

# **AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DRAGAGEM SOBRE ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA DO PORTO DE ARATU, BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA**

Assessing the impact of dredging on phytoplankton association of Aratu harbor, in Todos os Santos Bay, Bahia State

Aline Nogueira Ferreira<sup>1</sup>, Magda Beretta<sup>2</sup>, Paulo de Oliveira Mafalda Júnior<sup>3</sup>

## **RESUMO**

*Na área de influência da dragagem de aprofundamento do Porto de Aratu, na Baía de Todos os Santos, o padrão da estrutura da associação fitoplanctônica (composição, riqueza, abundância relativa, frequência de ocorrência e densidade), estrutura oceanográfica (temperatura e salinidade), nutricional (fósforo e nitrogênio), qualidade da massa de água (pH e oxigênio dissolvido) e metais pesados (cobre, cromo, cádmio, ferro, níquel, manganês e zinco), foram empregados visando uma interpretação comparativa dos efeitos desta dragagem, cujos resultados serão utilizados para avaliar a recuperação ambiental do ecossistema pelágico. Foram realizadas duas campanhas: fevereiro (final do período seco) e setembro (final do período chuvoso), maré vazante e enchente. Identificadas 50 espécies, antes do processo de dragagem e 40 espécies durante a dragagem, sendo as Bacillariophyta representantes com maior abundância relativa e riqueza em relação aos demais grupos de microalgas. Este estudo indicou diminuição da riqueza específica e elevação da densidade na fase de dragagem. A composição da associação fitoplanctônica refletiu variabilidade temporal observada nas características oceanográficas da massa de água provocada pelo gradiente pluviométrico e na qualidade da água provavelmente em função da atividade de dragagem, havendo uma clara separação entre a fase de Dragagem (período seco) e de Pré-dragagem (período chuvoso).*

**Palavras-chaves:** *composição fitoplanctônica, fator oceanográfico, índice ecológico, porto de Aratu.*

## **ABSTRACT**

*In the area of influence of dredging to deepen the Aratu harbor, in All Saints Bay, the pattern of the structure of phytoplankton association (composition, richness, relative abundance, frequency and density), oceanographic structure (temperature and salinity), nutrient (phosphorus and nitrogen) and quality water quality (pH and dissolved oxygen) and trace-elements were used aiming at a comparative interpretation of the effects of dredging, which would be used to assess the environmental recovery of the pelagic ecosystem. There were two campaigns in February (late dry season) and September (end of rainy season), in ebb and flood. We identified 50 species, before the dredging process and 40 species during dredging, the Bacillariophyta were the representatives with the highest relative abundance and richness compared to other groups of microalgae. This study indicated a decrease of species richness and density increase during the dredging. The composition of phytoplankton association reflected the observed temporal variability in oceanographic characteristics of the water caused by the gradient of rainfall and water quality probably due to the dredging activity and a clear separation between the phase of dredging (dry season) and phase Pre-dredging (rainy season).*

**Keywords:** *phytoplankton composition, oceanographic factor, ecological index, Aratu harbor.*

<sup>1</sup> Mestranda em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Rua Barão de Geremoabo, 147, Bahia, CEP 40170-290. Bolsista FAPESB. E-mail: alinog@terra.com.br.

<sup>2</sup> Professora da Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia. E-mail: mberetta@ufba.br

<sup>3</sup> Professor do Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia. E-mail: pomafa@ufba.br.

## INTRODUÇÃO

A Baía de Todos os Santos (BTS) é a segunda maior baía costeira do Brasil, possuindo 184 km de extensão, sendo caracterizada pela presença de pequenas baías e enseadas, onde se encontram mais de 30 ilhas, e com cerca de 221 km de linha de costa. A Baía de Aratu, interna à BTS, conecta-se com a mesma através do canal do Cotegipe, com 4 km de comprimento e possui em seu entorno terminais, indústrias químicas e dois portos (Aratu e Base Naval), permitindo a passagem de navios de grande calado, servindo inclusive ao Centro Industrial de Aratu e ao Pólo Petroquímico de Camaçari (CRA, 2001). Nesta área, o padrão de precipitação pluviométrica apresenta um período seco, entre setembro e fevereiro e, um período chuvoso entre março e agosto.

Devido ao desenvolvimento industrial e portuário a Baía de Aratu apresenta elevado comprometimento ambiental (Lessa *et al.*, 2009), pelo crescente acúmulo de substâncias no ambiente marinho, ocasionando efeitos tóxicos à biota e ao equilíbrio ambiental e conseqüentemente à manutenção da biodiversidade (Sousa, 2002). Indústrias petroquímicas e químicas também são responsáveis pela emissão de metais pesados através de aerossóis e de efluentes químicos (Alloway & Ayres, 1992). Os efluentes que atingem o meio aquático podem conter concentrações variáveis de compostos nutricionais e tóxicos que são responsáveis por alterações quali-quantitativas das populações fitoplanctônicas (Aidar *et al.*, 2002). Em locais com lançamento de despejos industriais, ocorrem elevações nas concentrações de fósforo e nitrogênio, favorecendo a rápida proliferação de microalgas, que dificultam a penetração de luz na coluna d'água, além de provocarem mudanças na coloração, odor e sabor (CETESB, 2006).

A natureza argilosa do sedimento marinho da Baía de Aratu (Bittencourt, 1974) facilita a retenção de metais pesados, como cobre, chumbo e zinco (Alves, 2002; CRA, 2004). Em muitos casos, metais pesados, nutrientes e hidrocarbonetos, são ressuspensos com a atividade de dragagem e disponibilizados na coluna d'água. Assim, também por ser onerosa e motivadora de conflitos, a dragagem tem gerado um reflexo negativo das atividades portuárias em todo o mundo (Paula *et al.*, 2006).

As atividades de dragagem de sedimentos marinhos têm gerado diversos estudos sobre os efeitos dos sedimentos ressuspensos e novamente depositados, em estuários (Sherk *et al.*, 1979; Jonge, 1983) e zona costeiras (Newell *et al.*, 1998), abordando os seus efeitos sobre comunidades planctô-

nicas (Auld & Shubel, 1973; Wang *et al.*, 2005). No nordeste do Brasil, alguns estudos avaliaram os efeitos da dragagem e construção de portos sobre a sobrevivência e o crescimento de organismos do fitoplâncton e zooplâncton (Neumann *et al.*, 1998; Koenig *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2004).

Apesar dos estudos sobre o fitoplâncton no Brasil terem sido iniciados com as diatomáceas coletadas na Baía de Todos os Santos (Zimmermann, 1916), poucos estudos foram desenvolvidos na Baía de Aratu (Peixinho, 1972; Cowgill, 1987). Peixinho (1972) realizou o primeiro estudo sistemático e ecológico sobre o fitoplâncton da baía de Aratu. Cowgill (1987) avaliou os efeitos das mudanças nas concentrações de nutrientes sobre a composição do fitoplâncton, indicando um declínio das diatomáceas e um aumento das populações de cianobactérias devido ao aumento na concentração de nitrogênio em relação ao fósforo. Em um recente estudo realizado no norte e no oeste da BTS, o microfitoplâncton foi dominado por diatomáceas do gênero *Coscinodiscus*, que perfazem 70% da abundância relativa, em razão da sua elevada taxa de multiplicação em ambientes eutrofizados (Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008).

Este estudo teve como objetivo caracterizar a associação fitoplanctônica, visando comparar a sua estrutura ecológica, antes e durante a atividade de dragagem do Porto de Aratu, sob influência de condições oceanográficas (temperatura e salinidade), nutricionais (fósforo e nitrogênio), qualidade da água (pH e oxigênio dissolvido) e metais traços (cádmio, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco).

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas duas amostragens na área de influência direta e indireta da atividade de dragagem no Porto de Aratu (Figura 1). A primeira amostragem foi realizada no dia 3 de fevereiro de 2010 (período seco), anterior à atividade de dragagem e a segunda em 2 de setembro de 2010 (período chuvoso), durante a dragagem, a bordo da Lancha Oceanográfica CHICA FÉ. Em cada período de estudo foram realizadas seis estações de amostragem (Tabela I), em dois momentos distintos de maré (vazante e enchente), totalizando 12 unidades amostrais por período e um total de 24 unidades amostrais.

As estações de amostragem foram localizadas com o auxílio do GPS (Global Positioning System), e registro das coordenadas pelo sistema métrico UTM (Universo Transverso de Mercator), conforme a Tabela I e Figura 1.

Tabela I - Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Estações	01	02	03	04	05	06
Coordenadas	12°48'22"S 38°31'36"W	12°47'34"S 38°30'27"W	12°47'21"S 38°29'27"W	12°46'57"S 38°30'18"W	12°46'24"S 38°30'35"W	12°45'45"S 38°30'17"W

