e baixa nos outros pontos de

coleta, devido à predominância de *Skeletonema costatum* nos meses de janeiro e março, principalmente no ponto 3, onde foram registradas as maiores densidades desta espécie, juntamente com elevados valores de pluviosidade e baixos valores de salinidade e sólidos totais dissolvidos.

Resultados semelhantes foram registrados por Santana (2004) no estuário do rio Marapanim, onde a diversidade variou de muito baixa a alta e os resultados de equitabilidade indicaram que os táxons da comunidade fitoplanctônica encontravam-se regularmente distribuídos, havendo poucas espécies dominantes.

Em contrapartida, resultados diferentes foram registrados por Sousa (2006), na ilha Canela, Bragança – PA, onde a diversidade foi significativamente mais elevada no período chuvoso que no período de estiagem, quando houve a dominância de *Dimeregramma minor*, possivelmente devido aos elevados teores de salinidade e fortes ventos.

Houve uma tendência de agrupamento das amostras de acordo com os períodos de chuvas. Ocorreu a formação de um grupo composto predominantemente por amostras dos meses de janeiro e março, correspondendo ao período chuvoso, e outro grupo composto predominantemente por amostras dos meses de julho, setembro e novembro, correspondendo ao período de estiagem.

Observou-se também a formação de um grupo bem definido com todas as amostras do mês de janeiro e outro grupo com a maioria das amostras do mês de setembro, devido às características específicas desses meses na área de estudo, já que em janeiro ocorre elevado índice pluviométrico, aliado a uma floração de *Skeletonema costatum*. Em contrapartida, no mês de setembro ocorre um dos mais baixos índices pluviométricos, aliado à predominância de *Coscinodiscus concinnus*.

Essa bem definida variação sazonal da pluviosidade se reflete na variação dos parâmetros físico-químicos, dando ao estuário características ambientais diferenciadas de acordo com a época do ano.

Resultados semelhantes foram registrados por Santana (2004) no estuário do rio Marapanim, onde se formaram dois grupos, sendo um deles composto por amostras da maré enchente e vazante do período chuvoso e outro grupo composto por amostras dos períodos seco e de transição.

Também apresentou resultados semelhantes o estudo de Sousa (2006) na ilha Canela (Bragança-PA), onde o dendrograma evidenciou a formação de dois grupos bem

definidos em relação ao período sazonal e aos meses de estudo. Um dos grupos foi composto pelas amostras do período de estiagem e o outro grupo foi formado predominantemente por amostras do período chuvoso e por parte das amostras do período de estiagem.

Por outro lado, um estudo realizado por Koenig et al. (2002) no estuário do rio Ipojuca - PE, mostrou que os regimes de marés tiveram maior influência no agrupamento das amostras, formando um grupo composto por amostras das preamares e marés enchentes dos períodos chuvoso e seco e outro grupo com as amostras das baixa-mares e marés vazantes dos dois períodos, sendo que, isto pode ter sido causado pelo fato de o regime pluviométrico ter sido atípico, com baixas precipitações durante todo ano.

A análise de componentes principais mostrou forte influência da salinidade e sólidos totais dissolvidos sobre os táxons *Coscinodiscus rothii*, *Melosira arctica*, *M. dubia*, *M. nummuloides* e *Odontella regia*. Estes táxons apresentaram seus mais elevados valores de densidade durante o período de estiagem, quando também foram registrados os maiores valores de salinidade, sólidos totais dissolvidos e concentração e saturação de oxigênio dissolvido.

Actinocyclus normanii, *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella striata*, *Coscinodiscus argus*, *C. concinnus*, *C. perforatus*, *Fragilaria* sp., *Odontella regia*, *Pleurosigma angulatum*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum* apresentaram elevados percentuais de frequência de ocorrência e densidade, sendo responsáveis pelos maiores valores de diversidade específica que ocorreram principalmente no período de estiagem.

