



ARTIGO CIENTÍFICO

**Composição da comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Apodi-Mossoró, Semiárido brasileiro**

***Composition of the phytoplankton community in the Apodi-Mossoró River estuary, Brazilian semi-arid***

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes<sup>1\*</sup>, Jônata Fernandes de Oliveira<sup>2</sup>, José Luís Costa Novaes<sup>3</sup>, Rodrigo Fernandes<sup>4</sup>, Rodrigo Silva da Costa<sup>5</sup>

**Resumo:** Objetivou-se caracterizar a estrutura da comunidade fitoplanctônica bem como as principais variáveis abióticas do estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Foram realizadas coletas mensais durante as marés altas de sizígia e análises de variáveis abióticas e bióticas de julho de 2004 a agosto de 2005 em três pontos (foz, estuário médio e estuário superior). Foram calculadas as médias para cada estação de coleta e período sazonal, além dos atributos de comunidade: riqueza, diversidade e equitabilidade. Para a identificação dos principais fatores responsáveis pela variância dos dados foi realizada a Análise de Componentes Principais, as variações na abundância fitoplanctônica, por sua vez, foram avaliadas usando a Análise de Correspondência e a Análise de Correspondência Canônica. O estuário do rio Apodi-Mossoró é um ecossistema tropical e estável termicamente, influenciado pela sazonalidade dos períodos de estiagem e chuvas. Seu regime de salinidade predominante é o euhalino, podendo variar entre oligohalino e hipersalino em função do balanço hídrico, além disso, seu pH é predominantemente alcalino. Este ambiente pode ser considerado oligotrófico e bem oxigenado. A comunidade fitoplanctônica do estuário esteve composta por 109 táxons infragenéricos, pertencentes a cinco grupos distintos, com Bacillariophyta apresentando maior contribuição, tanto no aspecto qualitativo (62%) como quantitativo (74%). A riqueza, bem como a diversidade, foi superior em 2004, assim como no período de estiagem, apresentando tendência de diminuição conforme o afastamento da foz e, segundo os atributos de comunidade, esta é de elevada riqueza e bem distribuída, porém, de baixa diversidade.

**Palavras-chave:** Ecossistema Tropical; Índices de diversidade; Rio Grande do Norte.

**Abstract:** The objective was to characterize the structure of the phytoplankton community as well as the main abiotic variables of the Apodi-Mossoró estuary, Rio Grande do Norte, Brazil. Monthly collections were carried out during high tides of syzygy and analyzes of abiotic and biotic variables from July 2004 to August 2005 in three points (estuary, middle estuary and upper estuary). The means were calculated for each collection season and seasonal period, in addition to the community attributes: richness, diversity and equitability. For the identification of the main factors responsible for the data variance, the Principal Component Analysis was performed and the variations in the phytoplankton abundance were evaluated using the Correspondence Analysis and Canonical-Correlation Analysis. The Apodi-Mossoró River estuary is a thermally stable tropical ecosystem, influenced by the seasonality of drought and rainy periods. Its predominant salinity regime is euhaline, which can vary from oligohaline to hypersaline as a function of water balance, and its pH is predominantly alkaline. This environment can be considered oligotrophic and well oxygenated. The phytoplankton community of the estuary consisted of 109 infrageneric taxa, belonging to five distinct groups, with Bacillariophyta showing the greatest contribution, both in the qualitative aspect (62%) and in the quantitative aspect (74%). Wealth and diversity were higher in 2004, as well as in the dry season, with decreasing trends depending on the distance from the mouth, and according to community attributes, this richness is well distributed but low in diversity.

**Keywords:** Tropical Ecosystem; Diversity indices; Rio Grande do Norte.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 24/11/2016; aprovado em 04/06/2017

<sup>1</sup>Eng. de Pesca e Eng. Civil, Doutorando em Ciência Animal, UFERSA, Professor Assistente da UFERSA, Mossoró-RN, [rogerio.taygra@ufersa.edu.br](mailto:rogerio.taygra@ufersa.edu.br)

<sup>2</sup>Biólogo, Doutor em Ciência Animal, UFERSA, Pesquisador (PNPD/CAPES) do Mestrado em Ciências Naturais da UERN, [jonnata\\_bio@hotmail.com](mailto:jonnata_bio@hotmail.com)

<sup>3</sup>Biólogo, Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia), UNESP, Professor Adjunto da UFERSA, Mossoró-RN, [novaes@ufersa.edu.br](mailto:novaes@ufersa.edu.br)

<sup>4</sup>Biólogo, Doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, UEM, Professor Adjunto da UFERSA, Mossoró-RN, [rfernandes@ufersa.edu.br](mailto:rfernandes@ufersa.edu.br)

<sup>5</sup>Biólogo, Doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, UEM, Professor Associado da UFERSA, Mossoró-RN, [rdgcosta@ufersa.edu.br](mailto:rdgcosta@ufersa.edu.br)



## INTRODUÇÃO

Estuários são ecossistemas complexos que formam uma interface entre sistemas, compreendendo as interações entre as águas salgada e doce, sendo ainda utilizados como berçários ou refúgio para peixes, aves, moluscos e crustáceos (PINTO et al., 2009). Estes apresentam misturas de águas provenientes de rios, ricas em nutrientes, com a água marinha, pobre em nutrientes, resultando em variações químicas, físicas e biológicas que influem fortemente na distribuição espaço-temporal e na biodiversidade (PHLIPS, 2007). Os estuários são os principais exportadores de nutrientes para a região costeira, uma vez que recebem e concentram tanto o material originado de sua bacia de drenagem quanto o aporte de ação antrópica (PEREIRA FILHO et al., 2001). Todos esses nutrientes colocam os estuários entre os sistemas mais produtivos do mundo, sendo fundamentais para a sobrevivência de espécies estuarinas, de águas doce e salgada, que migram e se estabelecem nesses sítios durante o período reprodutivo, de desenvolvimento larval e para obtenção de alimento (ANDRADE et al., 2004).