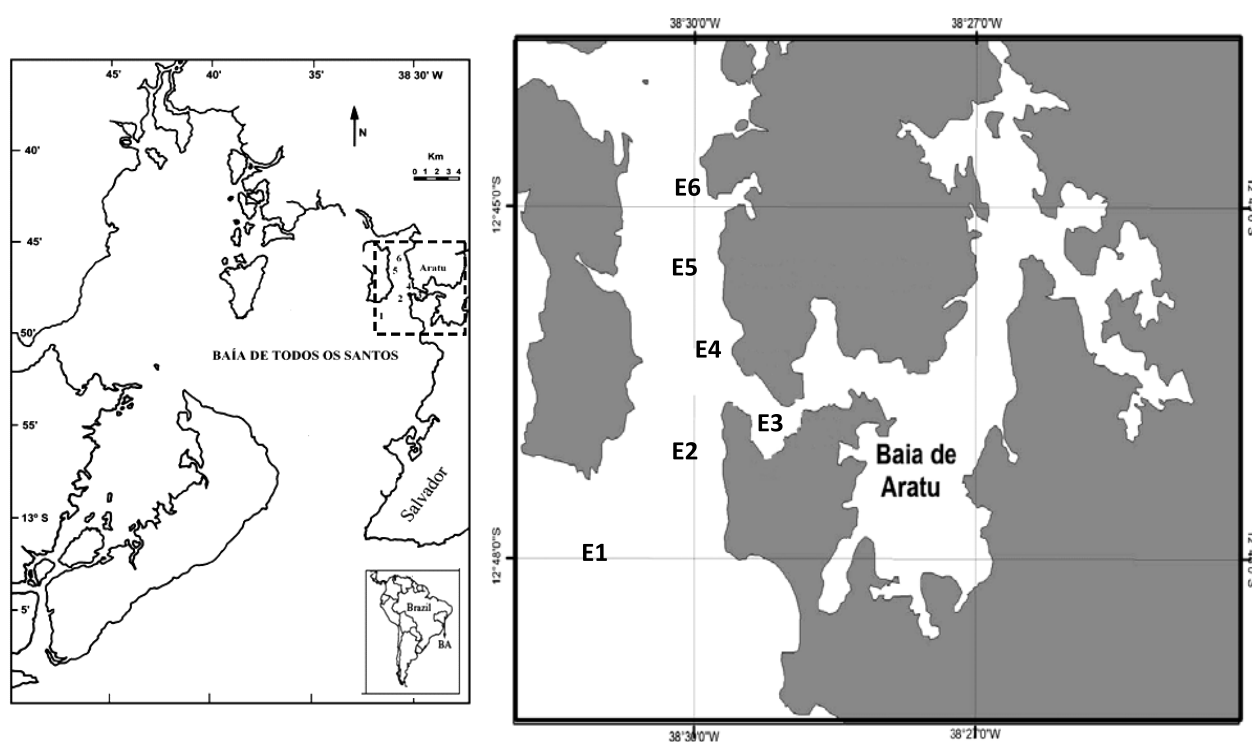


Figura 1 - Localização das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

A amostragem de fitoplâncton foi realizada com rede cônica, malha de 50  $\mu$ m, dotada de fluxômetro Hydrobios, para estimativa do volume de água filtrada. Os arrastos horizontais de superfície tiveram cerca de 5 minutos de duração. Em seguida as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL, e conservadas em solução de formalina a 4 %, para estudo qualitativo em microscópio binocular, utilizando-se principalmente os trabalhos de: Balech (1978), Bicudo (1983), Bicudo & Menezes (2006), Boney (1976) e Round (1983).

A amostragem das variáveis oceanográficas (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido), foi realizada "in situ" com termômetro, refratômetro, medidor de pH e de oxigênio.

Para a determinação dos metais pesados cádmio, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco, as amostras de água foram coletadas e armazenadas em recipientes brancos, de polietileno, com capaci-

dade para 500mL e refrigerados. As determinações de metais obedeceram a metodologia da APHA (1995), sendo realizadas por espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite.

As amostras de água para análises de nitrogênio total e fósforo total, foram coletadas com garrafa de Van Dorn e encaminhadas ao laboratório da CETREL (amostras pré-dragagem) e SENAI (amostras dragagem), para a determinação segundo recomendações de SMEWW (2005).

A análise dos dados envolveu a estimativa de índices estruturais da associação fitoplanctônica (riqueza de Margalef, frequência de ocorrência, abundância relativa e densidade). Considerando a normalidade dos dados, o teste "t" de Student foi utilizado para verificar existência de diferenças significativas nos valores médios de variáveis abióticas e bióticas, respectivamente, entre as amostras coletadas nos diferentes períodos (pré-dragagem/dragagem).

Na Análise de Cluster, realizada no programa *Statistica for Windows*, o padrão de agrupamento da associação fitoplanctônica foi identificado e analisado através do coeficiente de distância Euclidiana, empregando como estratégia de agrupamento o método de Ward, onde a representação bi-dimensional é o dendrograma. A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Uma vez que este gradiente foi linear, optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na composição da associação fitoplanctônica, em função das variáveis oceanográficas. O teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística da Análise de Redundância. As análises DCCA e RDA foram realizadas empregando o pacote estatístico Canoco for Windows versão 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 1998).

## RESULTADOS

### Variáveis oceanográficas

As massas de água presentes no Porto de Aratu podem ser visualizadas através do diagrama T-S (Figura 2). A massa de Água Costeira, com salinidade inferior a 36 UPS, foi formada apenas durante a Dragagem, no período chuvoso, em função da maior pluviosidade e conseqüente aumento da vazão riverina. Durante a Pré-dragagem e a Dragagem foi registrada a presença da massa de Água Tropical, que com base em Garfield (1990) é caracterizada por temperatura superior a 18 °C e salinidade maior que 36 U.

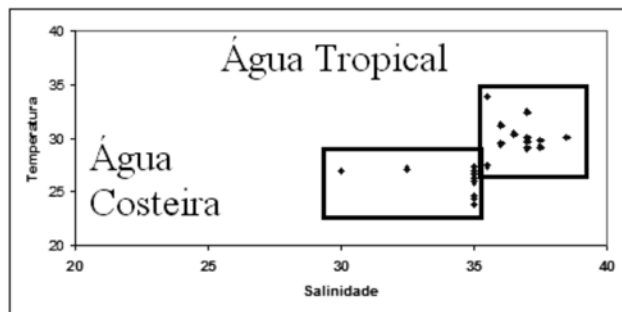


Figura 2 - Diagrama T-S para as estações de amostragem da Pré-dragagem (PD) e da Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Águas mais quentes, salinas, oxigenadas e com pH elevado foram encontradas na Pré-dragagem, que foi realizada no período seco. Na Dragagem, realizada no período chuvoso, as águas apre-

sentaram menores valores de temperatura, salinidade, oxigênio e pH. Quando as médias das variáveis físico-químicas entre os dois períodos ("Pré-dragagem" e "Dragagem"), foram comparadas através do Teste "t" de Student (Tabela II), foram verificadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas.

A temperatura (Figura 3) apresentou valores mais elevados (29,1-33,9°C), na Pré-dragagem (período seco), em relação a Dragagem (período chuvoso), quando os valores oscilaram entre 23,8 e 27,5°C, apresentando diferença significativa entre os dois períodos (Teste t,  $p < 0,0001$ ). Na Pré-dragagem a salinidade (Figura 3) variou entre 35,5 e 38,5 UPS, enquanto que, na Dragagem variou entre 30 e 35,5 UPS, com valores significativamente mais elevados na Pré-dragagem (Teste t,  $p < 0,0001$ ).

O pH (Figura 3) da água do mar, na Pré-dragagem, se apresentou alcalino (8,9 e 9,0) e foi mais significativamente mais elevado (Teste t,  $p < 0,0001$ ), do que na Dragagem, quando se apresentou entre

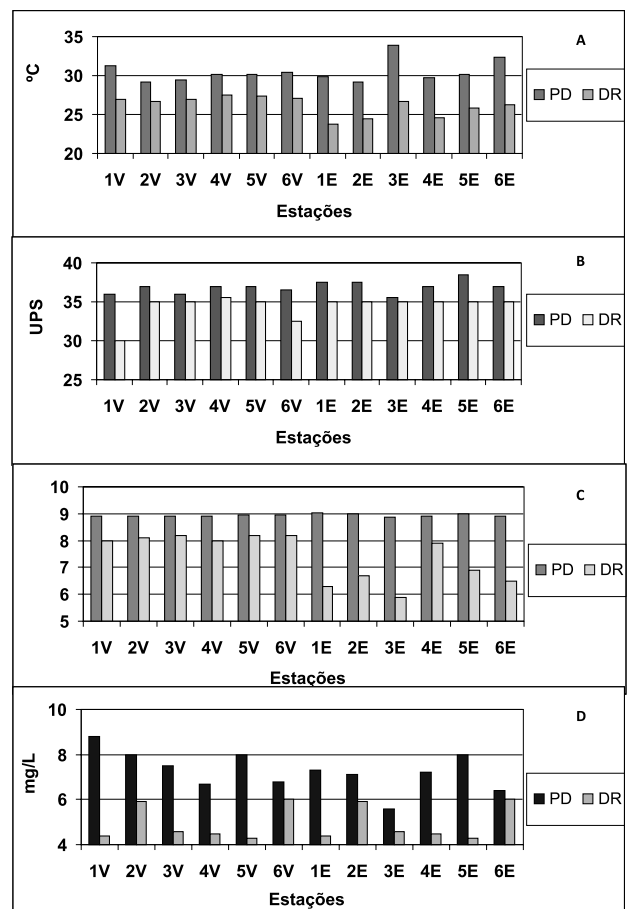


Figura 3 - Temperatura (A), salinidade (B), pH (C) e oxigênio dissolvido (D), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente).

ácido e alcalino, com valores entre 5,9 e 8,2. O oxigênio dissolvido (Figura 3) também apresentou diferença estatística significativa entre os dois períodos (Teste t,  $p < 0,0001$ ), com valores mais elevados na Pré-dragagem (5,6 e 8,8 mg/L), em relação a Dragagem (4,3 e 6,0 mg/L).

Tabela II - Média (número de amostras) e teste "t" de Student das variáveis oceanográficas e metais traços na água obtidos durante a pré-dragagem (período seco) e a dragagem (período chuvoso), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (< LDM, Abaixo do limite de detecção média).

	Pré- Dragagem	Dragagem	Significância de t
Temperatura (°C)	30,5 (12)	26,2 (12)	0,0001
Salinidade (%)	36,9 (12)	34,4 (12)	0,0001
pH	8,9 (12)	7,4 (12)	0,0001
Oxigênio (mg/L)	7,2 (12)	5,0 (12)	0,0001
Cádmio (mg.Kg-1)	< LDM	< LDM	-
Cromo (mg.Kg-1)	92 (12)	27 (12)	0,0299
Níquel (mg.Kg-1)	26 (12)	23 (12)	0,7910
Cobre (mg.Kg-1)	18 (12)	28(12)	0,0294
Ferro (mg.Kg-1)	6837 (12)	9201 (12)	0,0936
Manganês (mg.Kg-1)	466 (12)	574 (12)	0,1015
Zinco (mg.Kg-1)	24 (12)	200 (12)	0,0001
Nitrogênio Total (mg/L)	1,4 (6)	< LDM	-
Fósforo Total (mg/L)	0,02 (6)	0,04 (6)	0,0226

### Metais pesados e nutrientes

Durante a Pré-dragagem (período seco), as concentrações médias de cobre, ferro, manganês e zinco (Tabela II), foram mais baixas em relação à Dragagem (período chuvoso), enquanto que as concentrações de Cromo e Níquel foram mais elevadas. Já as concentrações de Cádmio e Chumbo estiveram abaixo do limite de detecção média (LDM). Dados disponibilizados nas Figuras 4 e 5.

Os valores mais baixos de Zinco (0 - 118 mg.Kg<sup>-1</sup>) e Cobre (0 - 81 mg.Kg<sup>-1</sup>), obtidos na Pré-dragagem, em relação a Dragagem (Zinco: 105 - 388 mg.Kg<sup>-1</sup> e Cobre: 0 - 164 mg.Kg<sup>-1</sup>), apresentaram diferença significativa (Tabela 2). Não obstante, as concentrações de Manganês e Ferro, que também apresentaram valores respectivamente mais baixos na Pré-dragagem (84 - 724 mg.Kg<sup>-1</sup>; 1535 - 9259 mg.Kg<sup>-1</sup>), em relação a Dragagem (333 - 857 mg.Kg<sup>-1</sup>; 3818 - 18611 mg.Kg<sup>-1</sup>), não apresentaram diferença significativa.

