

ESTUDO DOS NUTRIENTES NO AMBIENTE PELÁGICO ADJACENTE À COSTA DO ESTADO DO PARÁ

Study of the nutrients in the adjacent pelagic environment to the coast of Pará State

Samara Aranha Eschrique¹, Maria de Lourdes Souza Santos², André Luis de Lima Saraiva³, Ismail Bastos Delfino⁴, Valéria de Figueiredo Botelho⁵

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com dados do Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE, obtidos durante a Operação Norte III (1999), e teve como finalidade estudar a distribuição horizontal e vertical dos nutrientes (nitrato, nitrito, amônia, fosfato e silicato) em 48 estações oceanográficas, e relacionar seus teores com temperatura (T), salinidade (S), oxigênio dissolvido (OD) e a taxa de saturação do oxigênio dissolvido (%OD). Em campo foram obtidos dados de T, S, OD, %OD e, utilizou-se o disco de Secchi para discriminar as camadas eufótica e afótica na coluna d'água. O ambiente pelágico da ZEE Norte apresentou em grande parte características oceânicas, contudo, próximo da região costeira, verificou-se influência fluvial através dos maiores valores superficiais de nitrato, fosfato e silicato. Na camada eufótica, as distribuições dos nutrientes (exceto o nitrito, que teve uma distribuição irregular) apresentaram menores valores. Entretanto, verificou-se um aumento na concentração desses nutrientes na camada afótica, relacionado ao processo de degradação da matéria orgânica, que os liberam novamente para a coluna de água.

Palavras-chaves: nitrato, fosfato, silicato, ZEE Norte.

ABSTRACT

The present work was accomplished with data of the Program "Evaluation of the Sustainable Potential of the Living Resources of the Economic Exclusive Zone", obtained during the North Operation III (1999). The objective was to study the horizontal and vertical distribution of the nitrate, nitrite, ammonia, phosphate and silicate in 48 oceanographic stations, and to relate with the temperature (T), the salinity (S), the dissolved oxygen (OD) and the tax of saturation of dissolved oxygen (% OD). In cruise were obtained T, S, OD, %OD data and the Secchi disk used to identify the euphotic and aphotic layers. For the determination of the nutrients, the samples were maintained in freezer for subsequent analysis in the laboratory. EEZ North's pelagic environment was presented oceanic characteristics, however, close of the coastal area the fluvial influence was verified, through the largest values of the superficial distribution of nitrate, phosphate and silicate. In the euphotic layer, the distributions of the nutrients (except the nitrite that had an irregular distribution) presented smaller values. However, an increasing was verified in the concentration of those nutrients in the layer aphotic, related to the process of degradation of the organic matter that liberates them again for the column of water.

Key words: nitrate, phosphate, silicate, EEZ North.

¹ Mestranda em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará. E-mail: samara_eschrique@yahoo.com.br

² Colegiado de Engenharia de Pesca – Universidade Federal do Pará. mdelssantos@yahoo.com.br

³ Estudante de Especialização em Gestão Ambiental - Universidade Federal do Pará, andreoceano@ig.com.br

⁴ Mestrando do Departamento de Geociências – Universidade Federal do Pará.

⁵ Estudante de Engenharia Química - Universidade Federal do Pará.

INTRODUÇÃO

As áreas costeiras são consideradas zonas produtivas para a pesca. Acredita-se que a alta produtividade e a manutenção do balanço ecológico desses ambientes estão diretamente relacionadas com os nutrientes, fornecidos por várias fontes, como as trocas fluvio-estuarinas, as ressurgências, as precipitações pluviométricas e os lançamentos de esgotos domésticos e industriais. O suprimento de sais nutrientes na camada eufótica é de primordial importância para a sua produtividade (Nixon, 1992; Aidar *et al.*, 1993; Santos, 2000; Pereira-Filho *et al.*, 2001; Flores Montes, 2003).

Em relação à profundidade total dos oceanos, Aidar *et al.* (1993) descreveu que a camada eufótica ou de produção fotossintética de matéria orgânica, restringe-se a uma fina camada superficial, em áreas mais rasas e eutróficas (estuários, zonas costeiras) varia de < 10 m a 20-30 m de espessura e em áreas mais profundas e oligotróficas (oceânicas) atinge 100-200 m de espessura.

O estudo da dinâmica dos sais nutrientes segundo Braga (1989), serve como um bom indicador das relações abióticas e bióticas que ocorrem em águas marinhas tropicais e subtropicais. Essas águas, de um modo geral, são consideradas oligotróficas por apresentarem baixos teores em elementos nutrientes principais, destacando-se os compostos nitrogenados, o fósforo e o silício, os quais podem atuar como fatores limitantes da produção primária.

Dentre os fatores que influenciam na distribuição dos nutrientes na água do mar e na capacidade de produção de um ecossistema oceânico, Santos (2000) destaca: a degradação da matéria orgânica, a remineralização dos nutrientes, a fixação do nitrogênio, as correntes, a dispersão, a sedimentação, entre outros.

Juntamente com os nutrientes, Costa (1991) descreveu como as variáveis abióticas mais importantes para o ambiente marinho: a luz, a temperatura e a salinidade, pois governam toda a circulação oceânica, determinam a distribuição dos organismos vivos e interligam os demais processos geológicos e biológicos, e, o conhecimento destes parâmetros, serve como um requisito básico para todos os modelos ecológicos.

Outras variáveis também são relevantes neste ambiente, como o oxigênio dissolvido, o qual é um componente químico importante para os processos bioquímicos e biológicos, como respiração, oxidação da matéria orgânica e de compostos químicos, processos metabólicos celulares indispensáveis para a vida vegetal e animal (Parker & O'Reilly, 1991; Pennock *et al.*, 1994; Niencheski & Windom, 1994; Flores Montes, 1996).

De acordo com Nittrouer *et al.* (1991), as águas dos rios Amazonas e Pará são lançadas na Plataforma Continental adjacente, propiciando a formação de um ambiente altamente dinâmico. Fora da influência desses rios, Magliocca (1971), descreveu a região com condições oceanográficas semelhantes às encontradas no Atlântico Equatorial.

O rio Pará é o segundo rio do sistema amazônico de drenagem, formado pela confluência de um ramo do rio Amazonas com o rio Tocantins. Drena uma área de $0,7 \times 10^6 \text{ km}^2$ e possui uma vazão estimada em cerca de $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A região costeira a sudeste do rio Pará se caracteriza por ser muito irregular, apresentando um grande número de baías e enseadas (Gabioux, 2002).