Os ambientes estuarinos são afetados por ações antropogênicas, através da ocupação do solo, das atividades de carcinicultura, canavieira, exploração de petróleo e sal, além da expansão populacional (SILVA et al., 2015). Essas alterações afetam, sobretudo, os organismos neles presentes, dentre os quais o fitoplâncton, que tem como característica mais importante o fato de pertencer ao primeiro nível da teia trófica, todavia, inúmeros fatores influenciam a variação na composição da estrutura da comunidade fitoplanctônica, especialmente a disponibilidade de nutrientes dissolvidos, a radiação e a salinidade (SILVA, 2009).

Planos de gestão que incluem indicadores biológicos são vantajosos para o conhecimento do estado de conservação de ambientes estuarinos, ao incorporarem condições que facilitam a detecção dos impactos por meio de índices de biointegridade (BRYCE et al., 2002; ELLIOTT; WHITFIELD, 2011). Um bom exemplo é a comunidade fitoplanctônica, utilizada como indicador biológico em função de seu caráter dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, respondendo rapidamente as alterações físico-químicas do ecossistema (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004). Associado a esses estudos, a caracterização das variáveis abióticas do ambiente é de grande importância para que se venha a ratificar as conclusões obtidas com a análise da composição da comunidade biótica (HINO; TUNDISI, 1977).

Considerando que alterações no ambiente aquático resultam em mudança na estrutura da comunidade fitoplanctônica, sua composição é um dos aspectos importantes a serem estudados, uma vez que esses organismos são utilizados como bioindicador da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos (HINO; TUNDISI, 1977). Portanto, objetivou-se caracterizar a estrutura da comunidade fitoplanctônica, em resposta às variáveis ambientais no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estuário do rio Mossoró está localizado no litoral norte do estado do Rio Grande do Norte, na latitude 4°57'55.68"S e longitude 37°8'36.72"O. O mesmo possui 43 km de comprimento, estendendo-se desde o município de

Mossoró até a sua foz no oceano Atlântico, entre os municípios de Grossos e Areia Branca. O clima na região é o semiárido, tipo BSw'h' seco e muito quente, segundo a classificação de KOPPEN. Apresenta distribuição irregular da precipitação, concentrada nos meses de fevereiro a junho, com uma longa estação seca que pode durar até oito meses.

As coletas foram realizadas mensalmente entre julho de 2004 e agosto de 2005, em três estações (foz, estuário médio e estuário superior), no rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte (RN), Brasil (Figura 1). Os parâmetros abióticos verificados e suas respectivas metodologias estão dispostos na tabela 1.

**Figura 1.** Localização das três estações de coletas (foz, estuário médio e estuário superior) no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil



Fonte: GOOGLE EARTH (2010).

**Tabela 1.** Parâmetros abióticos e metodologia de análises utilizadas no estuário do rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Parâmetro	Metodologia
Temperatura da água (°C)	Termômetro digital portátil
Transparência da água (cm)	Disco de Secchi
Potencial hidrogeniônico	pHmetro digital portátil
Salinidade (‰)	Instrutherm - mod. PH-1800
Oxigênio dissolvido (mg/l)	Refratômetro digital portátil
Amônio (µg/l)	Método Winkler (GOLTERMAN et al., 1978)
Nitrato (µg/l)	Método colorimétrico (APHA, 1992)
Nitrito (µg/l)	Método de redução de nitrato a nitrito com coluna de cádmio (APHA, 1992)
Fósforo reativo (µg/l)	Método colorimétrico (APHA, 1992)
	Digestão com persulfato de potássio e posterior coloração com ácido ascórbico (APHA, 1992)

As amostras foram coletadas utilizando-se rede de plâncton com abertura de malha de 20µm, através de arrasto horizontal na superfície da água. Em seguida, acondicionadas em frascos de polietileno de 300ml e preservadas com formol a 4% neutralizado com bórax. A identificação ocorreu por meio da utilização de microscópio binocular, com aumento de até 400x, câmara clara e aparelho fotográfico, ao menor nível taxonômico possível, conforme as indicações de Bicudo e

Menezes (2006). A contagem do fitoplâncton foi feita em microscópio invertido com aumento de até 400x pelo método da sedimentação de Utermöhl (1958). O número de células por unidade de volume foi calculado segundo a equação 1:

$$Cel/ml = [n/(s.c)].[1/h].F. \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: n = número de indivíduos contados; s = superfície do campo (mm<sup>2</sup>); c = número de campos contados; h = altura da câmara de sedimentação; F = Fator de correção para mililitro (10<sup>3</sup>mm<sup>3</sup>.ml<sup>-1</sup>).