As concentrações de cromo foram significativamente menores na Dragagem (0 - 174 mg.Kg<sup>-1</sup>), em relação a Pré-Dragagem (0 - 233 mg.Kg<sup>-1</sup>), enquanto que as de níquel, que também foram menores, não apresentaram diferença significativa, na

Dragagem (0 - 44 mg.Kg<sup>-1</sup>), em relação a Pré-Dragagem (0 - 100 mg.Kg<sup>-1</sup>).

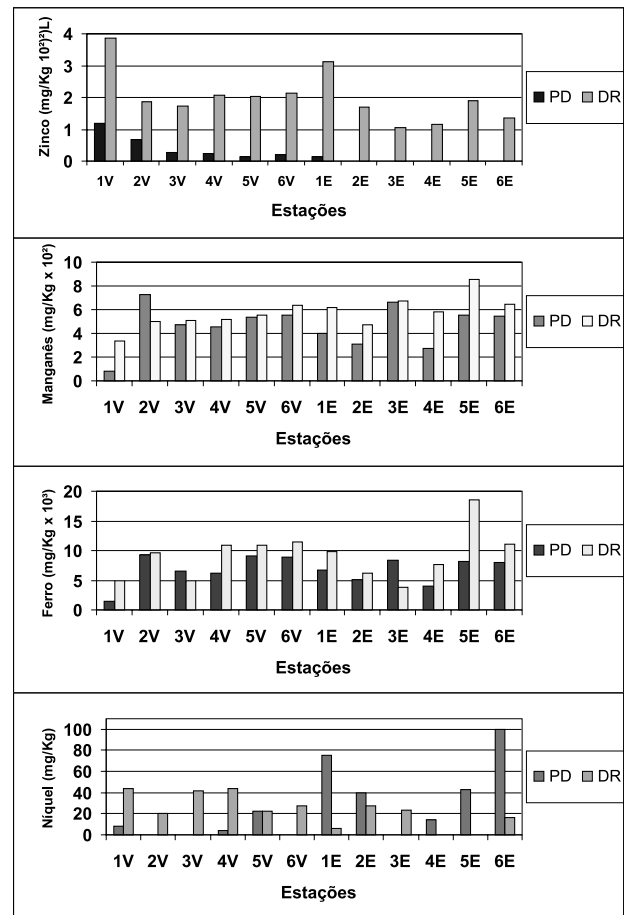


Figura 4 – Concentrações de metais traços (Zinco, Ferro, Manganês e Níquel), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente).

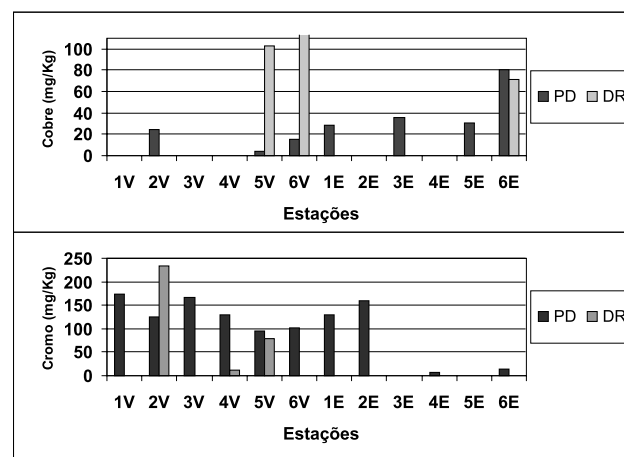


Figura 5 – Concentrações de metais traços (Cobre e Cromo), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente).

As concentrações de fósforo total (Tabela II; Figura 6) apresentaram valores mais baixos (0,01 – 0,02 mg.L<sup>-1</sup>), na Pré-dragagem, em relação a Dragagem (0,004 – 0,06 mg.L<sup>-1</sup>), apresentando diferença significativa (Teste t, p<0,0226). Contudo, as concentrações de Nitrogênio Total, que apresentaram valores mais elevados (1,1 – 1,9 mg.L<sup>-1</sup>), na Pré-dragagem, em relação a Dragagem, quando os valores estiveram sempre abaixo de 0,8 mg.L<sup>-1</sup>, não apresentaram diferença significativa.

### Associação fitoplanctônica

Na fase de Pré-dragagem (PD), o levantamento da comunidade fitoplanctônica (Tabela III) identificou um total de 50 espécies, distribuídas em 4 divisões: 5 *Cyanophyta* (cianobactérias), 35 *Bacillariophyta* (diatomáceas), 7 *Dynophyta* (dinoflagelados) e 3 *Chlorophyta* (algas verdes). Na fase de Dragagem (DR), foi observada uma redução para 40 espécies, distribuídas em 5 divisões a saber: 3 *Cyanophyta*, 26 *Bacillariophyta*, 8 *Dynophyta* e 2 *Chlorophyta* e 1 *Euglenophyta* (euglenas).

Os resultados de riqueza específica (Teste Mann-Whitney, p=0,01) e do Índice de Riqueza de Margalef (Teste Mann-Whitney, p=0,007), indicaram uma redução significativa na riqueza durante a Dragagem (Figura 7). A riqueza específica foi reduzida de 23 para 10 espécies, enquanto que, a Riqueza média de Margalef caiu de 3,7 para 3.

A biomassa fitoplanctônica, por ponto de coleta (Figura 7), variou entre 1 e 5 mL/m<sup>3</sup> (média = 2,5 mL/m<sup>3</sup>), na fase PD e entre 1,3 e 23 (média = 5,9 mL/m<sup>3</sup>), na fase DR, o que não representou resultado estatisticamente significativo (Teste Mann-Whitney, p>0,05), indicando ausência de variabilidade na biomassa fitoplanctônica, entre os dois períodos, apesar dos valores mais elevados encontradas na fase de dragagem.

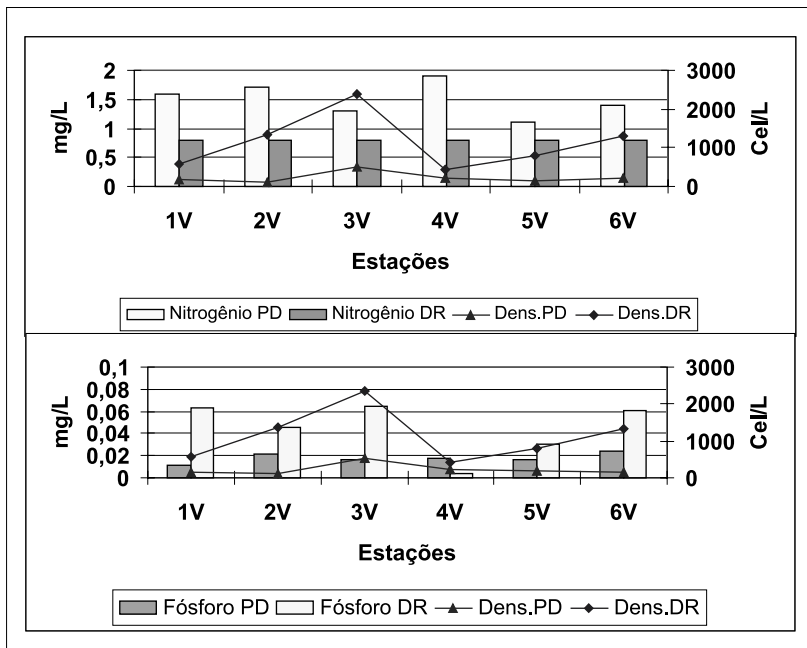


Figura 6 – Concentrações de nutrientes (nitrogênio total e fósforo total), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante).

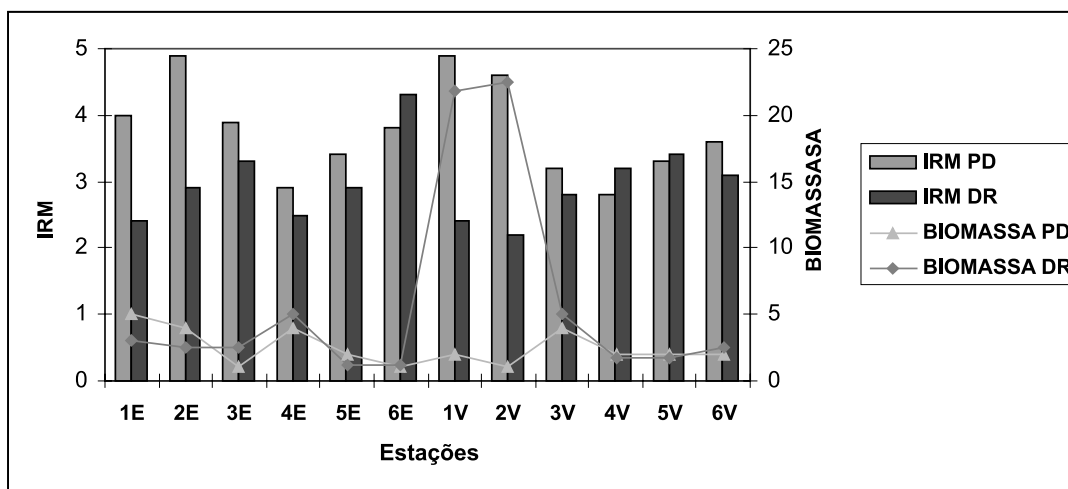


Figura 7 - Riqueza do fitoplâncton (Índice de Riqueza de Margalef - IRM) e Biomassa (mL/m<sup>3</sup>), nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Tabela III – Ocorrência de taxons fitoplanctônicos, obtidos na rede de 50 µm, durante a Pré-dragagem e a Dragagem, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