O presente trabalho foi realizado com dados do Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE, obtidos durante a Operação Norte III (1999), e teve como finalidade estudar a distribuição horizontal e vertical dos nutrientes (nitrito, nitrito, amônia, fosfato e silicato) no ambiente pelágico da ZEE Norte, na área adjacente à costa do Estado do Pará, e relacionar com os seguintes parâmetros abióticos: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e taxa de saturação de oxigênio dissolvido, para caracterização dessas variáveis ambientais na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área em estudo esta localizada na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) da região Norte do Brasil, conforme apresentado na Figura 1, onde foram realizadas 48 estações oceanográficas no período de 28/05 a 13/06/1999, distribuídas em 6 perfis perpendiculares à costa do Estado do Pará, durante a Operação Norte III, a bordo do Navio Oceanográfico ANTARES da Marinha do Brasil.

Para a coleta das amostras hidrológicas foram utilizadas garrafas de Niskin de 5 L, acopladas ao conjunto Rosette/CTD. As profundidades de coleta foram: 100%, 50% e 1% de penetração de luz, início, meio e fim da termoclina.

Em campo foram obtidos dados de temperatura e salinidade, através do CTD; oxigênio dissolvido (OD), segundo o método de Winkler descrito em Strickland e Parsons (1972); as camadas eufótica e afótica foram separadas após o lançamento do disco de Secchi, que permitiu determinar a profundidade de 1% de penetração de luz. A taxa de saturação de OD na água foi obtida utilizando a International Oceanographic Tables (UNESCO, 1973). Para a determinação dos nutrientes (silicato, fosfato, nitrito, nitrito e amônia) as amostras foram filtradas e mantidas em freezer para posterior análise no laboratório. No Laboratório de Oceanografia da Universidade Federal do Pará, os

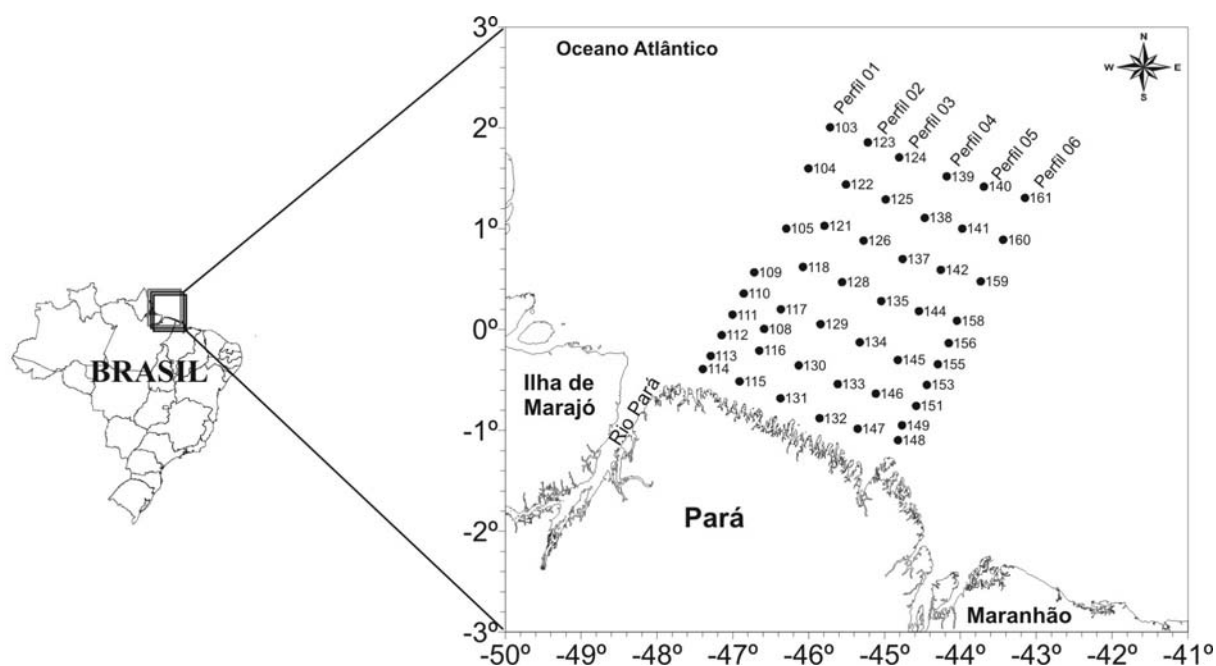


Figura 1 - Mapa de localização das estações oceanográficas (Operação Norte III/ Programa REVIZEE).

nutrientes foram determinados pelo método colorimétrico, de acordo com a metodologia descrita em Grasshoff *et al.* (1983).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Temperatura

A temperatura superficial da água apresentou uma pequena oscilação, com mínimo de 27,55°C e máximo de 29,24°C, com uma amplitude de 1,69°C, o que revela a estabilidade térmica, típica de regiões de baixa latitude. Esse comportamento superficial também foi encontrado em outros trabalhos oceanográficos realizados na ZEE Norte e Nordeste do Brasil, como Costa (1991) na Plataforma Continental entre Recife-PE e Macau-RN (mínimo de 27°C e máximo de 28,7°C), Abreu *et al.* (2003) na Plataforma Continental do Pará (mínimo de 28,11°C e máximo de 29,24°C) e Delfino (2004) na Plataforma Continental do Maranhão (mínimo de 27,17°C e máximo de 28,95°C).

O gráfico de caixa para a temperatura (Figura 2) permite uma comparação visual da distribuição nas camadas eufótica e afótica. Nesse gráfico, a altura das caixas representa a distância interquartil; o ponto central, a mediana; e, as extremidades das duas linhas, os valores máximo e mínimo.

A dispersão da temperatura na camada eufótica apresentou valores de quartil superior de 28,43°C e inferior de 27,81°C, indicando uma pequena amplitude desse parâmetro. Na camada afótica, o quartil superior foi de 26,54°C e o inferior de 7,79°C, demons-

trando a diminuição acentuada nessa camada, onde foi registrado o valor mínimo de 5,25°C. O valor da mediana na camada afótica foi de 14,61°C, e na camada eufótica de 28,05°C, evidenciando o decréscimo da temperatura com o aumento da profundidade (Tabela I).

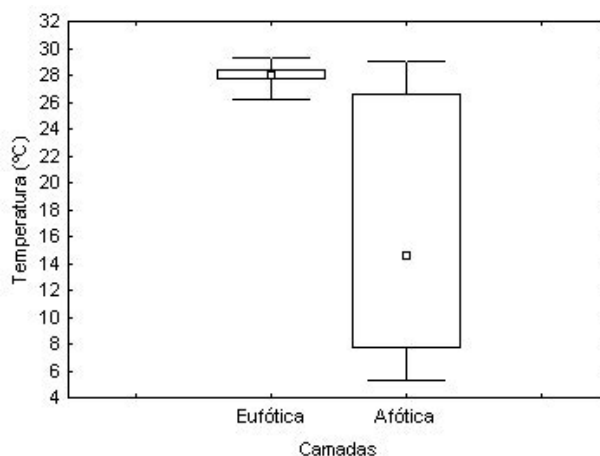


Figura 2 - Gráfico de caixa para a distribuição da temperatura (°C) nas camadas eufótica e afótica.