Aulacoseira granulata, *Leptocilindrus danicus*, *L. minimus*, *Navicula baileyana* e *Skeletonema costatum* apresentaram os seus maiores valores de densidade durante o período chuvoso e estiveram relacionados aos elevados valores de pluviosidade e baixos valores de salinidade, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido.

Apesar de os sólidos totais dissolvidos serem constituídos por íons que podem favorecer o desenvolvimento fitoplanctônico, a correlação inversa de alguns táxons com este parâmetro comprova que a redução da sua concentração nas águas do estuário, aliado aos baixos valores de salinidade, interferiu diretamente na produção fitoplanctônica, favorecendo a floração de *Skeletonema costatum* nos meses de janeiro e março e os elevados valores de densidade de *Leptocilindrus danicus* e *L. minimus* em janeiro. Por outro lado, os elevados valores de sólidos totais dissolvidos e salinidade que ocorreram no

período de estiagem, favoreceram o aumento da densidade de várias espécies, contribuindo para um aumento da diversidade neste período.

De acordo com Millero e Sohn (1992), o material em suspensão, associado à ação das correntes de maré pode ser considerado um dos principais fatores controladores da produtividade primária em áreas costeiras e estuarinas.

6 CONCLUSÕES

O estuário do rio Guajará-mirim apresenta baixa variação dos parâmetros físico-químicos no trecho estudado, independente da época do ano. Por outro lado, ao longo do ano, há uma considerável variação que está fortemente relacionada ao regime de chuvas da região.

Em relação à ecologia das espécies, predominaram as marinhas planctônicas neríticas e marinhas planctônicas nerito-oceânicas. Enquanto que, com relação à salinidade, predominaram as espécies eurihalinas e as polihalóbias.

A composição específica do microfitoplâncton não sofre forte variação espacial ou sazonal, devido à baixa variabilidade dos parâmetros físico-químicos.

A variação de densidade das espécies é condicionada pela variação dos parâmetros físico-químicos, principalmente pluviosidade, salinidade e sólidos totais dissolvidos.

Poucas espécies apresentam elevados índices de abundância, sendo que durante o período chuvoso, a comunidade microfitoplanctônica é dominada por *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira granulata*, *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus rothii*, *Cyclotella striata*, *Leptocylindrus danicus*, *Leptocylindrus minimus*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum*, com a ocorrência de uma grande floração de *Skeletonema costatum*. Enquanto que, durante o período de estiagem predominam as espécies *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira granulata*, *Coscinodiscus concinnus*, *Coscinodiscus rothii*, *Cyclotella striata*, *Melosira arctica*, *Melosira nummuloides*, *Polymyxus coronalis* e *Skeletonema costatum*, ocorrendo uma grande floração de *Coscinodiscus concinnus*.

Ocorre um leve aumento da diversidade específica no período que vai de maio a julho, devido a um aumento no número de espécies com densidades elevadas, sob condições de altos índices de pluviosidade, baixa salinidade e baixa concentração de sólidos totais dissolvidos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L. R.; VILLA-NOVA, N. A. Variações da Temperatura da Água de Um Pequeno Lago Artificial Ao Longo de Um Ano Em Piracicaba - SP. **Scientia Agrícola**, v. 52, n. 3, p. 431-438, 1995.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0 - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá-IDS/MCT/CNPq, 2007. 1 CD-ROM.

AZEITEIRO, U.; MORGADO, F.; RÉ, P. Ecologia do Fitoplâncton. In: RÉ, P.; AZEITEIRO, U.; MORGADO, F. **Ecologia do Plâncton Marinho e Estuarino**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2003. p. 45-59.

AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 870-877, 2008.

BALECH, E. **Los Dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental**. Madrid: Publicaciones Especiales - Instituto Español de Oceanografía. 1988. 310 p.

BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco - Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 1-18, 2005.

BOURRELLY, P. **Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. III. Les algues bleues et rouges, les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines**. 2. ed. Paris: Éditions N. Boubée & Cie., 1970. 512 p.