	Pré-Dragagem	Dragagem
<b>DIVISÃO CYANOPHYTA</b>		
<i>Gleocapsa</i> sp	X	
<i>Lyngbya</i> sp	X	X
<i>Merismopedia</i>	X	
<i>Microcystis</i> sp	X	X
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X
<b>DIVISÃO BACILLARIOPHYTA</b>		
<i>Amphipleura pellucida</i>	X	
<i>Amphora ovalis</i>	X	
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	X	
<i>Chaetoceros complexus</i>		X
<i>C. lorenzianus</i>		X
<i>C. peruvianus</i>		X
<i>Chaetoceros</i> sp <sub>1</sub>	X	
<i>C.</i> sp <sub>2</sub>	X	
<i>Climacosphenia moniligera</i>	X	X
<i>Coscinodiscus</i> sp <sub>1</sub>	X	X
<i>C.</i> sp <sub>2</sub>	X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	
<i>Cymatopleura solea</i>	X	
<i>Diademsis confervacea</i>	X	
<i>Eunotia</i> sp	X	
<i>Fragilaria delicatissima</i>	X	
<i>Frustulia saxonica</i>	X	
<i>Grammatophora marina</i>	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X
<i>Gyrosigma balticum</i>	X	
<i>Gyrosigma</i> sp	X	
<i>Hemidiscus hardmanian</i>		X
<i>Isthmia enervis</i>	X	X
<i>Lyrella lyra</i>	X	
<i>Melchersiella hexagonalis</i>		X
<i>Navicula</i> sp	X	X
<i>Nitzschia acicularis</i>	X	X
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X
<i>Nitzschia obtusa</i>	X	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	X	
<i>Nitzschia</i> sp	X	X
<i>Nitzschia sigma</i>	X	X
<i>Pleurosigma angulatum</i>	X	X
<i>Pleurosigma</i> sp		X
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp	X	X
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		X
<i>Rhizosolenia robusta</i>		X
<i>Rhizosolenia</i> sp		X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	X	
<i>Synedra</i> sp	X	X
<i>Thalassionela</i> sp	X	X
<i>Triceratium favus</i>		X
<i>Tryblionella coarctata</i>	X	
<b>DIVISÃO DINOPHYTA</b>		
<i>Ceratium furca</i>	X	X
<i>C. fusus</i>	X	X
<i>C.</i> sp <sub>1</sub>	X	X
<i>Dinophysis caudata</i>	X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X
<i>Protoperidinium conicum</i>	X	X
<i>Protoperidinium divergens</i>		X
<i>Protoperidinium ovoides</i>	X	X

<b>DIVISÃO CHLOROPHYTA</b>		
<i>Chlamydomonas</i> sp	X	X
<i>Lagerheimia</i> sp	X	
<i>Mougeotia</i> sp		X
<i>Tetraedron</i> sp	X	
<b>DIVISÃO EUGLENOPHYTA</b>		
<i>Euglena</i> sp		X
<b>Número de espécies (S)</b>	<b>50</b>	<b>40</b>

Comparando-se a biomassa fitoplanctônica com o IRM, nas fases de PD e DR (Figura 6), destacam-se as estações 1 e 2, que na maré vazante apresentaram alteração nos valores durante a fase de dragagem. Em ambos os pontos ocorreu uma redução do IRM de 49% para 48%, acompanhado de um aumento de biomassa, de 91% para 96%.

A abundância relativa das divisões fitoplanctônicas (Figura 8) também apresentou resultados significativos, pois enquanto a divisão Cyanophyta quase desapareceu na fase de PD (Teste Mann-Whitney,  $p=0,0001$ ), a divisão Chlorophyta aumentou a sua proporção de forma significativa (Teste Mann-Whitney,  $p=0,04$ ). Além disto, também registramos na fase Dragagem, o surgimento de Euglenophyta. As divisões Dinophyta e Bacillariophyta mantiveram a sua contribuição em termos quantitativos independente da atividade de dragagem (Teste Mann-Whitney,  $p>0,05$ ).

Na pré-dragagem cinco espécies apresentaram 100% de frequência, ocorrendo em todas as estações de amostragem, entre elas, as diatomáceas *Chaetoceros* sp<sub>1</sub>, *Coscinodiscus* sp<sub>1</sub>, *Nitzschia paradoxa*, *Pseudonitzschia* sp e o dinoflagelado *Ceratium furca*. Na dragagem, sete espécies ocorreram em 100% das estações realizadas na maré enchente e vazante, ente algas verdes: *Chlamydomonas* sp, diatomáceas: *Coscinodiscus* sp<sub>1</sub>, *Guinardia flaccida*, *Hemidiscus hardmanian*, *Skeletonema costatum*, *Synedra* sp e dinoflagelados: *Protoperidinium conicum*. Apenas a espécie *Coscinodiscus* sp<sub>1</sub> foi 100% freqüente, em ambas as marés e períodos citados.

Algumas espécies sofreram redução da frequência no período dragagem, tais como *Chaetoceros lorenzianus* (sp<sub>1</sub>), de 100%, em ambas as marés, para 83,3% e *Coscinodiscus* sp<sub>2</sub>, que teve uma redução de 66,7% para 33,3%, na maré enchente. Outras espécies apresentaram aumento na frequência de ocorrência na dragagem, onde *Skeletonema costatum* que representava 83,3% nas análises, tornou-se 100% freqüente, bem como *Guinardia flaccida*, na maré vazante, que passou de 50% para 100%. Sete espécies tornaram-se pouco freqüentes na fase de dragagem: *Gyrosigma balticum*, *Lagerheimia* sp, *Nitzschia paradoxa*, *Nitzschia sigma*, *Nitzschia* sp, *Pseudonitzschia* sp, *Talas-*

*sionela sp* e novas espécies tornaram-se muito frequentes, tais como: *Chlamydomonas sp*, *Euglena sp*, *Hemidiscus hardmanian*, *Nitzschia acicularis*, *Pleurosigma sp*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium conicum* e *Rizosolenia robusta*, evidenciando uma substituição de espécies entre um período e outro.

Em fevereiro, a densidade da fitoplâncton (Figura 9), por ponto de coleta, variou entre 105 e 513 (média = 281 org/L), enquanto que, em setembro o intervalo foi mais amplo, oscilando entre 181 e 2372 (média = 800 org/L). Este resultado foi estatisticamente significativo (Teste Mann-Whitney,  $p=0,0007$ ), indicando aumento na densidade fitoplanctônica, durante a atividade de dragagem, provavelmente estimulado pela maior disponibilização de nutrientes, como o fósforo.

Na análise de classificação das estações de amostragem, com base nos dados de ocorrência qualitativa de todas as espécies de fitoplâncton, foram registrados dois agrupamentos que foram denominados “Grupo Pré-Dragagem” e “Grupo Dragagem” (Figura 10).

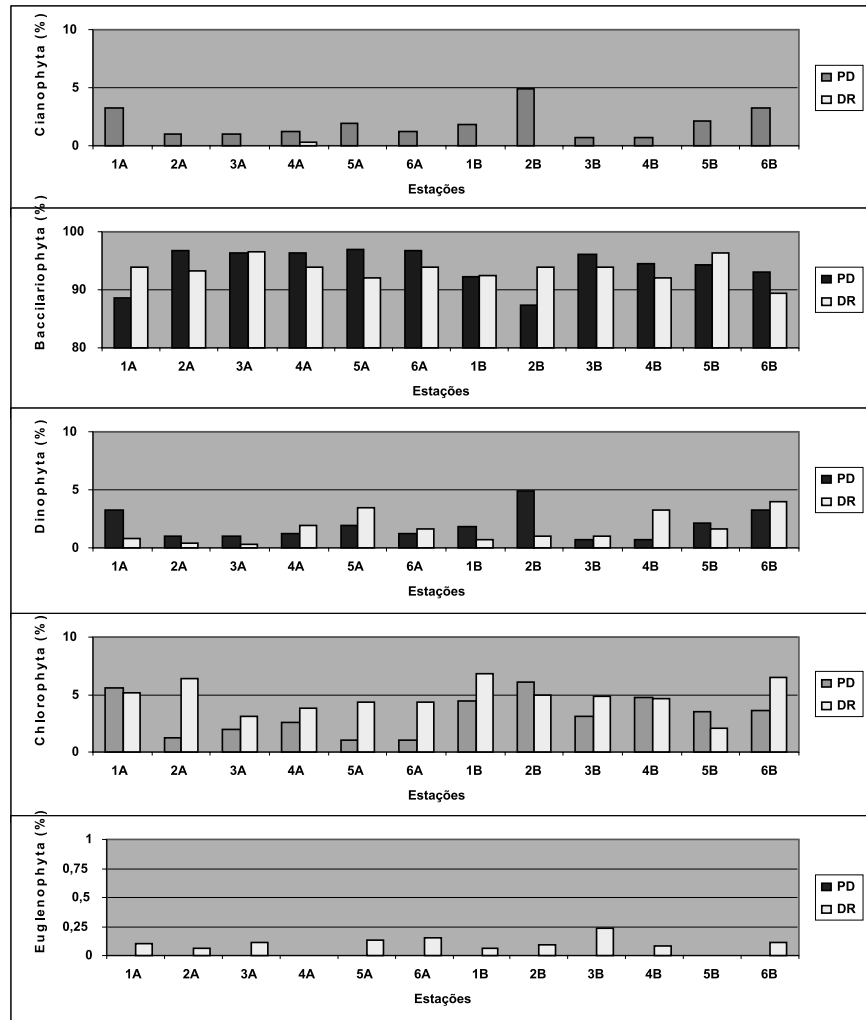


Figura 8 - Abundância relativa das divisões fitoplanctônicas, nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, BTS.

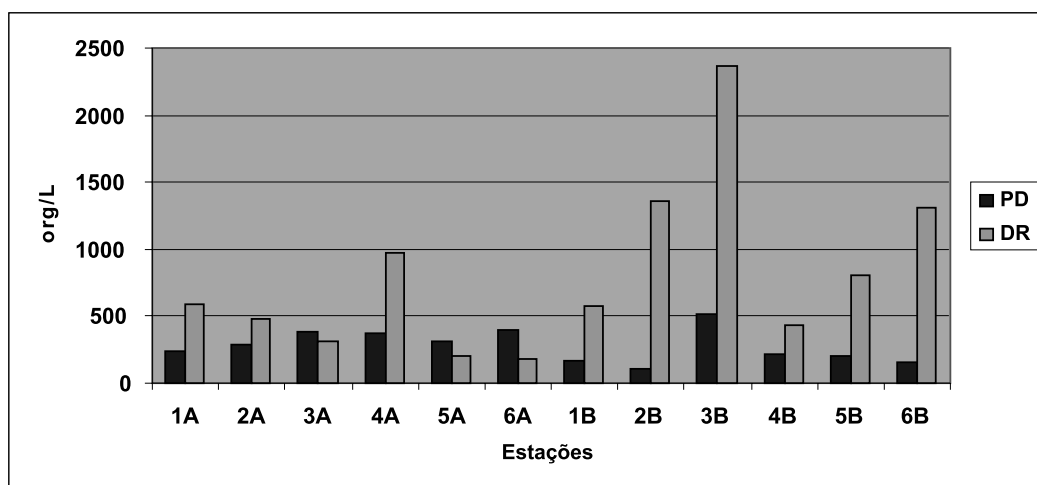


Figura 9 - Densidade total de fitoplâncton (org/L), nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, BTS.