Esse comportamento vertical de temperatura corrobora com o descrito por Santos (2000) na região de influência dos rios Amazonas e Pará, que apresentou valores de mediana de 28,03°C na camada eufótica e de 27,78°C na camada afótica para a área costeira; na área oceânica, os valores foram de 27,65°C na camada eufótica e de 12,14°C na afótica. Outros trabalhos realizados na ZEE Norte, também observaram diminuição da temperatura com o aumento da

profundidade (Delfino, 2004; Eschrique, 2004; Saraiva, 2004; Abreu, 2004).

Conforme foi observado através do gráfico de caixa, a temperatura diminuiu com o aumento da profundidade, sendo que nas estações *offshore* foi possível identificar a camada de termoclina, com início próximo aos 80 m de profundidade. A camada de termoclina foi também verificada por Santos *et al.* (2000) e Silva (2000) com início na profundidade de aproximadamente 100 m, em trabalhos realizados na costa do Amapá e na Plataforma Continental do Amazonas, respectivamente.

Salinidade

A salinidade superficial na área em estudo oscilou entre 25,37 a 36,01 (Figura 03), evidenciando a presença de águas fluviais nas estações próximas da costa, o que corrobora com o observado por Santos *et al.* (2001) e Abreu *et al.* (2003), que em estudos realizados na Plataforma Continental do Pará, encontraram valores de salinidades variando entre 25,37 a 35,52 e 4,88 a 35,07, respectivamente, e relacionaram com a presença de águas oriundas do rio Pará.

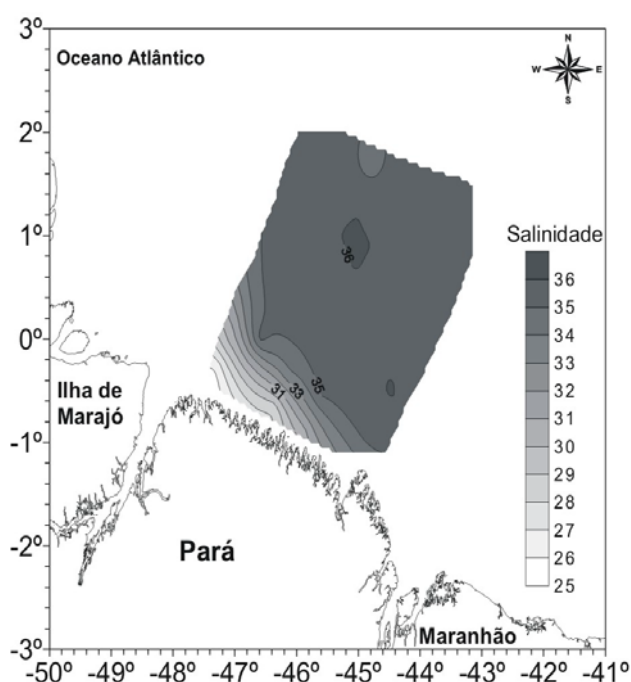


Figura 3 - Distribuição superficial de salinidade.

Tabela I - Valores estatísticos característicos para a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (OD), taxa de saturação de oxigênio dissolvido (%OD), nitrato, nitrito, amônia, fosfato e silicato, nas camadas eufótica e afótica.

	PARÂMETROS	Nº DE CASOS	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	QUARTIL INFERIOR	QUARTIL SUPERIOR
CAMADA EUFÓTICA	T (°C)	132	28,05	26,17	29,25	27,81	28,43
	Salinidade	132	35,82	25,37	36,40	35,03	35,97
	OD (ml.L ⁻¹)	132	4,66	3,22	5,58	4,51	4,78
	% OD (%)	132	104,23	68,80	125,11	100,22	106,26
	Nitrato (µM)	128	1,18	0,62	5,23	0,96	1,69
	Nitrito (µM)	128	0,03	0,01	0,12	0,02	0,05
	Amônia (µM)	127	0,17	0,06	0,58	0,13	0,23
	Silicato (µM)	128	2,05	0,42	31,77	1,28	3,76
	Fosfato (µM)	128	0,12	0,06	0,43	0,09	0,14
CAMADA AFÓTICA	T (°C)	115	14,61	5,25	29,0	7,79	26,54
	Salinidade	115	35,21	31,37	36,98	34,62	36,19
	OD (ml.L ⁻¹)	113	4,20	1,50	5,83	3,74	4,61
	% OD (%)	113	74,17	22,42	124,04	55,63	100,45
	Nitrato (µM)	109	5,67	1,28	20,13	2,89	12,64
	Nitrito (µM)	109	0,04	0,01	0,67	0,02	0,08
	Amônia (µM)	109	0,23	0,12	0,80	0,18	0,29
	Silicato (µM)	111	6,45	2,14	22,11	3,85	11,76
	Fosfato (µM)	109	0,45	0,12	2,20	0,23	1,12

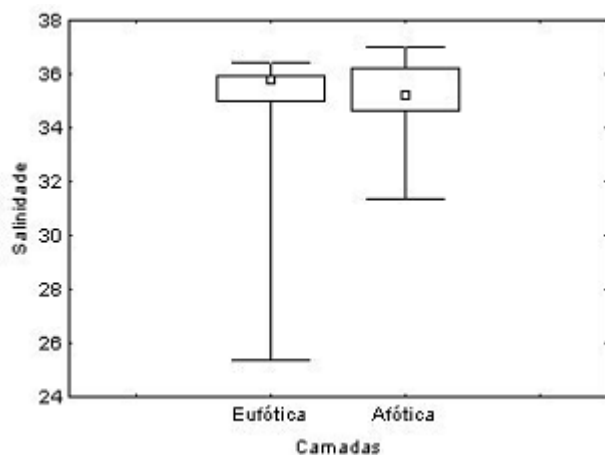


Figura 4 - Gráfico de caixa para a distribuição da salinidade nas camadas eufótica e afótica.

Baixos valores de salinidade em áreas de plataforma também foram relacionados à presença das descargas fluviais por Silva (2000), que obteve valores variando entre 28 a 36 na Plataforma Continental do Amazonas, e Eskinazi-Leça *et al.* (1997), que encontraram valores entre 28,41 a 35,99 na Plataforma Continental de Pernambuco.

A presença de água fluvial foi evidenciada pelo valor mínimo de salinidade (25,37) e também pela cauda inferior bastante longa observada na camada eufótica. Contudo, o valor da mediana (35,82) nessa camada ficou próximo ao quartil superior (35,97), indicando a predominância das águas oceânicas. Na camada afótica, também foi verificada a presença de águas oceânicas (quartil superior de 36,19 e quartil inferior de 34,62) e de águas fluviais, observadas através do valor mínimo de 31,37 (Tabela I e Figura 4).