As espécies abundantes e/ou dominantes foram medidas a partir dos critérios descritos por Lobo e Leighton (1996). Da densidade obtida na análise quantitativa das amostras foram calculados o Índice de Diversidade (SHANNON; WEAVER, 1963) e de Equitabilidade (CAMARGO, 1993). As amostras de clorofila *a* foram coletadas em frascos de polietileno e concentradas sob pressão negativa em filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro. Como solvente, utilizou-se acetona 90%. A absorbância dos extratos foi medida espectrofotometricamente a 665nm e 750nm de comprimento de onda, antes e após a acidificação com HCl a 1N. As concentrações de clorofila *a* foram obtidas através da fórmula de Nusch (1980) (Equação 2):

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{g/L}) = 29,6 * (\text{Ab}665 - \text{Aa}665) * (v / (V * l)). \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: Ab = Ab665 - Ab750 = Absorbância antes da acidificação; Aa = Aa665 - Aa750 = Absorbância após acidificação; v = volume do extrato (mL); V = Volume filtrado (L); l = comprimento da cubeta (cm).

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para avaliar a contribuição das variáveis abióticas na variabilidade dos dados. As variações na abundância fitoplanctônica foram avaliadas através da Análise de Correspondência com remoção do efeito de Arco (DCA), utilizando todos os táxons presentes nas amostragens. A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para avaliar a correlação entre a densidade dos táxons mais representativos segundo a DCA e as variáveis abióticas. Os dados foram utilizados no programa estatístico PAST (*Paleontological Statistic* – versão 3.14; HAMMER, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da precipitação pluviométrica variou de 3,36mm a 115,66mm, registrando os maiores valores no ano de 2005, sendo os períodos chuvosos os meses de setembro e outubro de 2004 e de março a junho de 2005, com os demais caracterizados como de estiagem (Figura 2). Segundo o histórico de chuvas anuais médias na região semiárida, é de 750 mm, concentrada entre fevereiro e maio (SEMARH, 2017), a precipitação no período de estudo no estuário do rio Apodi-Mossoró esteve aquém do esperado, mas, houve boa distribuição das chuvas durante todo o período, quadro atípico para a região (Figura 2). A temperatura apresentou média de 28,33 °C, variando de 26,33 °C em novembro de 2004 e 31,33 °C em abril de 2005, oscilando discretamente entre os outros meses (Tabela 2), o que já se esperava por tratar-se de um ecossistema tropical, com elevada taxa de incidência solar e homogeneidade térmica (LEÃO, 2004).

O fósforo reativo, frequentemente o primeiro elemento a limitar a produtividade primária, apresentou tendência crescente no sentido foz ao estuário superior e, sazonalmente, foi levemente superior durante o período de estiagem. Seus valores foram considerados baixos (Figura 2), características

essas de um estuário oligotrófico, com pouca influência de águas continentais (TOLEDO JUNIOR et al., 1983).

A salinidade média foi de 34,90‰, sendo o regime predominantemente euhalino. Este variou de oligohalino a hipersalino, registrando valores mínimos de 26,33‰ e máximos de 39,67‰ (Tabela 2). Assim como a maioria dos rios do semiárido brasileiro, o rio Apodi-Mossoró é intermitente, fluindo somente durante o período chuvoso, com isso, durante a maior parte do ano, em seu estuário, ocorre à concentração da água do mar ao invés da diluição. Esta situação gerou um gradiente de salinidade crescente no sentido da foz ao estuário superior durante a estiagem, caracterizando o ecossistema como negativo. Entretanto, durante o período chuvoso, o mesmo passou a apresentar balanço hídrico positivo, comportando-se então como um estuário tradicional (SILVA, 2004). Estes resultados condizem com os de Froneman (2002) no estudo de um estuário no sudeste da África do Sul. O autor encontrou temperatura da água entre 24,6 e 28,3 °C e valores de salinidade entre 35,1‰ e 37,0‰. Mas, a condição do ambiente, devido ao influxo de água doce, resultou na condição mesohalina predominando em todo estuário. O pH do estuário do rio Apodi-Mossoró foi alcalino, com valor médio de 7,7 (Tabela 2). Na baía de Tamandaré (PE) foram encontrados valores de pH alcalinos e pouco variáveis durante todo período de estudo, fato este atribuído a grande influência exercida pela água do mar (LOSADA, 2000).

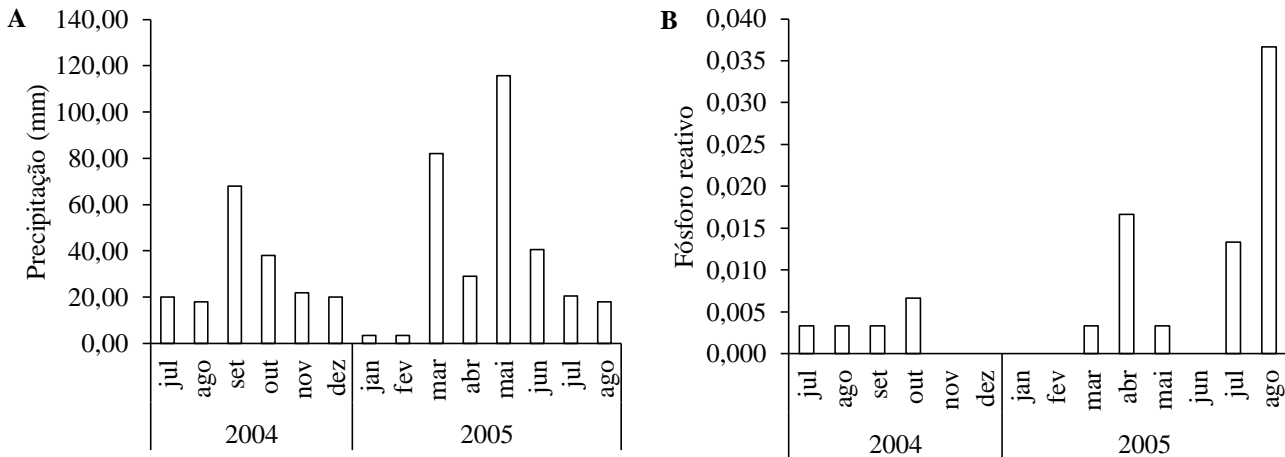
A transparência da água apresentou média de 71,50cm, com mínimo de 56,67cm e máximo de 90,00cm (Tabela 2), além da diminuição no sentido foz ao estuário superior. Esta diminuição pode ter sido provocada pelo aumento da biomassa algal, representada pela clorofila *a*, ocorrido neste mesmo sentido. Silva (2009) encontrou resultados semelhantes no estuário do rio Sirinhaém (PB). Sazonalmente, a transparência apresentou valores inferiores durante o período de estiagem. Estes resultados divergiram dos obtidos por Santiago (2004), que encontrou menores valores durante o período chuvoso, atribuindo isso ao aumento da turbidez devido ao carreamento de partículas terrígenas por ação do escoamento superficial. A diminuição da transparência em estuários tropicais e pouco profundos durante o período de estiagem é provocada pelo aumento da intensidade dos ventos e a consequente ressuspensão de partículas do fundo para a coluna d'água (SANTOS-FERNANDES et al., 2000).