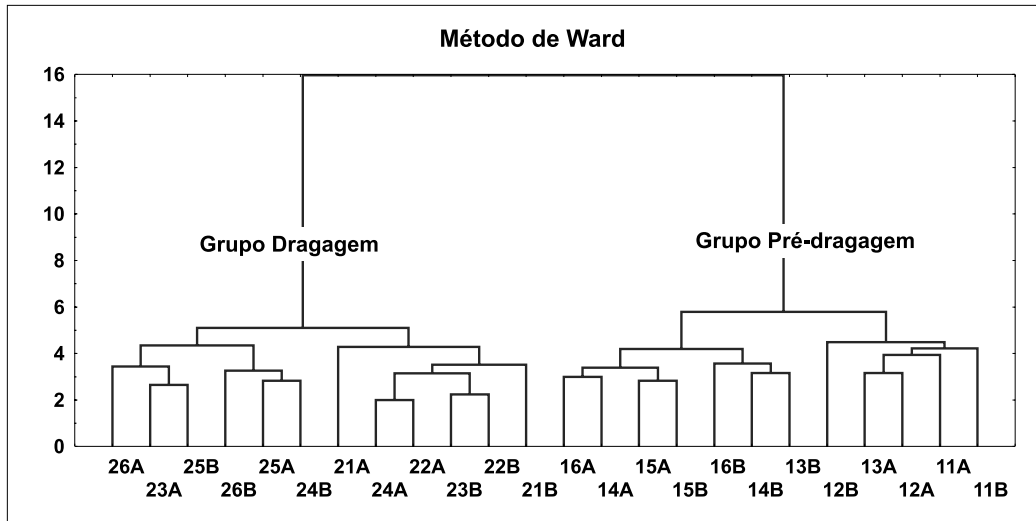


Figura 10 - Agrupamento das estações de amostragem, para a ocorrência qualitativa de fitoplâncton, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia (Pré-dragagem, maré alta - 11A, 12A, 13A, 14A, 15A, 16A; Pré-dragagem, maré baixa - 11B, 12B, 13B, 14B, 15B, 16B; Dragagem, maré alta - 21A, 22A, 23A, 24A, 25A, 26A; Dragagem, maré baixa - 21B, 22B, 23B, 24B, 25B, 26B).

O “Grupo Pré-dragagem”, que foi formado apenas por amostras da primeira campanha (Figura 11), foi constituído pelas seguintes espécies: *Lagerheimia sp*, *Nitzschia paradoxa*, *Gyrosigma balticum*, *Talassionela sp*, *Nitzschia acicularis*, *Cylindrotheca closterium*, *Pleurosigma decorum*, *Tryblionella coarctata*, *Bacteriastrum hyalinum*, *Gyrosigma sp*, *Amphipleura pellucida*. O “Grupo Dragagem”, por sua vez, foi formado somente por amostras da segunda campanha e pelas seguintes espécies: *Protoperidinium conicum*, *Rizosolenia robusta*, *Hemidiscus hardmanian*, *Protoperidinium oviforme*, *Protoperidinium divergens*, *Pleurosigma sp*, *Euglena sp*. Na classificação das espécies também foram reconhecidos o grupo das “Espécies Características”, constituído por espécies comuns aos dois períodos, *Pleurosigma angulatum*, *Nitzschia*

*sigma*, *Pseudonitzschia sp*, *Nitzschia longíssima*, *Navi-cula sp*, *Coscinodiscus sp2*, *Prorocentrum micans*, *Chla-mydomonas sp*, *Guinardia flaccida*, *Skeletonema costatum*, *Ceratium furca*, *Coscinodiscus sp1*, *Chaetoceros lorenzianus*, e o grupo das “Espécies Raras”, pouco comuns em ambos os períodos, *Tetraedron sp*, *Nitzschia obtusa*, *Eunotia sp*, *Microcystis sp*, *Amphora ovalis*, *Grammatophora marina*, *Oscillatoria sp*, *Lyngbya sp*, *Chaetoceros peruvianus*, *Rizosolenia imbricata*, *Chaetoceros compressus*, *Mougeotia sp*, *Diademis confervoacea*, *Climacosphaenia moniligera*, *Melchersiella hexagonalis*, *Triceratium favus*, *Rizosolenia sp*, *Fragilaria delicatissima*, *Frustulia saxonica*,

*Cymatopleura solea*, *Merismopedia sp*, *Dinophysis caudata*, *Ceratium fusus*, *Isthmia enervis*, *Stauroneis phoenicenteron*, *Lyrella Lyra*, *Gleocapsa sp*.

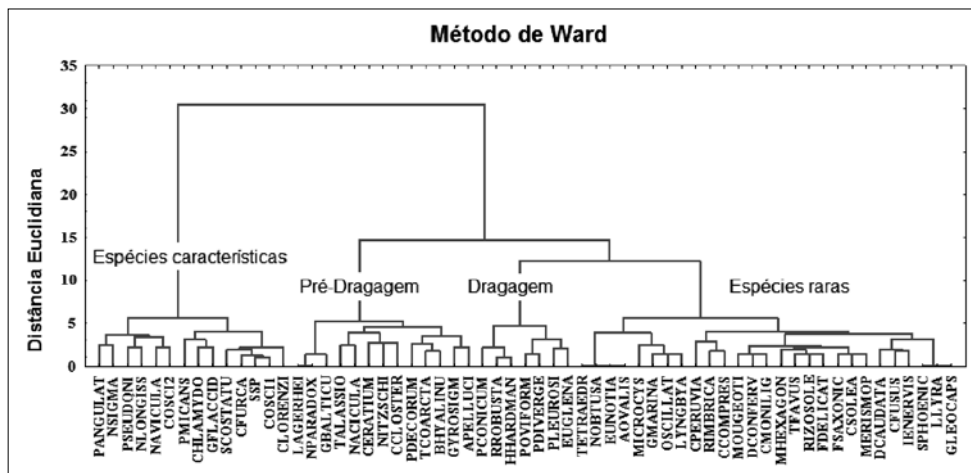


Figura 11 - Agrupamento das espécies de fitoplâncton no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Os coeficientes de regressão múltipla entre as variáveis oceanográficas obtidas durante a Análise de Redundância indicaram a presença de covariáveis, ou seja, de variáveis correlacionadas ( $r > 0,7$ ). Contudo, apesar disto, as variáveis, salinidade, temperatura oxigênio dissolvido e pH, em função de sua elevada significância estatística, avaliada através do teste de Monte-Carlo, foram mantidas na análise.

O diagrama de ordenação (Figura 12) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) porque eles explicaram 89% da variação percentual acumulada da relação entre fitoplâncton e hidrologia.

Neste diagrama de ordenação, verificou-se uma separação temporal entre as estações de amostragem, em função da estrutura da massa de água (temperatura e salinidade), da sua qualidade (oxigênio e pH), do estado nutricional (fósforo) e metais traços (Cobre, Cromo, e Zinco), além da composição da associação fitoplanctônica, cujas espécies foram selecionadas conforme valores de frequência de ocorrência entre 40 a 70%. No lado esquerdo se posicionaram as estações na Pré-dragagem, que apresentaram os maiores valores de oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e pH, associadas as seguintes espécies: *Ceratium sp*, *Cos-*

*cinodiscus sp*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia paradoxa*, *Navicula sp*, *Gyrosigma balticum*, *Lagerheimia sp*. No lado direito se posicionaram as estações da Dragagem, que apresentaram os menores valores de oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e pH e maiores valores de Cromo, Zinco, Cobre e Fósforo, associados a um menor número de espécies: *Hemidiscus hardmanian*, *Protoperdinium conicum*, *Prorocentrum micans*, *Rizosolenia robusta*.

As variáveis hidrológicas que mais influenciaram na compreensão da variabilidade temporal verificada na composição da associação fitoplanctônica foram: oxigênio dissolvido (Teste de Monte-Carlo,  $p=0,004$ ), salinidade (Teste de Monte-Carlo, 0,002), temperatura (Teste de Monte-Carlo, 0,002) e pH (Teste de Monte-Carlo,  $p=0,012$ ).

A soma dos autovalores canônicos representou 41% da inércia total, quando o ideal é maior que 20% (Tabela 5). Ou seja, nesta AR, cerca de 41% da variabilidade na composição do fitoplâncton foi explicado pelo gradiente ambiental oceanográfico.

O Teste de Monte Carlo para a soma dos eixos canônicos foi estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) validando a Análise de Redundância.

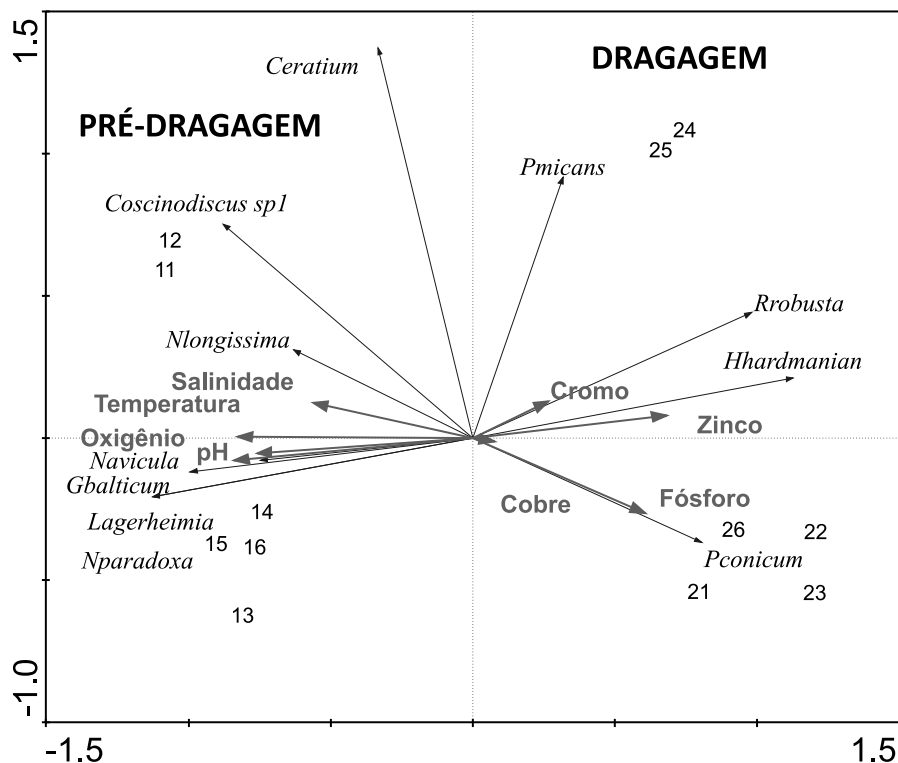


Figura 12 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando a associação fitoplanctônica, com a estrutura da massa de água, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

## DISCUSSÃO

O padrão de precipitação pluviométrica nas proximidades da área de estudo, analisado ao longo de 40 anos, apresentou um período seco, entre setembro e fevereiro e, um período chuvoso entre março e agosto. Este é o mesmo padrão verificado no norte da Baía de Todos os Santos (Mafalda Jr. *et al.*, 2003) e no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004), que se apresenta como um padrão geral das chuvas da região nordeste, onde a época de maior pluviometria envolve o inverno e o outono e a época de menor pluviometria situa-se entre a primavera e o verão (Tubelis, 1984). Assim, as campanhas realizadas na área de influência da dragagem do Porto de Aratu foram realizadas no final do período seco (3 de fevereiro de 2010) e no final do período chuvoso (2 de setembro de 2010).