Trabalhos realizados ao longo da ZEE Norte por Santos (2000), Silva (2000), Saraiva (2004), observaram a presença de águas com baixas salinidades em períodos sazonais distintos. Santos (2000) avaliou na área costeira e oceânica da Plataforma Continental do Amazonas a distribuição da salinidade nas camadas eufótica e afótica, descrevendo valores de quartil inferior de 16,74 e superior de 34,88 para a camada eufótica da área costeira, enquanto que na área oceânica, o quartil inferior foi de 35,83 e o superior de 36,11. Para a camada afótica, o quartil inferior foi de 34,40 e o superior de 36,11, e para a área oceânica, o quartil inferior foi de 34,59 e o superior de 36,26.

A presença das águas fluviais oriundas dos rios Amazonas e Pará cria características distintas na ZEE Norte. Flores Montes (2003) realizou trabalho na ZEE Nordeste do Brasil, entre o litoral norte do Estado do Rio Grande do Norte (5°S) e Salvador-BA (14°S), e verificou que na camada eufótica, não houve uma variação horizontal e sazonal acentuada da salinidade, com valores medianos sempre acima de 36,0.

Oxigênio Dissolvido e Taxa de Saturação de Oxigênio Dissolvido

A concentração superficial de oxigênio dissolvido (OD) variou entre 3,50 ml.L⁻¹ a 5,58 ml.L⁻¹ e sua taxa de saturação (%OD) de 74,79% a 125,11%. O valor mínimo foi verificado na estação 114 (localizada próxima da foz do rio Pará), onde também foi observado o menor valor de salinidade. Na ZEE Norte, em áreas com influência fluvial, os valores mínimos de OD e sua taxa de saturação foram relacionados à presença de matéria orgânica tanto particulada como dissolvida, que conduzem a processos de decomposição por oxidação, como mostrou o trabalho realizado por Santos (2000) na Plataforma Continental do Amazonas, que encontrou valores mínimos de OD de 3,87 ml.L⁻¹ e de taxa de saturação de OD de 75,13%.

A Figura 5 mostra uma amplitude mínima na distribuição do OD na camada eufótica, através dos valores do quartil superior de 4,78 ml.L⁻¹ e inferior de 4,51 ml.L⁻¹ (mediana de 4,66 ml.L⁻¹), indicando que esse parâmetro apresentou um equilíbrio entre perda e adição. Na camada afótica, a mediana foi menor (4,20 ml.L⁻¹) e o valor mínimo (1,50 ml.L⁻¹) mais acentuado, devido provavelmente ao consumo do OD pelo processo de oxidação da matéria orgânica (Tabela I).

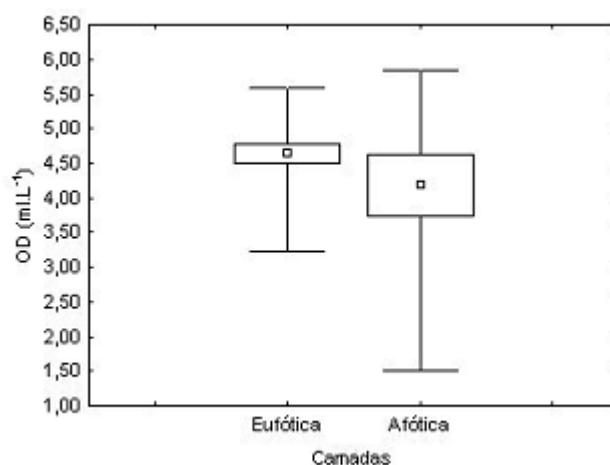


Figura 5 - Gráfico de caixa para a distribuição de OD (ml.L⁻¹) nas camadas eufótica e afótica.

Os valores para a mediana da taxa de saturação de OD foram de 104,23% na camada eufótica (quartil superior de 106,26% e inferior de 100,22%), demonstrando que este é um ambiente supersaturado. A mediana na camada afótica foi de 74,17%, com quartil superior de 100,45% e inferior de 55,63%, caracterizando essa camada como uma zona de baixa saturação (Tabela I).

Os resultados deste trabalho estão condizentes com os obtidos por Santos (2000), que encontrou valores medianos de OD para a camada eufótica das áreas

costeira e oceânica da Plataforma Continental do Amazonas de 4,72 mL.L⁻¹ e 4,71 mL.L⁻¹, e valores de %OD de 100,89% a 104,89%, indicando que estas áreas podem ser caracterizadas como ambientes supersaturados. Para a camada afótica das respectivas áreas, os valores medianos de OD foram de 3,90 mL.L⁻¹ e 3,84 mL.L⁻¹, e de taxa de saturação de OD de 86,60% a 64,05%, classificando ambas as áreas como ambientes de baixa saturação.

Nutrientes

Os nutrientes carreados pelos rios são considerados como o principal mecanismo na manutenção da fertilidade dos ambientes estuarinos, pois esses elementos estão funcionalmente envolvidos no processo de vida dos organismos.

A distribuição superficial dos nutrientes (nitrato - mínimo de 0,61 µM e máximo de 1,39 µM; fosfato - mínimo de 0,06 µM e máximo de 0,14 µM; e, silicato - mínimo de 0,42 µM e máximo de 31,77 µM) foi inversa a da salinidade, com altas concentrações próximas da costa associada ao aporte fluvial. A contribuição de água doce também foi verificada por Honorato da Silva (2003), que registrou teores médios de nutrientes dissolvidos no estuário do Rio Formoso-PE de 0,15 µM de nitrato, 0,18 µM de fosfato, e 32,92 µM de silicato.

Santos *et al.* (2001) verificaram valores de silicato entre 1,07-31,77 µM para a Plataforma Continental Norte (costa do Pará) e consideraram que a contribuição fluvial é a principal responsável pela manutenção de sílica nas águas superficiais desta plataforma, conforme também foi observado neste trabalho (Figura 6).

Na ZEE Norte o rio Amazonas é considerado como a maior fonte de sílica dissolvida para a Plataforma Continental do Amazonas, Meade *et al.* (1985) relataram que a concentração média de sílica na foz do rio é de 135 µM. Nessa plataforma, Santos (2000) encontrou um valor máximo de 108,89 µM, durante o período de máxima descarga do rio Amazonas.

Os gráficos de caixa para os compostos nitrogenados (nitrato, nitrito e amônia), fosfato e silicato mostram uma distribuição assimétrica (Figuras 7a, 7b, 8 e 9a e 9b, respectivamente), com valores de mediana inferiores na camada eufótica (nitrato = 1,18 µM, nitrito = 0,03 µM, amônia = 0,17 µM, fosfato = 0,12 µM e silicato = 2,05 µM).