Nos estuários, áreas de transição entre o continente e a zona costeira, que se encontram permanentemente ou periodicamente aberta ao mar, e no qual ocorre a variação mensurável da salinidade devido à mistura das águas do mar e do escoamento superficial (DAY et al., 1989), a distribuição e abundância da comunidade fitoplanctônica é influenciada diretamente pela salinidade e temperatura, sendo a primeira apontada como principal controlador de seus atributos (SARGET et al., 2005). Estas alterações nos atributos da comunidade fitoplanctônica tendem a mostrarem-se mais evidentes em estuários onde ocorrem grandes variações de salinidade, como no do rio Apodi-Mossoró (SILVA, 2004).

O oxigênio dissolvido (OD) registrou média igual a 5,47 mg/l, caracterizando o estuário como bem oxigenado, oscilando entre o mínimo de 3,00 mg/l e máximo de 8,04 mg/l (Tabela 2). Como o oxigênio dissolvido é uma variável influenciada por fatores como as trocas gasosas entre a água e atmosfera, fotossíntese, decomposição de matéria orgânica,

temperatura, salinidade, entre outros, é praticamente impossível atribuir sua variação a algum fator especificamente (SANTOS-FERNANDES et al., 2000).

**Figura 2.** Média mensal da precipitação pluviométrica (mm) (A) e do fósforo reativo (B) durante os meses de coleta no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil



Em relação à série nitrogenada e quanto à espacialidade, o nitrito apresentou tendência de aumento em sua concentração no sentido foz ao estuário superior, enquanto a amônia decresceu até o estuário médio, voltando a aumentar no estuário superior. O nitrato por sua vez apresentou tendência inversa à amônia, aumentando no estuário médio e decrescendo no estuário superior. As concentrações de amônia e nitrito apresentaram maiores médias durante o período de chuva, enquanto o nitrato apresentou valores mais elevados durante o período de estiagem (Tabela 2).

A clorofila *a* é um importante parâmetro não somente para o estabelecimento da trofia de um ecossistema, como também evidencia o crescimento do fitoplâncton, expresso nessas concentrações. A concentração média da clorofila *a*, no estuário do rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte, foi de 3,49  $\mu\text{g/l}$ , caracterizando o ecossistema como oligotrófico (TOLEDO JUNIOR et al. 1983), com valores médios oscilando entre 0,23  $\mu\text{g/l}$  e 5,43  $\mu\text{g/l}$  (Tabela 2) e tendência crescente no sentido foz ao estuário superior, o que pode ter sido influenciada pela concentração de fosfato.

**Tabela 2.** Média mensal dos dados abióticos (Temperatura, Salinidade, pH, Transparência, Nitrito, Nitrato, Amônia, Oxigênio Dissolvido – OD, Clorofila *a*) em três estações (foz, estuário médio e estuário superior), durante os meses de coleta no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Ano	Mês	Temperatura	Salinidade	pH	Transparência	Nitrato	Nitrito	Amônia	OD	Clorofila <i>a</i>
2004	Julho	28,33	26,33	7,74	65,67	0,64	0,11	0,01	7,42	3,89
	Agosto	26,70	31,67	8,09	76,67	0,15	0,02	0,05	3,00	1,27
	Setembro	27,07	35,00	7,88	65,00	0,02	0,00	0,01	8,04	3,10
	Outubro	26,67	37,00	7,70	80,00	0,05	0,01	0,08	5,31	3,00
	Novembro	26,33	39,33	8,43	56,67	0,01	0,00	0,69	4,50	4,10
	Dezembro	28,33	37,00	7,97	68,33	0,06	0,00	0,22	5,85	3,27
2005	Janeiro	28,33	36,67	7,83	58,33	0,08	0,00	0,72	4,63	4,27
	Fevereiro	29,17	39,67	7,73	82,67	0,00	0,00	0,32	4,31	5,17
	Março	30,00	37,00	6,77	71,67	0,00	0,03	0,54	5,64	5,43
	Abril	31,33	36,00	7,30	90,00	0,00	0,04	0,44	5,44	4,47
	Mai	31,17	31,33	8,03	60,00	0,24	0,04	0,44	5,72	3,90
	Junho	28,33	30,00	8,20	73,33	0,18	0,02	0,39	6,46	3,47
	Julho	27,17	34,00	5,93	82,67	0,14	0,08	0,36	6,22	0,23
	Agosto	27,67	37,67	8,23	70,00	0,23	0,02	0,78	4,00	3,30

A comunidade fitoplanctônica é composta por 109 táxons infragenéricos, distribuídos entre os grupos Bacillariophyta (62%); Dinophyta (20%); Cyanophyta (7%); Chlorophyta (7%); e Euglenophyta (4%). Bacillariophyta foi o grupo que mais contribuiu para a variedade de espécies no ambiente, apresentando 28 gêneros e 67 táxons distintos, destacando-se o gênero *Coscinodiscus*, com 12 táxons infragenéricos no total (Tabela 3).