Em fevereiro de 2010 (período seco) verificou-se a presença exclusiva da massa de água Tropical, que em função da estreita plataforma continental, com cerca de 10 km de extensão (Brandini *et al.*, 1997), avança em direção ao interior das Baía de Todos os Santos atingindo a área de estudo. Esta água Tropical é parte do fluxo em direção ao sul da Corrente do Brasil, que é caracterizada por salinidade acima de 36 UPS e temperatura acima de 18,5 °C (Campos *et al.*, 1995). No mês de setembro de 2010, o aumento de pluviosidade havia elevado a descarga dos rios, levando a formação de uma massa de água Costeira, com salinidade menor que 35 UPS, além da presença de Água Tropical. A água costeira que cobre a plataforma continental é essencialmente oceânica com mistura de águas dos rios (Thonsen, 1962). No interior da Baía de Aratu, a salinidade oscilou entre 30 e 45 ‰ (Leão *et al.*, 2008), ou seja, a massa de água encontrada variou entre Costeira, Tropical e Hipersalina. Em um estudo realizado no norte da BTS (Mafalda Jr. *et al.*, 2003), apenas a massa de água Costeira foi identificada, enquanto que, no litoral norte da Bahia também foi registrada a presença da Água Tropical (Mafalda Jr. *et al.*, 2004).

Evidenciou-se um padrão de variabilidade térmica na área de estudo, que se caracterizou por temperaturas mais elevadas durante o período seco (fevereiro), e por temperaturas mais baixas no período chuvoso (setembro). Em outros estudos realizados no norte da Bahia de Todos os Santos (Mafalda Jr. *et al.*, 2003), no interior da Baía de Aratu (Leão *et al.*, 2008), e no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004), os valores mais elevados foram obtidos no período chuvoso.

O oxigênio dissolvido e o pH também apresentaram valores mais elevados na Pré-dragagem

(período seco), e valores mais baixos na Dragagem (período chuvoso), e são reflexo da presença exclusiva da água Tropical, durante a Pré-dragagem e da presença das águas Costeira e Tropical, na Dragagem. Além disto, destacamos a possível influência da atividade de dragagem que ao remobilizar o leito submarino e ressuspender a matéria orgânica e os nutrientes provoca uma queda no pH e um aumento no consumo de oxigênio. Normalmente, o pH da água do mar varia em um curto intervalo, entre 8,0 e 8,3 (Margalef, 1989), como verificado no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004). Contudo, no norte da Baía de Todos os Santos (6,2 e 8,0) e no interior da Baía de Aratu (7,7 - 8,2) o intervalo registrado também foi mais amplo (Leão *et al.*, 2008; Mafalda Jr. *et al.*, 2003).

Quando foram comparadas as médias das variáveis físico-químicas entre os dois períodos analisados ("Pré-dragagem" e "Dragagem"), foram verificadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. Durante a Pré-dragagem, realizada no período seco, a estrutura oceanográfica da massa de água foi caracterizada por águas quentes e salinas, com qualidade normal por estarem bem oxigenadas e com pH elevado. Entretanto, durante a dragagem, que foi realizada no período chuvoso, as águas apresentaram menores temperatura e salinidade, com qualidade alterada em função dos baixos valores de pH e oxigênio.

As concentrações de metais particulados mensuradas na região portuária de Aratu, para zinco (Zn) e manganês (Mn), mostraram-se dentro da faixa detectada no ano de 2006 na BTS (Hatje *et al.*, 2009). Os valores de Zn durante a dragagem mostraram-se significativamente mais elevados, com um aumento de 30% dos valores máximos registrados. O Mn apresentou uma pequena variação na sua concentração durante a dragagem, porém abaixo dos maiores valores detectados por Hatje *et al.* (op.cit.). Os maiores valores de Zn e Mn encontrados na BTS estão no porto de Aratu (CRA, 2004). Zocche *et al.* (2010) Zn e Mn apresentam valores mais elevados nos sedimentos, devidos a presença de maior quantidade de partículas de argila sedimentadas do que em suspensão na água, confirmado por Hatje *et al.* (2009) para valores de sedimento na BTS (máximo 1050 µg.g<sup>-1</sup> para Zn). CRA (2004) define que a biodisponibilidade e toxicidade do zinco são naturalmente controladas quando existem substâncias orgânicas que podem formar complexos.

Durante a atividade de dragagem, estes metais foram disponibilizados na coluna d'água elevando os valores anteriormente mensurados. Esta

variação na concentração de manganês pode interferir de forma negativa na regulação da composição fitoplanctônica, alterando a fotossíntese e o crescimento das microalgas (Round, 1983).

No fundo da baía há depósito de Cu e Cr e Mn (Tavares & Rocha, 2003; Pereira, 2008) e a concentração dos metais cobre (Cu) e zinco (Zn), na biota da Baía de Aratu, considerada preocupante por Wallner-Kersanach e Bianchini (2008). Os metais cromo (Cr), Cobre e Níquel (Ni) apresentaram uma maior faixa de variação durante a dragagem, em comparação aos valores já mensurados na BTS por Hatje *et al.* (2009). Os valores de ferro apresentaram menor faixa de variação (96 a 222  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ), em análises realizadas anteriormente na BTS (CRA, 2004), em comparação aos mensurados neste estudo (60-250  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ).

A distribuição temporal dos elementos metálicos cobre, ferro, manganês e zinco, apresentou um padrão esperado, com um aumento durante as atividades de dragagem, em função da remobilização do sedimento marinho e conseqüente ressuspensão. Este aumento de concentração pode ter influenciado de forma negativa na estrutura da associação fitoplanctônica, o que só poderá ser confirmado mediante a execução de testes ecotoxicológicos com as espécies identificadas.

As concentrações de fósforo total apresentaram valores mais elevados durante a Dragagem, porém, as concentrações de Nitrogênio total apresentaram uma redução nos seus valores.

Os nutrientes nitrogênio e o fósforo totais foram mensurados nas duas campanhas, em maré vazante, tendo o fósforo valores entre 0,011 a 0,064 mg/L, mais elevados na DR, mas em níveis recomendados de fósforo em estuários, 0,01-0,1 mg/L (CRA, 2004). Os valores de nitrogênio (0,8 a 1,9 mg/L) apresentaram-se em proporções maiores que do fósforo nos períodos de pré-dragagem e dragagem. Em muitos estuários, o nitrogênio é o nutriente limitante que pode levar a ocorrência de "bloom" de algas, assim os níveis de fósforo devem ser avaliados em relação aos de nitrogênio numa relação de 10:1 e conforme Lobo *et al.* (1997), a concentração média de nitrogênio total dissolvido pode alcançar 16,6  $\mu\text{mol/L}$ . Nitrogênio e fósforo são conhecidos como nutrientes ou bioestimulantes e por serem os componentes fundamentais para as algas devem ser constantemente monitorados na obtenção do diagnóstico ambiental (CRA, 2004).

Durante a atividade de dragagem a associação fitoplanctônica da área portuária de Aratu sofreu alterações na sua composição, envolvendo uma re-

dução no número de espécies, em relação ao observado nos anos de 2002, 2003 e 2007, em estudo desenvolvido por Melo-Magalhães e Araújo-Barbosa (2008), que evidenciaram uma microflora variada, com grande incidência de *Bacillariophyta*.

Na área portuária de Aratu foram registrados 64 táxons, mesmo resultado encontrado por Souza *et al.* (2009) na região costeira de Bragança, Pará. Em comparação aos estudos realizados anteriormente na BTS, onde já foram registradas 97 espécies (Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008) e 145 táxons (Molinari *et al.*, 2007), este estudo apresentou reduzida riqueza taxonômica. Na zona costeira Amazônica (Souza *et al.*, 2008), foram registrados 130 táxons de microfítotoplâncton e no litoral do estado de São Paulo 572 táxons entre os anos de 1913 e 2002 (Villac *et al.*, 2008). Em histórico da baía de Guanabara, Rio de Janeiro, entre os anos de 1913 e 2004, com base em 57 publicações, foram registrados um total de 308 táxons (Villac & Tenenbaun, 2010).

Estudos realizados em áreas estuarinas resultaram em maior riqueza de táxons, provavelmente devido ao encontro de massas de água e do maior aporte de nutrientes. No estuário do rio Formoso, em Pernambuco, o número de táxons chegou a 204 (Silva *et al.*, 2009), 129 (Santiago *et al.*, 2010) no Recife, 87 (Lacerda *et al.*, 2004) em Itamaracá. Ainda, em Pernambuco, no estuário do rio Ipojuca foram identificados 133 taxons (Koenig *et al.*, 2003).

Neste estudo a divisão *Bacillariophyta* esteve presente em elevada abundância relativa, o que é característico de ambientes marinhos Brasileiros (Procopiak *et al.*, 2006; Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008; Ferreira, 2010). Melo-Magalhães e Araújo-Barbosa (op.cit.) mencionam que *Coscinodiscus* sp, nas análises realizadas em 2003 e 2007, foi dominante, com abundância superior a 70%. Neste estudo a espécie *Coscinodiscus* sp apresentou 100% de frequência nas amostras analisadas, resistindo às adversidades provocadas pelo processo de dragagem.

Alguns autores afirmam que o estudo das diatomáceas merece especial atenção, como Procopiak *et al.* (2006), pois elas podem ocasionar efeitos nocivos ao meio ambiente. Alguns táxons identificados, tais como *Chaetoceros*, podem levar a mortalidade de peixes e organismos filtradores, por possuírem setas que em altas concentrações danificam as suas brânquias. Os taxons *Coscinodiscus*, *Cylindrotheca* e *Skeletonema costatum*, produzem polissacarídeos que tornam o meio anóxico, ou produzem grande quantidade de mucilagem insolúvel, que aumentam a densidade da água e também se acumulam em organismos planctônicos.