BOURRELY, P. **Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. I. Les algues vertes**. 2. ed. Paris: Éditions N. Boubée & Cie., 1972. 572 p.

BRANCO, E. S.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES-MONTES, M. J. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes - Pernambuco - Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 30, n. 2, p. 79-96, 2002.

BRANDINI, F. P.; LOPES, M. R.; GUTSEIT, S. K.; SPACH, L. H.; SASSI, R. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil - Diagnose e revisão bibliográfica**. São Paulo: FEMAR, 1997. 196 p.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984. 226 p.

CARVALHO, M. C. **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo**. 2003. 130 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CLEVE-EULER, A. Die Diatomeen Von Schweden und Finland. **Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar**. fjärde ser., v. 4, n. 1, p. 1-255, 1953.

CONOVER, W. O. J. **Practical Nonparametric Statistics**. New York: John Wiley, 1971. 302 p.

CONTENTE, C. T.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C.; RAMOS, C. A. R.; PAIVA, R. S. Variação nictemeral do ictioplâncton no estuário do rio Curuçá (Pará-Brasil), durante os períodos chuvoso e seco. **Boletim Técnico-científico do CEPNOR**, v. 7, n. 1, p. 27-40, 2007.

CUNHA, M. G.; ESKINAZI-LEÇA, E. **Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma Continental de Pernambuco**. Recife: SUDENE-DPG/PRN/RPE/UFPE-Departamento de Oceanografia, 1990. 308 p.

DESIKACHARY, T. S. **Cyanophyta**. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research, 1959. 686 p.

DODGE, J. D. **Marine Dinoflagellates of the British Isles**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1982. 303 p.

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

ESKINAZI-LEÇA, E.; CUNHA, M. G. G. S.; KOENING, M. L.; MACEDO, S. J.; COSTA, K. M. P. Variação espacial e temporal do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco - Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 25, p. 1-16, 1997.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575 p.

FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R.; MUNIZ, K. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Bacia do Pina (Recife-PE). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27, n. 2, p. 1-13, 1999a.

FEITOSA, F. A. N.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; LINS, I. C. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27, n. 2, p. 15-25, 1999b.

FERREIRA-CORREIA, M. M.; ALMEIDA, I. C. S.; DOURADO, E. C. S. Microalgas da baía de Turiaçu, APA das reentrâncias maranhenses - Uma abordagem qualitativa. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 17, n. 1, p. 1-56, 2004.

GESSNER, F.; SIMONSEN, R. Marine diatoms in the Amazon. **Limnology and Ocean**, v. 12, n. 4, p. 709-711, 1967.

GOVERNO DO PARÁ. **Conheça o Pará - Vigia**. Belém, 2005. Disponível em: <www.governodopara.pa.gov.br/conhecaopara/vigia.asp> Acesso em: 06 jul. 2005.

GREGO, C. K. S.; FEITOSA, F. A. N.; HONORATO-DA-SILVA, M.; FLORES-MONTES, M. J. Distribuição espacial e sazonal da Clorofila-a fitoplanctônica e hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista - PE). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 2, p. 181-199, 2004.

HEMPEL, G. **Early life history of marine fish: The egg stage**. Seattle: University Washington Press, 1979. 70 p.

HENDEY, N. I. **Fishery Investigations, Series IV. An Introductory Account of the Smaller Algae of British coastal Waters. Part V: Bacillariophyceae (diatoms)**. London: Otto Koeltz Science Publishers, 1976. 317 p.

HINO, K.; TUNDISI, J. **Atlas de algas da Represa do Broa. Série Atlas**. 2 ed. v.2. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 1984. 143 p.

HONORATO-DA-SILVA, M.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; VIEIRA, D. A. N.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 1, p. 89-106, 2004.

HUSTEDT, F. Die Kieselalgen. Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. In: RABENHORST'S, L. (ed.). **Kryptogamen-flora von Deutschland, Osterreich un der Schweiz 7**. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1930. p. 1-920.