O grupo Dinophyta, por sua vez, foi representado por 11 gêneros e 22 táxons infragenéricos, seguido por Cyanophyta, com três gêneros e oito táxons infragenéricos, dando destaque para o gênero *Oscillatoria*, que contribuiu com seis táxons. Chlorophyta e Euglenophyta estiveram representadas respectivamente por sete e dois gêneros, oito e quatro táxons infragenéricos cada uma (Tabela 3).

**Tabela 3.** Táxons identificados em três estações (P1 - foz; P2 - estuário médio e P3 - estuário superior) durante os anos de coleta no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

GRUPO	P1 2004	P2 2004	P3 2004	P1 2005	P2 2005	P3 2005
<b>Bacillariophyta</b>						
<i>Actinopterychus undulatus</i> (Kützing) Ralfs	+			+		
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	+	+				
<i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	+	+	+		+	+
<i>Amphiprora ornata</i> Bailey			+			
<i>Amphiprora paludosa</i> W.Smith			+		+	
<i>Amphiprora</i> sp.					+	+
<i>Asterionella gracialis</i> Castracane				+		
<i>Asterionella japonica</i> Cleve	+	+	+			
<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck			+			
<i>Bellerochea</i> sp.		+				
<i>Biddulphia dubia</i> (T.Brightwell) Cleve	+					
<i>Biddulphia mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Grunow	+	+	+		+	+
<i>Biddulphia sinensis</i> Greville	+	+			+	
<i>Biddulphia</i> sp.1	+					
<i>Biddulphia</i> sp.2				+		
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	+	+			
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard			+			
<i>Chaetoceros</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Climacodium</i> sp.	+					
<i>Cocconeis</i> sp.		+	+	+		
<i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg	+	+	+			
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehrenberg			+			
<i>Coscinodiscus nitidus</i> W.Gregory	+	+	+	+		
<i>Coscinodiscus</i> sp.1				+	+	+
<i>Coscinodiscus</i> sp.2	+				+	+
<i>Coscinodiscus</i> sp.3						+
<i>Coscinodiscus</i> sp.4		+	+			
<i>Coscinodiscus</i> sp.5			+			
<i>Coscinodiscus</i> sp.6		+	+			
<i>Coscinodiscus</i> sp.7	+	+	+			
<i>Coscinodiscus</i> sp.8	+					
<i>Coscinodiscus</i> sp.9		+				
<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Cymbella</i> sp.					+	
<i>Frustulia</i> sp.				+		
<i>Gyrosigma</i> sp.1	+	+	+			
<i>Gyrosigma</i> sp.2					+	
<i>Isthmia</i> sp.	+	+	+			
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs			+			
<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i> Otto Müller	+		+			
<i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg) Kützing	+	+	+	+	+	
<i>Navicula</i> sp.1	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula</i> sp.2	+	+		+	+	+
<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W.Smith	+	+	+			
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard	+	+	+		+	+
<i>Nitzschia paradoxa</i> (J.F.Gmelin) Grunow in Cleve & Grunow	+	+	+			
<i>Nitzschia pungens</i> Grunow ex Cleve	+		+			
<i>Nitzschia</i> sp.1			+		+	
<i>Nitzschia</i> sp.2				+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp.3				+		
<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T. Quekett) W.Smith					+	
<i>Pleurosigma</i> sp.	+	+	+			
<i>Pyxidicula</i> sp.	+	+	+			
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> Schultze				+	+	
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve	+					
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizosolenia robusta</i> G.Norman ex Ralfs in Pritchard	+	+				
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	+	+	+	+		
<i>Suriella</i> sp.			+			