Outros táxons que merecem destaque especial são as cianobactérias (*Lyngbya sp* e *Oscillatoria sp*) e os dinoflagelados (*Dinophysis* e *Prorocentrum*), pois são citadas na literatura como causadores de toxidez e predominantes em águas ricas em matéria orgânica, que apesar de freqüentes apresentaram abundância extremamente baixa.

Foi evidente a alteração da composição e do padrão de distribuição temporal dos organismos fitoplanctônicos na área costeira do Porto de Aratu, envolvendo a redução da riqueza taxonômica e um aumento de biomassa e densidade, na fase de Dragagem, em relação a Pré-dragagem. Koenig *et al.* (2002), também registraram alterações quali-quantitativas significativas na comunidade fitoplanctônica, após a implantação do Porto de Suape, Pernambuco, inclusive envolvendo a substituição de espécies marinhas por costeiras.

No litoral do Pernambuco (Ferreira *et al.*, 2010) há relatos de que as condições ambientais influenciam a composição específica, havendo dominância de distintas espécies em determinados períodos. Estudos realizados sobre variações temporais de diatomáceas (Fernandes & Brandini, 2004; Garcia & Odebrecht, 2008) observaram uma variabilidade temporal regular da biomassa fitoplanctônica, com ampla variação entre as amostras.

Também foi constatado que determinados fatores ambientais atuam como forçantes na determinação da variabilidade temporal da biomassa fitoplanctônica e produção primária por Gaeta (1999) e Azevedo (2008). Chaves *et al.* (2006) afirmam que a variação temporal da biomassa fitoplanctônica provavelmente pode estar relacionada a fenômenos meteorológicos que condicionaram a variabilidade térmica e salina. Além disso, Silva *et al.* (2009), identifica que a riqueza taxonômica está associada às concentrações de oxigênio, que promovem alta capacidade de renovação do ambiente marinho e ao período chuvoso, que favorece ao aumento das concentrações de nutrientes. Estudos realizados em manguezais indicam que o nível das marés e a irradiância influenciam a variabilidade temporal do fitoplâncton (Yokoya, *et al.*, 1999).

A análise multivariada de classificação revelou quatro agrupamentos no ambiente marinho pelágico envolvendo o “Grupo Pré-dragagem”, que foi característico do período seco, constituído por 11 espécies, o “Grupo Dragagem”, típico do período chuvoso, compreendendo 7 espécies, o grupo de “Espécies raras”, pouco freqüentes nos períodos, com 27 táxons e o grupo “Espécies características”, constituído por 13 táxons que foram comuns nas duas amostragens.

Poucos estudos realizados na Baía de Todos os Santos apresentam resultados sobre associações fitoplanctônicas, prevalecendo os estudos taxonômicos (Molinari *et al.*, 2007; Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008). No Brasil, diversos trabalhos descrevem a distribuição espacial e temporal dos táxons, além de correlacioná-los com os fatores ambientais através de análise de ordenação (Azevedo *et al.*, 2008; Yokoya *et al.*, 1999; Fernandes *et al.*, 1999; Cândido, *et al.*, 2008), envolvendo principalmente resultados de salinidade, temperatura e pluviosidade. Objetivando a identificação dos impactos relacionados com a atividade de dragagem, Koenig, *et al.* (2003) compõe três agrupamentos de fitoplâncton relacionados ao gradiente pluviométrico e oceanográfico envolvendo um período chuvoso e um período seco.

A maior freqüência de ocorrência do grupo Bacillariophyta diante dos demais é típico de ambientes marinhos (Procopiak *et al.*, 2006; Fernandes *et al.*, 1999; Brandini & Fernandes, 1996). Algumas espécies merecem especial atenção devido ao potencial nocivo ao meio ambiente, como *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Skeletonema costatum* e *Cylindrotheca*, *Pseudonitzschia* (Procopiak *et al.*, 2006; Reviere, 2006).

Cada espécie responde as características do ambiente aquático, sendo assim, as condições locais determinam quais táxons irão se estabelecer e dominar ecossistemas específicos. As variações temporais de abundância do fitoplâncton irão variar conforme as necessidades dos grupos taxonômicos. As Dinophyta têm maior crescimento e desenvolvimento no verão, em temperaturas mais elevadas (Boney, 1973). Souza *et al.* (2008) encontrou resultados mais expressivos para Bacillariophyta, Cyanophyta e Euglenophyta nos períodos mais quentes, em dezembro e Silva *et al.* (2009) verificou que no período chuvoso houve aumento da riqueza fitoplanctônica, provavelmente pelo maior aporte de nutrientes. Neste estudo os maiores valores foram encontrados no período equivalente ao verão.

A análise de ordenação demonstra que a composição e abundância das associações fitoplanctônicas podem ser influenciadas principalmente por variáveis físico-químicas (Lourenço, 2006). A temperatura e a salinidade podem interferir na disponibilização de nutrientes para as microalgas, alterar a concentração de metais e promover mudanças na sua composição e na densidade (Dener, *et al.*, 2006).

Os resultados deste estudo demonstram haver uma variabilidade temporal na distribuição e abundância do fitoplâncton na área portuária de Aratu, em resposta as mudanças meteorológicas, oceano-

gráficas e nutricionais, além de alterações na qualidade da água, provavelmente promovidas pela atividade da dragagem.

## CONCLUSÕES

Durante a fase de Pré-Dragagem, realizada no período seco, foi registrada apenas a massa de Água Tropical, enquanto que, na fase de Dragagem, realizada no período chuvoso, foram encontradas a Água Tropical e a Água Costeira.

As variáveis que mais contribuíram para o gradiente oceanográfico encontrado no Porto de Aratu foram: oxigênio, salinidade, temperatura e pH.

Durante a fase de Dragagem foi verificada uma redução nos níveis de oxigênio, pH, temperatura e salinidade.

As concentrações de certos metais pesados apresentaram-se abaixo do limite de detecção (cádmio), enquanto que outros se elevaram (cobre, ferro, manganês e zinco) ou se reduziram (cromo e níquel) durante a atividade de dragagem.

As concentrações de fósforo total apresentaram valores mais elevados durante a Dragagem, porém, as concentrações de nitrogênio total apresentaram uma redução nos seus valores.

O número de táxons identificados na associação fitoplanctônica foi considerado pequeno nos dois períodos de estudo, para áreas costeiras tropicais evidenciando uma composição de baixa riqueza.

Foi verificada diferença estatística significativa entre as fases de Pré-Dragagem e de Dragagem, nos índices estruturais da associação em termos de número de táxons, riqueza específica e densidade.

Apenas a diatomácea *Coscinodiscus sp1* esteve presente em todas as amostras coletadas, nos dois períodos, indicando elevada variabilidade espacial entre as estações de amostragem.

Na fase de dragagem verificou-se uma redução significativa na abundância relativa de cianobactérias e um aumento significativo de clorofíceas, com manutenção da abundância de dinoflagelados e diatomáceas.

Os valores mais elevados de densidade fitoplanctônica, observados durante a Dragagem não foram acompanhados por aumento significativo de biovolume, indicando uma provável diminuição no tamanho das células fitoplanctônicas.

No ambiente marinho pelágico foram encontrados quatro agrupamentos de táxons fitoplanctônicos: o "Grupo Pré-dragagem", o "Grupo Dragagem", o grupo de "Espécies características" e o "Grupo de Espécies raras".

A composição da associação fitoplanctônica refletiu a variabilidade temporal observada nas características oceanográficas da massa de água provocada pelo gradiente pluviométrico e na qualidade da água provavelmente em função da atividade de dragagem, havendo uma clara separação entre a fase de Dragagem (período seco) e a fase de Pré-dragagem (período chuvoso).

**Agradecimentos** - Os autores gostariam de prestar seus agradecimentos à FAPESB e ao consórcio UFBA/FAPEX/CODEBA pelo suporte financeiro. À equipe do Laboratório de Plâncton, assim como à equipe do NEA/LEPETRO, ambos da Universidade Federal da Bahia, pela ajuda nos trabalhos de campo e realização das análises químicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aidar, E; Pereira, S.A.; Sousa, E.C.P.M.; Brasil-Lima, G.M.S. Capítulo IV – Testes de toxicidade com microalgas, p. 51-61, in Nascimento, I.A.N.; Sousa, E.C.P.M. & Nipper, M. (eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. Artes Gráficas e Indústria Ltda, 262 p., São Paulo, 2002.

Alloway, B.J. & Ayres, D.C. *Chemical principles of environmental pollution*. Blackie Academic, 339 p., New York, 1992.

Alves, T. *Caracterização geoquímica do substrato lamoso de zonas de manguezal da Baía de Aratu - Bahia*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, 120 p., Salvador-Bahia, 2002.

APHA – American Public Health Association. *American Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examinations of water and waste-water*. 19<sup>th</sup> ed. Washington. 1268 p., 1995.

Auld, H. & Schubel, J.R. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae. *Est. Coast. Mar. Sci.*, v.6, n.2, p.153-164, 1978.

Azevedo, A.C.G.; Feitosa, F.A.N.; Koenig, M.L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Galfão Maranhense, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, v.22, n.3, p.870-877, 2008.

Balech, E. *Introducion al fitoplancton marinho*. Eudeba, 195 p., Madrid, 1978.

BicudoI, C.E.M. & Menezes, M. *Gênero de algas de águas continentais do Brasil – Chave de identificação e descrição*. RiMa, , 489 p., São Carlos, 2006.