KENDALL JR., A. W.; AHLSTROM, E. H.; MOSER, H. G. Early life history stages of fish and their characters. In: MOSER, H. G.; RICHARDS, W. J.; COHEN, D. M.;

FAHAY, M. P.; KENDALL JR., A. W.; RICHARDSON, S. L. (eds.). **Ontogeny and systematics of fishes**. Special Publication. La Jolla: American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1984. p. 11-22.

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

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

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MACEDO, S. J. Impactos da construção do porto de Suape sobre a comunidade fitoplancônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 4, p. 407-420, 2002.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI, G. (ed.). **Das Phytoplankton des Sübwassers: Systematik und Biologie**. 7 Teil. Stuttgart: E. Schweizerbart sche Verlagsbuchhandlung, 1983. p. 1-1044.

LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; SANTIAGO, M. F. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 711-722, 2008.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Ecologie Numérique. La structure des données écologiques**. 2.ed. Quebec: Masson Presses de L'Université du Quebec, 1984. 335 p.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2.ed. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. 853 p.

LEVINGTON, J. S. **Marine biology: function, biodiversity, ecology**. New York: Oxford University Press, 1995. 420 p.

LIRA, S. R. B.; RIBEIRO, I. S.; BRANCO, J. L. M.; MARQUES, J. A. A.; TORRES, M. A. S. F.; PIEDADE, S. C. M. **A pesca no Pará: a sócio-economia da fauna acompanhante do camarão na Costa Norte do Brasil e a comercialização da pesca artesanal em Belém, Vigia e Bragança**. Belém: IDESP, 1989. 116 p.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L. M.; BENDER, E. P. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002. 127 p.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L. M.; HERMANY, G.; BES, D.; WETZEL, C. A.; OLIVEIRA, M. A. Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 25-40, 2004.

LOSADA, A. P. M.; FEITOSA, F. A. N.; CORREIA-LINS, I. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos Rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 28, n. 2, p. 117-138, 2000.

MATEUCCI, S.; COLMA, A. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Washington: Secretaría General Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982. 169 p.

MELO-MAGALHÃES, E. M.; KOENING, M. L.; SANT'ANNA, C. L. Fitoplâncton e variáveis ambientais nos canais do sistema estuarino lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas, Brasil. **Hoehnea**, v. 31, n. 1, p. 73-86, 2004.

MESQUITA, S. S. A.; COSTA, R. M.; PEREIRA, L. C. C.; MAGALHÃES, A. Composição, ocorrência e distribuição das hidromedusas no estuário do rio Caeté, Litoral do Estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 1, n. 3, p. 113-119, 2006.

MILLERO, F. J.; SOHN, M. L. **Chemical Oceanography**. Boca Raton: CRC Press, 1992. 531 p.

MIRANDA, E. E.; COUTINHO, A. C. (coord.). 2005. **Brasil Visto do Espaço. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite**. Campinas, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 mar. 2005.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 414 p.

MOREIRA-FILHO, H.; MOREIRA, I. M. V. Catálogo das diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas do estado do Paraná, Brasil. **Acta Biologica Paranaense**, v. 13, p. 3-49, 1984.

MOREIRA-FILHO, H.; ESKINAZI-LEÇA, E.; VALENTE-MOREIRA, J. M.; CUNHA, J. A. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Chrysophyta - Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pará e Amapá, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27, n. 1, p. 55-90, 1999.

MOREIRA-FILHO, H.; VALENTE-MOREIRA, I. M.; CECY, I. I. T. Diatomáceas do rio Guamá. (Foz do rio - Belém - Estado do Pará). **Leandra**, v. 3/4, n. 4-5, p. 123-135, 1974.

MOREIRA-FILHO, H.; VALENTE-MOREIRA, I. T.; MOSIMANN, R. M. S. Catálogo de diatomáceas marinhas e estuarinas do estado de Santa Catarina, Brasil. **Insula**, v. 15, p. 33-88, 1985.