<i>Synedra</i> sp.	+	+		+		
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	+	+	
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Thalassiothrix</i> sp.	+	+	+			
<i>Tintinnidium</i> sp.				+	+	
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	+	+	+	+		
<i>Triceratium</i> sp.	+		+			
<i>Tropidoneis</i> sp.		+				
<b>Chlorophyta</b>						
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim 1882	+					
<i>Chlorella</i> sp.	+	+	+			
<i>Closterium</i> sp.	+	+				
<i>Coelastrum</i> sp.	+					
<i>Oedogoniales</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	+	+				
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	+	+				
<i>Scendesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson in Brébisson & Godey	+	+				
<b>Cyanophyta</b>						
<i>Anabaena</i> sp.	+	+	+	+	+	
<i>Oscillatoria lauterbornii</i> Schmidle			+			
<i>Oscillatoria sancta</i> Kützing ex Gomont		+				
<i>Oscillatoria</i> sp.1		+			+	
<i>Oscillatoria</i> sp.2	+	+	+	+	+	+
<i>Oscillatoria</i> sp.3					+	
<i>Oscillatoria</i> sp.4						+
<i>Romeria</i> sp.	+					
<b>Dinophyta</b>						
<i>Amphorellopsis</i> sp.	+	+				
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	+					
<i>Ceratium</i> sp.	+	+				
<i>Codonellopsis</i> sp.	+	+				
<i>Condonella</i> sp.	+	+				
<i>Favella ehrenbergii</i> (Claparède & Lachmann)	+	+	+			
<i>Glenodinium</i> sp.	+	+				
<i>Peridinium</i> sp.1	+	+	+	+		+
<i>Peridinium</i> sp.2						+
<i>Protoperidinium</i> sp.1	+	+				
<i>Protoperidinium</i> sp.2	+					
<i>Protoperidinium</i> sp.3		+				
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech	+	+	+			
<i>Tintinnidiopsis</i> sp.	+	+	+			
<i>Tintinnopsis rotundata</i> Kofoid & Campbell			+			
<i>Tintinnopsis tocantinenses</i> Kofoid & Campbell	+					
<i>Tintinnidium cylindrata</i> Kofoid & Campbell	+	+	+			
<i>Tintinnopsis butschlii</i> Daday	+					
<i>Tintinnopsis cratera</i> Leidy	+					
<i>Tintinnopsis</i> sp.1			+			+
<i>Tintinnopsis</i> sp.2		+	+			
<i>Tintinnopsis</i> sp.3		+	+			
<b>Euglenophyta</b>						
<i>Euglena limnophyta</i> var. <i>minor</i> Drezepolski		+				
<i>Euglena</i> sp.	+			+		
<i>Phacus pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin	+	+				
<i>Phacus</i> sp.	+					

Sobre o aspecto quantitativo, a densidade média da comunidade fitoplanctônica foi de 1016 cel/ml, com valor máximo de 4907 cel/ml registrado em julho de 2005 no estuário médio, e mínimo de 165 cel/ml em setembro de 2004 na foz do estuário. Bacillariophyta foi novamente o grupo de maior relevância, respondendo por 74% da densidade total, seguido por Dinophyta (10%), Chlorophyta (8%),

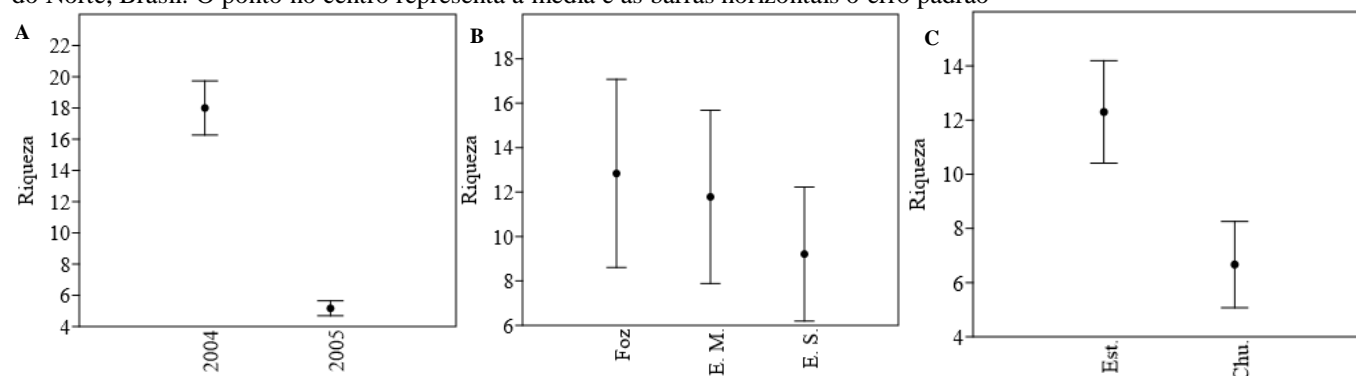
Cyanophyta (7%) e Euglenophyta (1%). Os táxons *Coscinodiscus* sp.2, *Odeogoniales* sp. e *Chaetoceros* sp.1 foram considerados dominantes. *Rhizosolenia imbricata*, *Peridinium* sp.1, *Amphiprora* sp., *Peridinium* sp.2, *Tintinnidiopsis* sp., *Amphiprora ornata* e *Navicula* sp.1 foram considerados abundantes, sendo os demais táxons registrados pouco abundantes ou raros.

A maior diversidade de Bacillariophyta é demonstrada por estudos em diversos estuários e zonas costeiras do mundo, como na laguna Tranca Grande, Peru (MARIANO-ASTOCONDOR, 2001); na laguna Ortobello, Itália (NUCCIO et al., 2003); na baía Independência, Peru (OCHOA; TARAZONA, 2003); e na enseada de Coruña, Espanha (VARELA; PREGO, 2003). Outros estudos no Brasil também confirmaram o predomínio deste grupo em vários ecossistemas estuarinos (MELO-MAGALHÃES, 2000; MATOS; TENENBAUM, 2003). A predominância de Bacillariophyta deve-se principalmente a capacidade que este possui de suportar variações de salinidade e a sua alta taxa de crescimento (TUNDISI, 1970).

A média da riqueza foi significativamente superior durante o ano de 2004 e mostrou tendência de diminuição no

sentido foz ao estuário superior (Figura 4), assemelhando-se aos resultados obtidos por Santiago (2004) e Silva (2009). A ausência de diferença estatística espacial pode ser resultante da metodologia de coleta das amostras, realizadas sempre durante as preamares de sizígia, o que pode ter provocado uma maior homogeneização do estuário. Quanto à análise da riqueza entre os períodos de chuva e estiagem, também não se verificou diferença estatística, possivelmente devido às chuvas pouco pronunciadas registradas durante o estudo (Figura 3). Contudo, a média da riqueza mostrou-se maior durante o período de estiagem do que no período chuvoso (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Lacerda (2004), que atribuiu esta diferença ao aumento da dominância por parte de alguns táxons em detrimento da variedade durante o período chuvoso.