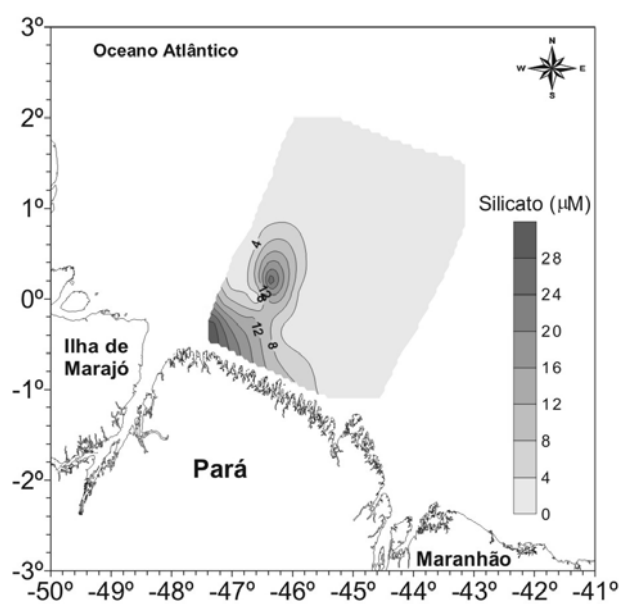


Figura 6 - Distribuição superficial do silicato (µM).

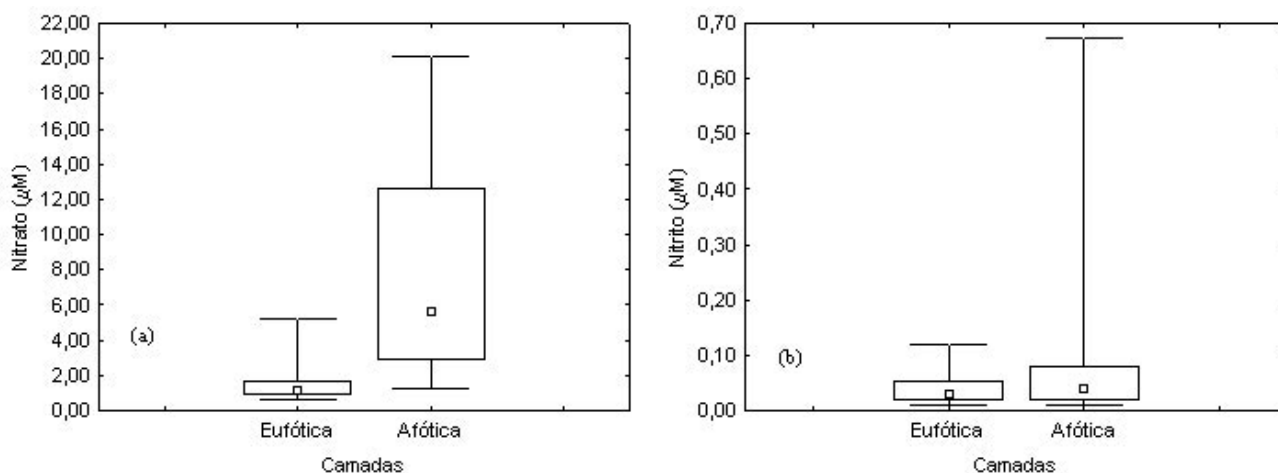


Figura 7 - Gráfico de caixa para a distribuição de: (a) nitrato (µM) e (b) nitrito (µM), nas camadas eufótica e afótica.

Comparando-se esses valores de mediana com os descritos por Santos (2000) para os nutrientes da camada eufótica da Plataforma Continental do Amazonas (nitrito = 3,28 μM , nitrito = 0,04 μM , amônia = 0,38 μM), fosfato = 0,29 mM, silicato = 20,31 μM) e da área oceânica adjacente (nitrito = 1,68 μM , nitrito = 0,01 μM , amônia = 0,18 μM , fosfato = 0,17 μM , silicato = 2,23 μM), observou-se que os resultados deste trabalho ficaram próximos aos valores de mediana da área oceânica, demonstrando que a região em estudo apresenta uma tendência as características oceânicas.

O nitrito, que representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e o nitrito (forma mais oxidada), exibiu, na camada eufótica, o mínimo de 0,01 μM e o máximo de 0,12 μM e, na camada afótica, o mínimo de 0,01 μM e o máximo de 0,6 μM (Tabela I). Santos (2000) obteve resultado semelhante para a Plataforma do Amazonas, com concentrações medianas de nitrito de 0,04 μM tanto para a camada eufótica como a afótica da área costeira, e para a área oceânica, mediana de 0,01 μM na camada eufótica e de 0,03 μM para a afótica.

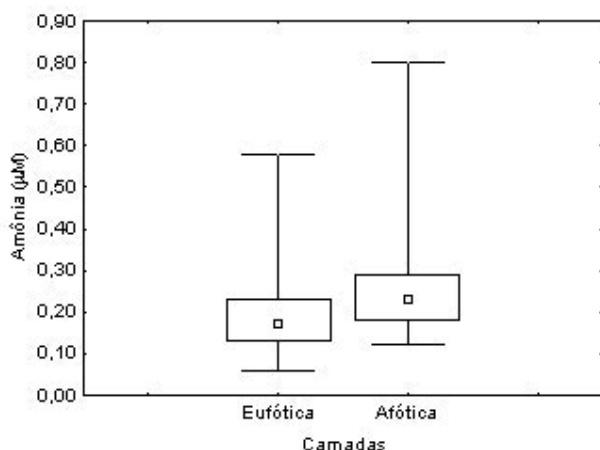


Figura 8 - Gráfico de caixa para a distribuição de amônia (μM) nas camadas eufótica e afótica.

Para as demais formas nitrogenadas os valores de mediana na camada afótica foram de 5,67 μM para o nitrito (mínimo de 1,28 μM e máximo de 20,13 μM) e de 0,23 μM para a amônia (mínimo de 0,12 μM e máximo de 0,80 μM), indicando o processo de degradação da matéria orgânica e da excreção, que favorecem o aumento da concentração dessas formas nitrogenadas (Tabela I).

Flores Montes (2003) na ZEE Nordeste, entre o litoral norte do Estado do Rio Grande do Norte (5°S) e Salvador-BA (14°S), encontrou concentrações medianas nas camadas eufótica e afótica para o nitrogênio amoniacal-N = 0,03 μM ; para o nitrito = 0,6 μM e = 12,56 μM ; para o fosfato-P = 0,14 μM e = 1,09 μM ; e, para o silicato-Si < 12,0 μM e = 20,5 μM , respectiva-

mente. A regeneração líquida do componente (nitrito-N ou fosfato-P) foi descrita como resultado do balanço entre o aporte oriundo da degradação do material orgânico, do fluxo difusivo e a remoção decorrente dos processos da absorção pelo fitoplâncton, como da sedimentação de material particulado total (adsorção de nutrientes), sendo estes os mecanismos preponderantes no balanço vertical de nutrientes.