MORGADO, F.; AZEITEIRO, U.; Ré, P. Definição e divisões do plâncton. In: RÉ, P.; AZEITEIRO, U.; MORGADO, F. **Ecologia do Plâncton Marinho e Estuarino**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2003. p. 1-23.

MORO, R. S.; FÜRSTENBERGER, C. B. **Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas**. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1997. 282 p.

MÜLLER-MELCHERS, F. C. Plankton Diatoms of the Toko-Maru voyage (Brazil coast). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 8, p. 111-136, 1957

NASCIMENTO, F. C. R.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F. A. N.; ARAÚJO, J. P.; SILVA, R. M. S.; SILVA, G. S.; FLORES-MONTES, M. J. Disponibilidade nutricional da bacia do Pina e rio Tejipió (Recife - PE - Brasil) em relação aos nutrientes e biomassa primária (setembro/2000). **Tropical Oceanography**, v. 31, n. 2, 149-169, 2003.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina. Porto de Suape - PE - Brasil**. 1994. 255 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Departamento de Hidráulica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NORIEGA, C. D.; COSTA, K. M. P.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES-MONTES, M. J.; GREGO, C. K. S.; SOARES, G. S. S.; SILVA, H. P. Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco - Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 38, p. 5-18, 2005.

OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 332 p.

PAIVA, R. S.; ESKINAZI-LEÇA, E. Variação da densidade (células/litro) do fitoplâncton na Baía do Guajará (Pará - Brasil). In: **Encontro Brasileiro de Plâncton**, 4., 1991, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 1991. p. 123-138.

PAIVA, R. S. **Composição e biomassa do fitoplâncton da baía do Guajará (Pará - Brasil)**. 1991. 155 f. Dissertação (Mestrado em Criptógamos). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1991.

PAIVA, R. S.; ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; MELO, N. F. A. C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 1, n. 2, p. 133-146, 2006.

PALHETA, G. D. A. **Composição e distribuição espaço-temporal de ovos e larvas de peixe nos estuários dos rios Curuçá e Muriá (Curuçá - Pará)**. 2005. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Centro Agropecuário, Núcleo de Estudos em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

PERAGALLO, H. & PERAGALLO, M. **Diatomées marines de France et des district aritimes voisins**. Cidade. M. J. Tempère, 1897-1908. 491 p.

PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 385 p.

REVIERS, B. **Biologia e filogenia das algas**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 280 p.

RIBEIRO, F. C. P. **Palinomorfos aquáticos (diatomáceas) em sedimentos lamosos de intermaré da praia de Itupanema, Município de Barcarena - Pará**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical) - Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2007.

RILEY, G. A. The plankton of estuaries. In: LAUFF, G. H. (ed.). **Estuaries**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1967. p. 316-326.

RODRIGUES, E. I. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica como alternativa para avaliação da sustentabilidade biológica de áreas com potencialidade aquícola estabelecida pelo zoneamento costeiro do estado do Maranhão**. 2006. 145f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2006.

ROHLF, F. J.; FISHER, D. L. Test for hierarchical structure in random data sets. **Systematic Zoology**, v. 17, p. 407-412, 1968.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system**. Exeter Software-Applied Biostatistics Inc., 1994. 1 CD-ROM.

ROSEVEL-DA-SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Estrutura da comunidade fitoplanctônica na baía de Tamandaré (Pernambuco, nordeste do Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 2, p. 159-177. 2005

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

RUZICKA, J. Desmidiaceae Mitteleuropas. **E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung**, v. 1, n. 1, p. 1-292, 1977.

SANTANA, D. S. **Composição florística e variação espaço-temporal dos parâmetros ambientais e da biomassa fitoplanctônica do estuário do rio Marapanim (Pará, Brasil)**. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Costeiros e Estuarinos) - Departamento de Biologia, Universidade Federal do Pará, Bragança, 2004.