**Figura 3.** Riqueza média da comunidade fitoplanctônica por: A – ano; B – estação de coleta (Foz; E. M. - Estuário Médio; E. S. - Estuário Superior); C – período sazonal (Est. – Estiagem; Chu. - Chuvoso), no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. O ponto no centro representa a média e as barras horizontais o erro padrão

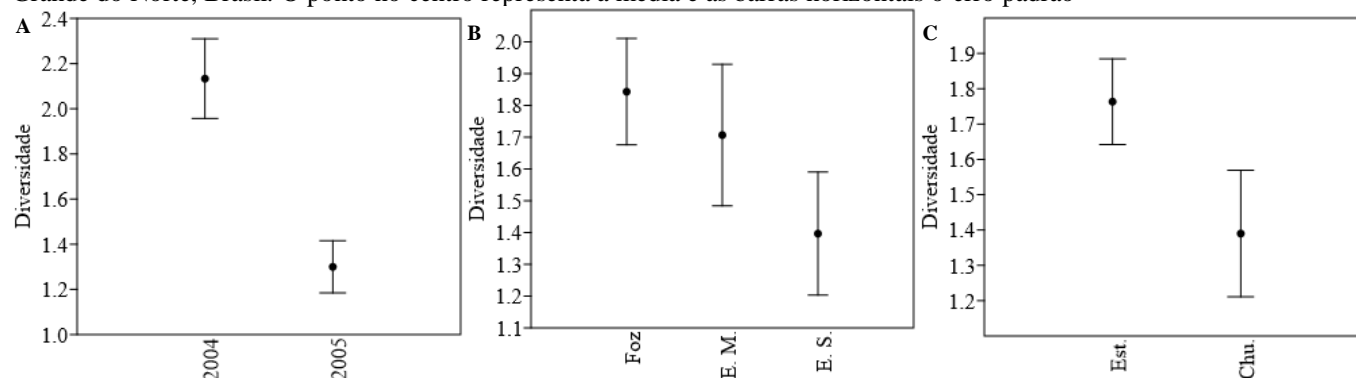


A diversidade variou de muito baixa à alta, posto que 57% das 42 amostras analisadas caracterizaram-se como de baixa diversidade, 17% muito baixa, 19% média diversidade e 7% de alta diversidade. O menor valor para este atributo foi igual a zero, registrado em junho de 2005 no estuário superior, ocasião em que apenas a espécie *Coscinodiscus* sp.2 foi encontrada. O valor máximo por sua vez foi de 3,06 bits/cel, registrado em agosto de 2004 na foz do estuário (Figura 4). A baixa diversidade específica encontrada pode ter sido causada pela presença de espécies oportunistas dos gêneros *Chaetoceros*, *Thalassionema*, *Thalassiosira*, *Bellerochea*, *Phacus* e *Coscinodiscus*, especialmente as espécies *Thalassionema nitzschioides*, *Bellerochea malleus* e

*Chaetoceros costatus*, mesmo motivo citado por autores como Flores Montes (1996), Campello (1999) e Silva (2003).

Semelhante à riqueza específica, a diversidade registrou média superior durante o ano de 2004, mostrando tendência de diminuição no sentido da foz ao estuário superior, mas sem diferença estatística significativa (Figura 4). Estes resultados divergiram daqueles obtidos por Santiago (2004), no qual a diversidade cresceu no sentido da foz ao estuário superior. Embora graficamente tenha sido possível visualizar uma tendência de aumento da diversidade no período de estiagem e consequente diminuição no período chuvoso, não foi comprovado a existência de diferença estatística significativa entre estas (Figura 4).

**Figura 4.** Diversidade média da comunidade fitoplanctônica por: A – ano; B – estação de coleta (Foz; E. M. - Estuário Médio; E. S. - Estuário Superior); C – período sazonal (Est. – Estiagem; Chu. - Chuvoso), no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. O ponto no centro representa a média e as barras horizontais o erro padrão