Aidar *et al.* (1993) observaram na região de Ubatuba (SP), concentrações médias de nitrito na massa de Água Tropical (AT) entre 0,06 μM a 0,34 μM no verão, e de 0,44 μM a 1,24 μM no inverno; na Água Costeira (AC), entre 0,15 μM a 0,38 μM no verão, e de 0,29 μM a 0,77 μM no inverno; e, na Água Central do Atlântico Sul (ACAS), de 0,27 μM a 0,80 μM no verão, em direção ao fundo, essa massa de água apresentou um aumento significativo, até um máximo de 15 μM na zona afótica, a 400 m de profundidade. Para a amônia, os autores descreveram concentrações médias de 0,12 μM a 0,73 μM no verão, e de 0,22 μM a 0,42 μM no inverno na AT; de 0,21 μM a 0,77 μM no verão, e de 0,29 μM a 0,47 μM no inverno na AC; e, de 0,12 μM a 0,79 μM na ACAS. Os autores também consideraram que a decomposição da matéria orgânica gera a formação e o acúmulo de íons amônio, assim como de nitrito e nitrito.

Em relação à distribuição do fosfato, o gráfico de caixa mostra para a camada eufótica menor concentração (quartil inferior de 0,09 μM e quartil superior de 0,14 μM), com mediana de 0,12 μM , indicando o consumo ou rápida transformação dessa forma dentro do ciclo do fósforo no ambiente marinho. Na camada afótica, a cauda superior foi mais destacada (máximo de 2,2 μM) e o valor de mediana maior (0,45 μM) do que na camada eufótica, indicando o aumento devido à liberação desse nutriente através da degradação da matéria orgânica (Tabela I e Figura 09a).

A absorção de fosfato por produtores primários e bactérias é a principal causa das baixas concentrações desse elemento nas áreas superiores da zona eufótica. Segundo Valiella (1984), os processos de regeneração do íon fosfato através da remineralização do fosfato orgânico dissolvido e da excreção do zooplâncton, bem como os processos de sua absorção pelo fitoplâncton, são muito rápidos. Assim, o seu tempo de residência em águas oligotróficas é de apenas alguns minutos e, portanto, o fósforo presente na água se encontra principalmente sob a forma particulada.

Para o silicato o gráfico de caixa mostrou uma cauda superior bastante destacada, máximo de 31,77 μM , localizado na estação 144, onde também foi observado o menor valor de salinidade e de OD, atribuído à influência fluvial. Contudo, o valor de mediana (2,05 μM) foi deslocado no sentido do valor mí-

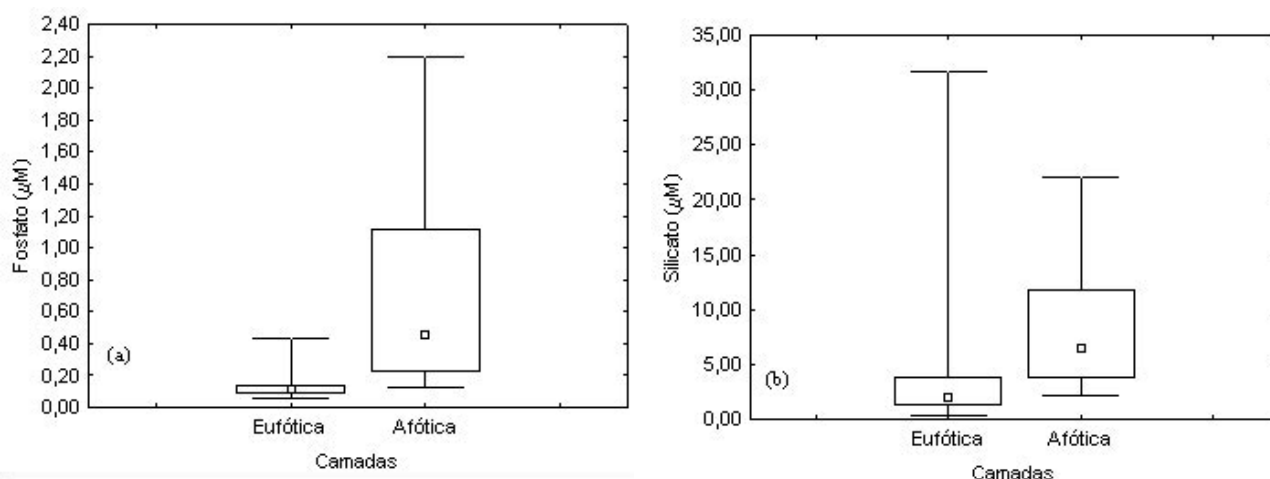


Figura 9 - Gráfico de caixa para a distribuição de: (a) fosfato (μM) e (b) silicato (μM), nas camadas eufótica e afótica.

nimo ($0,42 \mu\text{M}$) nessa camada, indicando que as concentrações de silicato são de áreas oceânicas. Na camada afótica, a concentração de silicato apresentou um aumento (valor de mediana de $6,45 \mu\text{M}$), com valores de quartil inferior e superior de $3,85 \mu\text{M}$ e de $11,76 \mu\text{M}$, respectivamente (Tabela I; Figura 9b).

Os perfis 02 e 05 são representativos das distribuições do nitrato, fosfato e silicato. Estes perfis mostram similaridade na distribuição dos nutrientes, na superfície baixas concentrações, em seguida uma acentuada estratificação, e um aumento gradual dos valores com a profundidade (Figuras 10, 11 e 12), típica de áreas oceânicas.

Delfino (2004) achou valores médios para os nutrientes (nitrato = $4,26 \mu\text{M}$; fosfato = $0,325 \mu\text{M}$; e silicato = $5,0 \mu\text{M}$) dissolvidos na coluna d'água da Plataforma Continental do Maranhão, e associou ao modelo de distribuição descrito para a maioria dos oceanos por Chester (1990), o qual relata um rápido esgotamento dos nutrientes pela assimilação fitoplanctônica na camada superficial, apresentando em seguida uma camada com aumento na concentração, relacionado ao processo de regeneração, e, logo após, uma camada com uma diferença mínima na concentração.

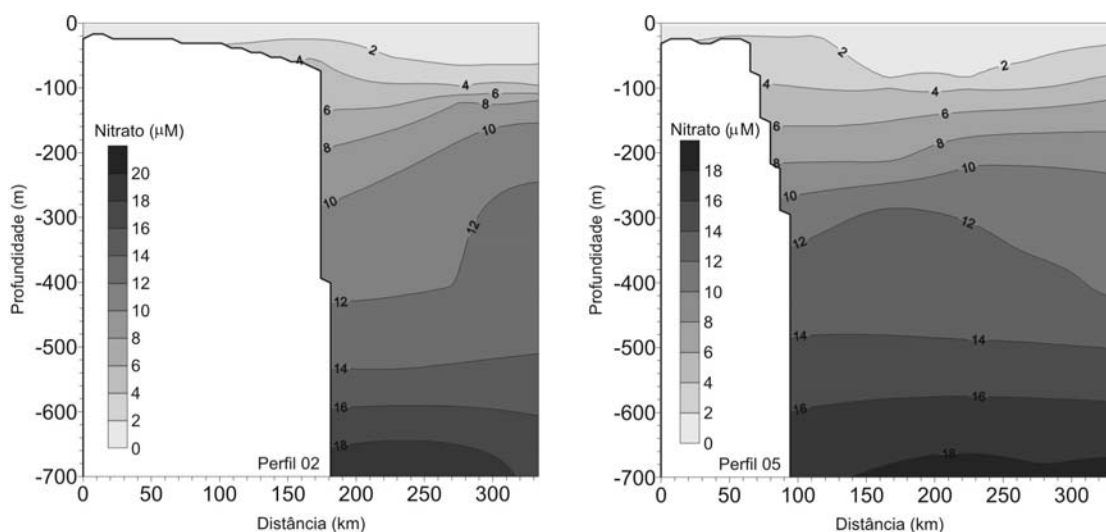


Figura 10 - Distribuição do nitrato (μM) nos perfis 02 e 05.