Bittencourt, A.C.S.P.; Brichta, A.; Di Napoli, E. A se-

- dimentação na Baía de Aratu. *Rev. Bras. Geociên.*, v.4, n.1, p.51-63, 1974.
- Boney, A.D. *Phytoplankton. The Institute of Biology, Studies in Biology* no 52, Edward Arnold, 115 p., London, 1976.
- Brandini, F.P. & Fernandes, L. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies. *Rev. Bras. Oceanogr.*, v.44, n.1, p.69-80, 1996.
- Campos, E.J.D.; Gonçalves, J.E. & Ikeda, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight – summer of 1991. *J. Geophys. Res.*, v.100, p.18537-18550, 1995.
- Cândido, V.S.; Suzuki, M.S. & Nascimento, S.M. Variação espacial da comunidade fitoplanctônica do estuário do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, pp. 70-73, in *Anais do III Congresso Brasileiro de Oceanografia*, 105 p. Fortaleza, 2008.
- Chaves, T.B.C.; Mafalda Jr., P.; Santos, C.; Souza, C.S.; Moura, G.; Sampaio, J.; Melo, G.; Passavente, J.Z.O. & Feitosa, F.A.N. Biomassa planctônica e hidrografia na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil. *Trop. Oceanogr.*, Recife, v.34, n.1, p.12-30, 2006.
- CETESB. *Norma Técnica L5.303 - Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio)*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 2006.
- Cowgill, U.M. Changes in nitrogen, phosphorus and phytoplankton composition during the past decade in the Bay of Aratu, Salvador (Bahia). *Braz. Arch. Hydrobiol.*, v.111, n.1, p.1-14, 1987.
- CRA. *Avaliação das águas costeiras superficiais. Relatório Técnico, Avaliação Ambiental, Centro de Recursos Ambientais*, Salvador, 2001.
- CRA. *Avaliação da qualidade das águas costeiras superficiais: Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico/ Avaliação Ambiental, Centro de Recursos Ambientais*, 27 p., Salvador, 2002.
- CRA. *Diagnóstico do grau de contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesador e hidrocarbonetos de petróleo a partir da análise das suas concentrações nos sedimentos de fundo e na biota associada. Volume I - Caracterização geral da Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico, Centro de Recursos Ambientais da Bahia*, Salvador, 2004.
- Dener, R.B.; Ohse, S.; Villela, M.; Carvalho, S.M.D. & Fett, R. Microalgas, produtos e aplicações. *Ciên. Rural*, Santa Maria, v.36, n.6, p.1959-1967, 2006.
- Fernandes, L.F. & Brandini, F.P. Diatom associations in shelf waters off Paraná State, southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. *Braz. J. Oceanogr.*, v.52, n.1, p.19-34, 2004.
- Ferreira, L.C.; Cunha, M. G.G.; Koenig, M.L. Feitosa, F.A.N.; Santiago, M.F. & Muniz, K. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Acta Bot. Bras.*, v.24, n.1, p.214-224, 2010.
- Gaeta, S.A.; Ribeiro, S.M. S; Metzler, P.M.; Francos, M.S.; Abe, D. S. Environmental forcing on phytoplankton biomass and primary productivity of the coastal ecosystem in Ubatuba region, southern Brazil. *Rev. Bras. Oceanogr.*, v.47, n.1, p.11-27, 1999.
- Galvão, J.A.; Furlan, E.F.; Salán, E.O.; Porto, E. & Oetterer, M. Características físico-químicas e microbiológicas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus Cereus*) da água e dos mexilhões cultivados na região de Ubatuba, SP. *Ciên. Agrotec.*, v.30, n.6, p.1124-1129, 2006.
- Garcia, M. & Odebrecht, C. Morphology and ecology of the planktonic diatom *Palmerina hardmaniana* (Greville) Hasle in southern Brazil. *Biota Neotrop.*, v.8, n.2, p.85-90, 2008.
- Hatje, V. & Andrade, J.B. *Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos*. EDUFBA, 304 p., Salvador, 2009.
- Hatje, V.; Bicego, M.C.; Andrade, J.B. Contaminação química, p.247-297, in Hatje, V. & Andrade, J. B. (eds.), *Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos*. EDUFBA, 304 p., Salvador, 2009.
- Jonge, V.N. Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations and the development of the tidal regime in the Sem estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.40, n. Suppl. 1, p.289-300, 1983.
- Koenig, M.L.; Eskinazi-leça, E.; Neumann-Leitão, S. & Macêdo, S.J. Impactos da construção do porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Bot. Bras.*, v.16, n.4, p.407-420, 2002.
- Koenig, M.L.; *et al.* Impacts of the construction of the Port of Suape on phytoplankton in the Ipojuca River estuary (Pernambuco-Brazil). *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v.46, n.1, p.73-81, 2003.
- Lacerda, S.R.; Koenig, M.L.; Neumann-Leitão, S. & Flores-Montes, M.J. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá-Pernambuco-Brazil). *Braz. J. Biol.*, v.64, n.1, p.81-94, 2004.
- Leão, C.S.; Queiroz, A.F.; Celino, J.J. & Hadlich, G.M. Metais traços no ecossistema manguezal da Baía de

- Aratu, p. 233-245, in Queiroz, A.F. & Celino, J.J. (eds.), *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos*. Recupetro-Proamb, 300 p., Salvador, 2008.
- Lessa, G.C.; Cirano, M.; Genz, F.; Tanajura, C.A.S. & Silva, R.R. Oceanografia física, p.67-119, in Hatje, V. & Andrade, J. B. (eds.), *Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos*. EDUFBA, 304 p., Salvador, 2009.
- Lourenço, S.O. *Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações*. RiMa, São Paulo, 588 p., 2006
- Mafalda Jr., P.O.; Souza, P.M.; Silva, E.M. et al. Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Trop. Oceanogr.*, Recife, v.31, n.1, p.31-51, 2003.
- Mafalda Jr., P.O.; Sinque, C. & Muelbert, H. Associações de larvas de peixes na costa norte da Bahia. *Atlântica*, Rio Grande, v.28, n.1, p.5-11, 2004.
- Margalef, R. *Ecologia*. Omega, 951 p., Barcelona, 1989.
- Melo-Magalhães, E.M.M. & Araújo-Barbosa, W.F.A. Densidade fitoplanctônica na zona litorânea da Baía de Todos os Santos, p. 279-298, in Queiroz, A.F. De & Celino, J.J. (eds.), *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos*. Recupetro-Proamb, 300 p., Salvador, 2008.
- Molinari, A.L.M.; Mafalda Jr., P.O.; Oliveira, O.C. & Cerqueira, W.R. Caracterização da comunidade fitoplanctônica da Baía de Todos os Santos, Bahia. pp. 294-295, in *Anais VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, 314 p. Caxambu, 2007.
- Neumann, V.H.; Medeiros, C.; Parente, L.; Neumann-Leitão, S. & Koenig, M.L. Hydrodynamism, sedimentology, geomorphology and plankton changes at Suape area (Pernambuco - Brazil) after a port complex implantation. *An. Acad. Bras. Ciên.*, v.70, n.2, p.313-323, 1998.
- Newell, R.C.; Seiderer, L.J. & Hitchcock, D.R. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Rev. Oceanogr. Mar. Biol.*, v.36, p.127-178, 1998.
- Paula, E.V.; Cunico, C. & Boldrini, E.B. Controle do assoreamento e dos contaminantes por meio da gestão de bacias hidrográficas para o planejamento das dragagens portuárias na Baía de Antonina/Paraná/Brasil. *Rev. Ra'e Ga*, Curitiba, n.12, p.195-210, 2006.
- Peixinho, V.M.C. *Estudos preliminares sobre o fitoplâncton da Baía de Aratu (Bahia)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Paulo, 94 p., São Paulo, 1972.
- Pereira, M.A.G. *Caracterização da hidrodinâmica do canal de Cotegipe e Baía de Aratu (Baía de Todos os Santos, BA)*. Monografia, Graduação, Universidade Federal da Bahia, 46 p., Salvador, 2008.
- Procopiack, L.K., Fernandes, L.F.; Moreira Filho, H. Marine and estuarine diatoms (Bacillariophyta) from Paraná, southern Brazil: check-list with emphasis on harmful species. *Biota Neotrop.*, v.6, n.3, p.1-28, 2006.
- Reviers, B. *Biologia e filogenia das algas*. Artimed, 280 p., Porto 2006. (Tradução por Iara Maria Franceschini).
- Round, F.E. *Biologia das algas*. Guanabara Dois S.A., 263 p., Rio de Janeiro, 1983.
- Santiago, M.F.; Silva-Cunha, M.G.G. Neumann-Leitão, S.; Costa, K.M.P.; Palmeira, G.C.B.; Neto, F.F.P. & Nunes, F.S. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, v.58, n.3, p.189-205, 2010.
- Sherk, J.A.; O'Connor, J.M. & Neumann, D.A. Effects of suspended and deposited sediments on estuarine environments, p. 541-558, in Cronin, L.E. (ed.), *Estuarine research*. Academic Press, 558 p., New York, 1979.
- Silva, A.P.; Neumann-Leitão, S.; Schwamborn, R.; Gusmão, L.M. & Almeida e Silva, T. Mesozooplankton of an impacted bay in Northeastern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v.47, p.485-493, 2004.
- Silva, M.H.; Silva-Cunha, M.G.G. Passavente, J.Z.O.; Grego, C.K. S. & Muniz, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, v.23, n.2, p.355-368, 2009.
- Souza, E.C.P.M. Capítulo I - Métodos em ecotoxicologia marinha: Aplicações no Brasil, p.9-13, in Nascimento, I.A.N.; Sousa, E.C.P.M. & Nipper, M. (eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. Artes Gráficas e Indústria Ltda, 262 p., São Paulo, 2002.
- Souza, C.S.; Oliveira, O.C.; Mafalda Jr., P.O. & Marcolin, C.R. Caracterização de eventos de floração nociva provocada por *Gymnodinium sanguineum* na Baía de Todos os Santos, Salvador, BA. *Anais do I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia*, Fortaleza, 2008.
- Souza, E.B.; Costa, V.B.; Pereira, L.C.C. & Costa, R.M. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). *Acta Bot. Bras.*, v.23, n.4, p.1084-1095, 2009.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board. Can.*, Ottawa, v.125, p.1-205, 1965.



- Tavares, L.H.S. & Rocha, O. *Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para a alimentação de organismos aquáticos*. RiMa, 35 p., São Carlos, 2003.
- Ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. *Reference manual user's guide to Canoco for Windows*. Microcomputer Power, 352 p., Ithaca, 1998.
- Thonsen, H. Masas de água características del Oceano Atlântico, parte sudoeste. *Serv. Hidr. Nav.*, H632, p.1-22, 1962.
- Tubelis, A. *Meteorologia descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras*. Nobel, 374 p., Rio de Janeiro, 1984.
- Zimmermann, S.J.C. Flora diamatologica-Salvador, p. 448-461, in *Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geografia*, 1916.
- Villac, M.C.; Cabral-Noronha, V.A.P. & Pinto, T.O. The phytoplankton biodiversity of the coast of the State of São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.*, v.8, n.3, p.151-173, 2008.
- Villac, M.C. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. *Biota Neotrop.*, v.10, n.2, p.271-293, 2010.
- Zocche, J.J.; Freitas, M. & Quadros, K.E. Concentração de Zn e Mn nos efluentes do beneficiamento de carvão mineral em *Typha domingensis* (Typhaceae). *R. Árvore*, Viçosa, v.34, n.1, p.177-188, 2010.
- Yokoya, N.S.; Plastino, E.M.; Braga, M.R.; Fuji, M.T.; Cordeiro-Marino, M.; Eston, V. & Harari, J. Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo State, Brazil. *Rev. Bras. Bot.* São Paulo, v.22, n.2, p.195-204, 1999.