SANTOS-FERNANDES, T. L.; PASSAVANTE, J. Z. O.; KOENING, M. L.; MACEDO, S. J. Fitoplâncton do Estuário do rio Jaguaribe (Itamaracá - Pernambuco - Brasil): Biomassa. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 26, p. 1-18, 1998.

SANTOS, A. P. E.; CALDAS, R. L.; BARROSO, D. F. R.; SIQUEIRA, G. W.; LIMA, W. N.; FONSECA, A. V. G. Distribuição espaço-temporal de variáveis físico-químicas ao longo do estuário Marajó (PA), sob períodos sazonais contrastantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 48., 2008, Rio de Janeiro. **Química na proteção ao meio ambiente e à saúde**. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/13/13-388-4716.htm>>. Acesso em 25 fev. 2009.

SCHMIDT, G.W. Primary production of phytoplankton in a tropical flood-plain lake Central Amazonia, Lago Castanho, Amazonas, Brazil. **Amazoniana**, v 4, p. 379-404, 1973.

SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SILVA, A. P.; SILVA, T. A.; EKAU, W.; SAINT-PAUL, U. Distribution and dispersion of Decapod crustacean larvae and other zooplankton in the Itamaracá estuarine system, Brazil. **Tropical Oceanography**, v. 29, n. 1, p. 21-40, 2001.

SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Technology Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.

SILVA-CUNHA, M. G. G.; ESKINAZI-LEÇA, E. **Catálogo das diatomáceas (Bacillariophyceae) da Plataforma continental de Pernambuco**. Recife: SUDENE-DPG/PR/RPE, UFPE-Departamento de Oceanografia, 1990. 308 p.

SILVA-CUNHA, M. G. G.; ESKINAZI-LEÇA, E.; ALMEIDA, C. D. P. Taxonomia e ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Timbó (Pernambuco - Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 20, p. 35-51, 1987.

SILVA-CUNHA, M. G. G.; ESKINAZI-LEÇA, E.; ALMEIDA, C. D. P. Estrutura e distribuição do microfitoplâncton na região compreendida entre o Amapá e a Paraíba (Operação Norte - Nordeste II). In: **Encontro Brasileiro de Plâncton**, 4., 1991, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 1991. p. 9-33.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: The principles and practice of numerical classification in biological research**. San Francisco: W. H. Freeman, 1969. 776 p.

SOUSA, E. B. **Composição, ecologia e variação temporal do fitoplâncton na Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil)**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Costeiros e Estuarinos) - Departamento de Biologia, Universidade Federal do Pará, Bragança, 2006.

SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). **Acta Botânica Brasílica**, v. 22, n. 3, p. 626-636, 2008.

SOUZA, M. R. M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; MONTES, M. J. F. NEUMANN-LEITÃO, S.; PORTO-NETO, F. F.; MOURA, M. C. O.; CHAMIXACS-LOPEZ, C. C. B. Hidrologia e fitoplâncton do sistema estuarino do rio São Francisco, Nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27, n. 1, p. 15-32, 1999.

STEINDINGER, K. A.; TANGEN, K. Dinoflagellates. In: TOMAS, C. R. (ed.). **Identifying marine diatoms and dinoflagellates**. San Diego: Academic Press, 1997. p. 387-598.

STOERMER, E. F.; SMOL, J. P. **The Diatoms: Applications for the environmental and earth sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 469 p.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodic. **Mitteilungen Internationale Vereinigung Fur Theoretische Und Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VALENTIN, J.; MACEDO-SAIDAH, F. E.; TENENBAUM, D. R.; SILVA, N. M. L. A diversidade específica para a análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao ecossistema de ressurgência de Cabo Frio (RJ). **Nerítica**, v. 6, p. 7-26, 1991.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. 905 p.

WOOD, E. J. F. A phytoplankton study of the Amazon region. **Bulletin of Marine Science**, v. 16, n. 1, p. 102-123, 1966.

ZAR, J . H. **Bioestatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 750 p.