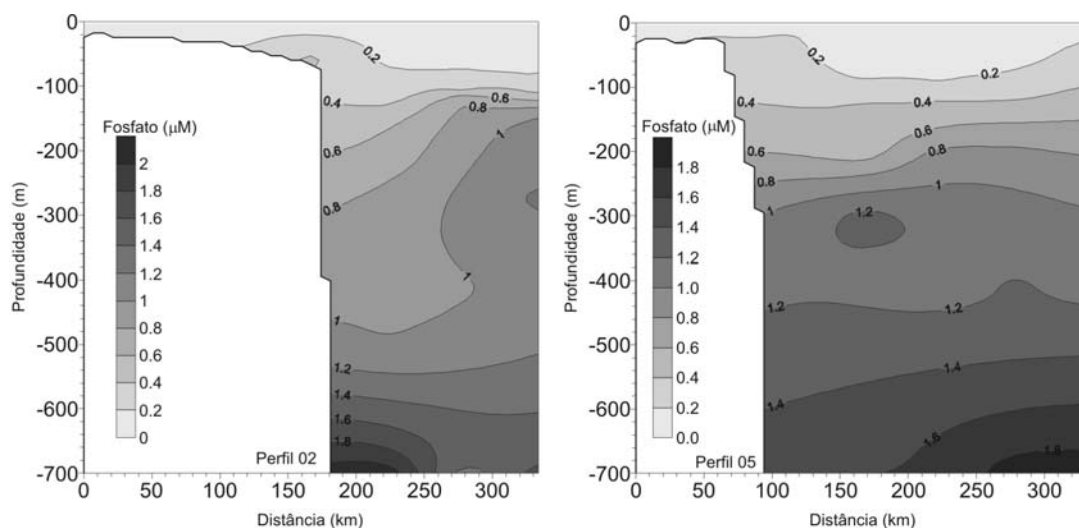


Figura 11 - Distribuição do fosfato (μM) nos perfis 02 e 05.

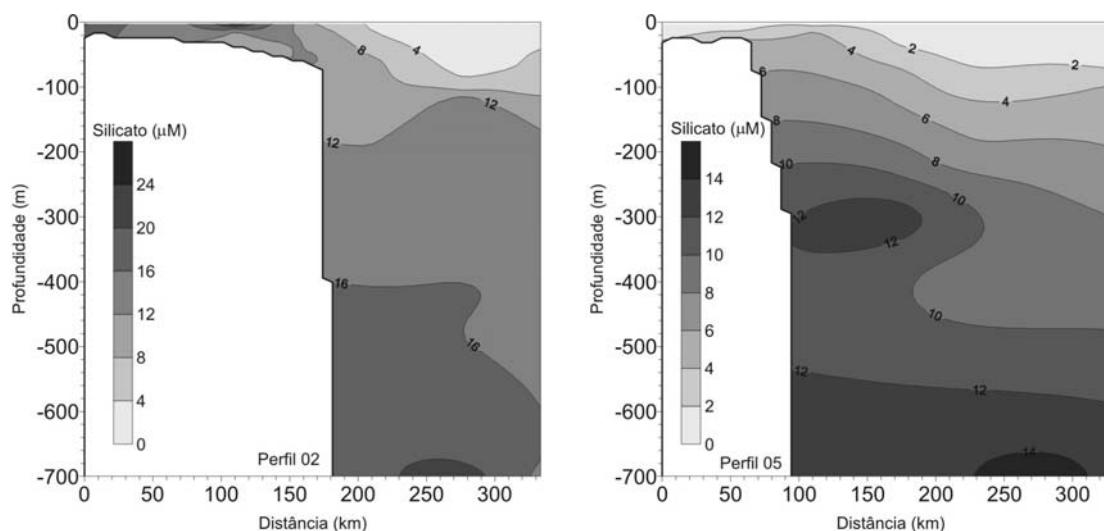


Figura 12 - Distribuição do silicato (μM) nos perfis 02 e 05.

CONCLUSÕES

O ambiente pelágico da ZEE Norte, na área adjacente à costa do Estado Pará, apresentou em grande parte características de uma área oceânica, contudo, próximo à região costeira verificou-se a influência fluvial. A distribuição superficial dos nutrientes (nitrato, fosfato e silicato) registrou esta influência fluvial através dos maiores valores detectado próximos à costa.

Na camada eufótica, as distribuições do nitrato, amônia, fosfato e silicato apresentaram menores valores, devido, provavelmente, à assimilação desses com-

postos pela biomassa fitoplanctônica. Entretanto, verificou-se um aumento na concentração desses nutrientes na camada afótica, relacionado, principalmente, ao processo de degradação da matéria orgânica, que libera os nutrientes novamente para a coluna de água.

A distribuição superficial e vertical do nitrito foi irregular, pois essa forma é intermediária, por tanto instável no ciclo do nitrogênio.

A interação entre os parâmetros oceanográficos estudados foi fortemente observada, com a baixa salinidade favorecendo o aumento na concentração do silicato e a diminuição do OD, próximo à foz do rio Pará. Enquanto que, na região oceânica, a distribuição

de temperatura mostrou uma diminuição com o aumento da profundidade e a presença de camada da termoclina, que em áreas oceânicas de baixas latitudes influencia na distribuição dos nutrientes.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). À tripulação do Navio Oceanográfico ANTARES (H40), pelo o apoio e atenção recebidos no trabalho de campo, durante a Operação Norte III (1999). Ao Ministério da Defesa (MD)/Marinha do Brasil (MB), à Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. W. M.; Eschrique, S. A.; Barbosa, L. P. F. & El-Robrini, M. Processamento de dados físicos (temperatura e salinidade) na Plataforma Continental do Pará. In: XV Semana Nacional de Oceanografia, *Cadernos de Resumos*, CD-ROOM, São Paulo-SP. 2003.
- Abreu, M. W. M. *Estudo das massas d'água oceânica da Plataforma Continental Norte entre as latitudes 01°29'06"N, 00°27'29,88"N, 00°45'59,76"N e 00°23'30"S e longitudes 47°18'57,6"W, 48°16'48"W, 46°35'16,8"W e 47°23'42"W e suas características físicas*. Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Pará, 71 p. Belém-PA, 2004.
- Aidar, E.; Gaeta, S. A.; Giancesella-Galvão, S. M. F.; Kutner, M. B. B. & Teixeira, C. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico*, v.10, p. 9-43. 1993.
- Braga, E. S. *Estudo dos nutrientes dissolvidos nas águas da Enseada das Palmas, Ilha Anchieta (Ubatuba, SP), com ênfase às formas nitrogenadas e contribuição por aportes terrestres e atmosféricos*. Dissertação de Mestrado da Universidade de São Paulo - Instituto Oceanográfico, 207 p. São Paulo-SP, 1989.
- Chester, R. *Marine Geochemistry*. Unwin Hyman, p. 346 – 421. London. 1990.
- Costa, K. M. P. *Hidrologia e Biomassa Primária da Região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 8°00'00" e 2°44'30" S e as longitudes de 35°56'30" e 31°48'00" W*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia, Universidade Federal de Recife, p. 217. Recife-PE, 1991.
- Delfino, I.B. *Caracterização química das águas da ZEE/NO, entre as latitudes de 02°6,5'S e 02°11,05'S e longitudes 43°38,2'W e 43°7,2'W*. Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Pará, 35 p. Belém-PA, 2004.
- DeMaster, D.J., Knapp, G.B. & Nittrouer, C.A. Biological uptake and accumulation of silica on the Amazon Continental Shelf. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 47, p. 1713-1723. 1983.
- Eschrique, S. A. *Distribuição dos nutrientes e sua interrelação com os parâmetros oceanográficos abióticos na ZEE/NO, entre as latitudes de 00°30,8'S, 01°51,4'N, 00°40,9'S e 01°42,5'N e longitudes de 46°54,7'W, 45°13,2'W, 46°22,3'W e 44°42'W*. Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Pará, 57 p. Belém-PA, 2004.
- Eskinazi-Leça, E.; Silva-Cunha, M^a da G.G.; Koenig, M^a L.; Macedo, S.J. & Costa, K.M.P. da. Variação espacial e temporal do fitoplâncton na Plataforma Continental de Pernambuco – Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, v. 25, p.1-16. Recife, 1997.
- Flores Montes, M. J. *Variação Nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade Federal de Recife, 174 p. Recife-PE, 1996.
- Flores Montes, M. J. *Fatores que influenciam na produtividade dos oceanos: a importância do fluxo de difusão dos nutrientes para a biomassa do fitoplâncton na região oceânica do nordeste brasileiro*. Tese de Doutorado em Oceanografia Abiótica, Universidade Federal de Recife, 179 p. Recife-PE, 2003.
- Gabioux, M. *Influência da lama em suspensão na propagação da maré na plataforma Amazônica*. Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 99 p. Rio de Janeiro-RJ, 2002.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M. & Kremling, K., *Methods of Seawater Analysis*. 2. Ed.: Verlage Chemie, Florida, 417 p. 1983.
- Honorato da Silva, M., *Fitoplâncton do estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil): biomassa, taxonomia e ecologia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 131 p. Recife-PE, 2003.
- Magliocca, A. Some chemical aspects of the marine environment off the Amazon and Pará rivers, Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. v. 20, p. 61- 84. São Paulo, 1971.
- Meade, R.H., Dunne, J.E., Richey, U., Salate, E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River estuary. *Nature*, v. 278, p. 161- 163. 1985.
- Niencheski, L. F. & Windom, H. L. Nutrient flux and budget in Patos Lagoon Estuary. *The Science of Total Environment*, v. 149, p. 53–60. 1994.
- Nittrouer, C. A.; DeMaster, D. J.; Figueredo, A. G. & Rine, J. J. AMASSEDS: An interdisciplinary

- investigation of a complex coastal environment. *Oceanography*: p. 3-7. 1991.
- Nixon, S. W. Quantifying the relationship between nitrogen input and the productivity of marine ecosystems. *Proceedings of the advanced Marine Technical Conference*, v. 5, p. 57-83. 1992.
- Parker, C. A. & O'Reilly, J. E. Oxygen depletion in Long Island Sound: a historical perspective. *Estuaries*, v. 14, p. 248-265. 1991.
- Pennock, J. R., Sharp, J. H. & Schroeder, W. W. What controls the expression of estuarine eutrophication? Case studies of nutrient enrichment in the Delaware Bay and Mobile Bay Estuaries, USA. In *Changes in fluxes in estuaries: implications from science to management* (Dyer, K. R. & Orth, R. J., eds). Olsen & Olsen, Fredensborg, p. 139-146. 1994.
- Pereira-Filho, J.; Schettini, C. A. F.; Rörig, L.; Siegle, E. Intratidal Variation and Net Transport of Dissolved Inorganic Nutrients, POC and Chlorophyll *a* in the Camboriú River Estuary, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 53, p. 249-257. 2001.
- Santos, M.L.S.; Costa, K.M.P.; de Lima, E.A.R.; Botelho, V.F.; Costa, R.A.S. Estudo da Distribuição do Silicato Inorgânico Dissolvido na Plataforma Continental Norte, Costa do Amapá-Brasil (Lat. de 03°33,22'N e 03°20,22'N e Long. de 50°19,81'W e 47°54,80'W). In: XIX Encontro Nacional de Estudantes de Química. *Caderno de Resumos*, p.33. Belém-PA, 2000.
- Santos, M.L.S. *Influência dos rios Amazonas e Pará sobre a biomassa fitoplanctônica*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade Federal de Pernambuco, 92 p. Recife-PE, 2000.
- Santos, M.L.S.; Abreu, M.W.M. & Eschrique, S.A. Estudo dos Nutrientes na Plataforma Continental Norte (Costa do Estado do Pará). In: XIV Semana Nacional de Oceanografia. *Livro de Sínteses*, p.86. Rio Grande-RS, 2001.
- Saraiva, A.L.L. *Influência fluvoial na distribuição do fosfato e silicato na Plataforma Continental do Amazonas (latitude 00°20'N e 02°40'N; longitude de 47°20'W e 49°W)*. Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Pará, 50 p. Belém-PA, 2004.
- Silva, A.C. *Campos de Temperatura e Salinidade na Plataforma Continental do Amazonas, durante a descarga mínima (Outubro de 1997) do Rio Amazonas: Uma Análise Ambiental*. Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Geologia, Universidade Federal do Pará, 67 p. Belém-PA, 2000.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. A practical handbook of sea water analysis. *Bulletim Fisheries Research Board of Canada*, v.167, p. 1-311. Ottawa, 1972.
- UNESCO. *International Oceanographic Table*. Opeat Britain, Wormly, n.2, 141 p., 1973.
- Valiella, I. *Marine Ecological Processes*. Springer-Verlag, N.Y. 546 p., 1984.