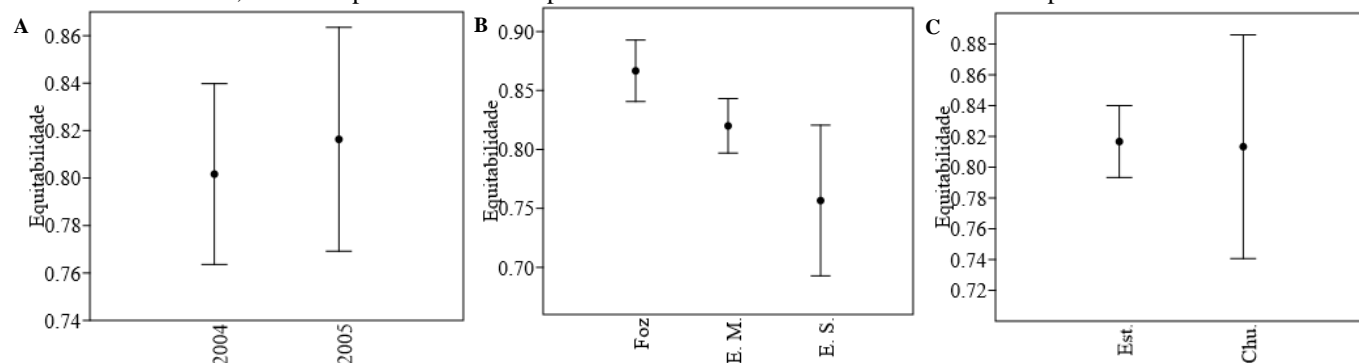


A comunidade fitoplanctônica mostrou-se bem distribuída segundo os valores obtidos para a equitabilidade, visto que 98% das amostras apresentaram-se com valores superiores a 0,5, demonstrando a distribuição uniforme das espécies. O menor valor para este atributo foi zero, registrado em junho de 2005 no estuário superior, pelo mesmo motivo descrito para a diversidade. Já o valor máximo foi 1,0, correspondente à amostra colhida na foz no mês de setembro de 2004 (Figura 6), em função das espécies *Biddulphia mobiliensis*, *Coscinodiscus nitidus*, *Navicula* sp.1,

*Coelastrum* sp. e *Tintinnopsis cratera* apresentarem a mesma densidade.

Levinton (1995) atribui a alta equitabilidade encontrada em ambientes estuarinos à existência de poucas espécies dominantes nestes ecossistemas. A equitabilidade não mostrou diferença espaço-temporalmente (Figura 5), embora, assim como os demais atributos, tenha mostrado tendência de diminuição no sentido da foz ao estuário superior (Figura 5), corroborando com os resultados encontrados no estuário do rio Pisa-sal, Rio Grande do Norte (SANTIAGO, 2004).

**Figura 5.** Equitabilidade média da comunidade fitoplanctônica por: A – ano; B – estação de coleta (Foz; E. M. - Estuário Médio; E. S. - Estuário Superior); C – período sazonal (Est. – Estiagem; Chu. - Chuves), no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. O ponto no centro representa a média e as barras horizontais o erro padrão



A Análise de Componentes Principais evidenciou que a contribuição das variáveis abióticas nos dois primeiros eixos explicou 98,29% da variabilidade dos dados. O primeiro componente (Eixo 1) explicou 90,9% da variabilidade total dos dados, apresentando associações negativas com a precipitação, temperatura e transparência da água, e

associação positiva com o pH, caracterizando-se pela influência da sazonalidade.

O segundo componente (Eixo 2) explicou 7,39% da variabilidade, apresentando associação negativa com a transparência da água e positiva com a clorofila *a* (Tabela 4). Este fator caracterizou-se pela relação com a biomassa algal.

**Tabela 4.** Contribuição das variáveis abióticas para os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

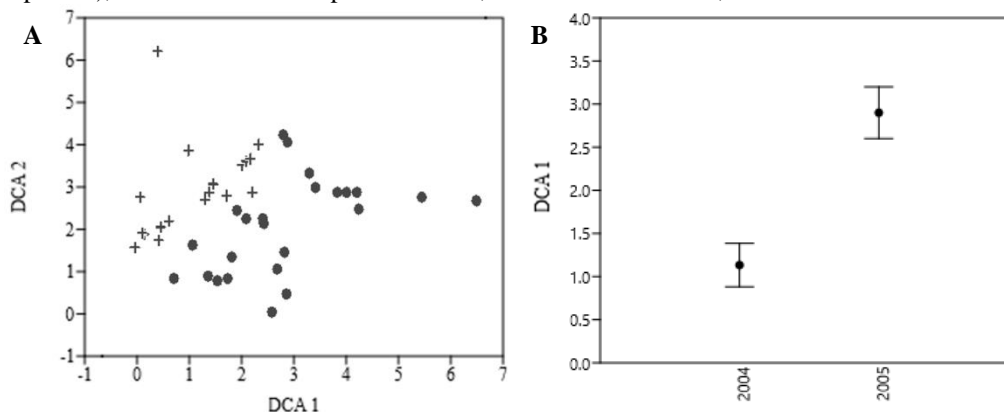
Variáveis abióticas	Eixo I (90,9%)	Eixo II (7,39%)
Precipitação	-0,92	-0,04
Temperatura	-0,49	0,12
Transparência	-0,25	-0,95
Amônia	-0,18	0,07
Nitrito	-0,17	0,13
Nitrato	0,03	0,18
OD	-0,15	0,00
Clorofila <i>a</i>	-0,10	0,28
Fosfato	0,11	-0,05
Salinidade	0,16	-0,04
Ph	0,31	0,19

Para avaliar as variações na abundância fitoplanctônica foram retidos para a interpretação os dois primeiros eixos da DCA ( $\lambda_{DCA1} = 0,814$ ;  $\lambda_{DCA2} = 0,62$ ). Entretanto, este trabalho ocupou-se apenas com as variações temporais que estão evidenciadas no eixo 1 (teste-t<sub>(40)</sub> = 2,58; p = 0,013), mostrando a alteração na composição entre os anos de 2004 e

2005 (Figura 6). As espécies que mais contribuíram para a ordenação do ano de 2005 apresentaram correlação positiva ( $\tau$  de Kendall) acima de 0,20 (p < 0,05). Já o ano de 2004 teve contribuição de espécies que apresentaram correlação negativa  $\tau > 0,30$  (p < 0,05; Tabela 5).



**Figura 6.** (A) Ordenação dos dois primeiros eixos da DCA em função da abundância de táxons nos anos de 2004(+) e 2005(●). (B) Análise do eixo 1 da DCA em função dos anos de 2004 e 2005 (o ponto no centro representa a média e as barras horizontais o erro padrão), no estuário do rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil



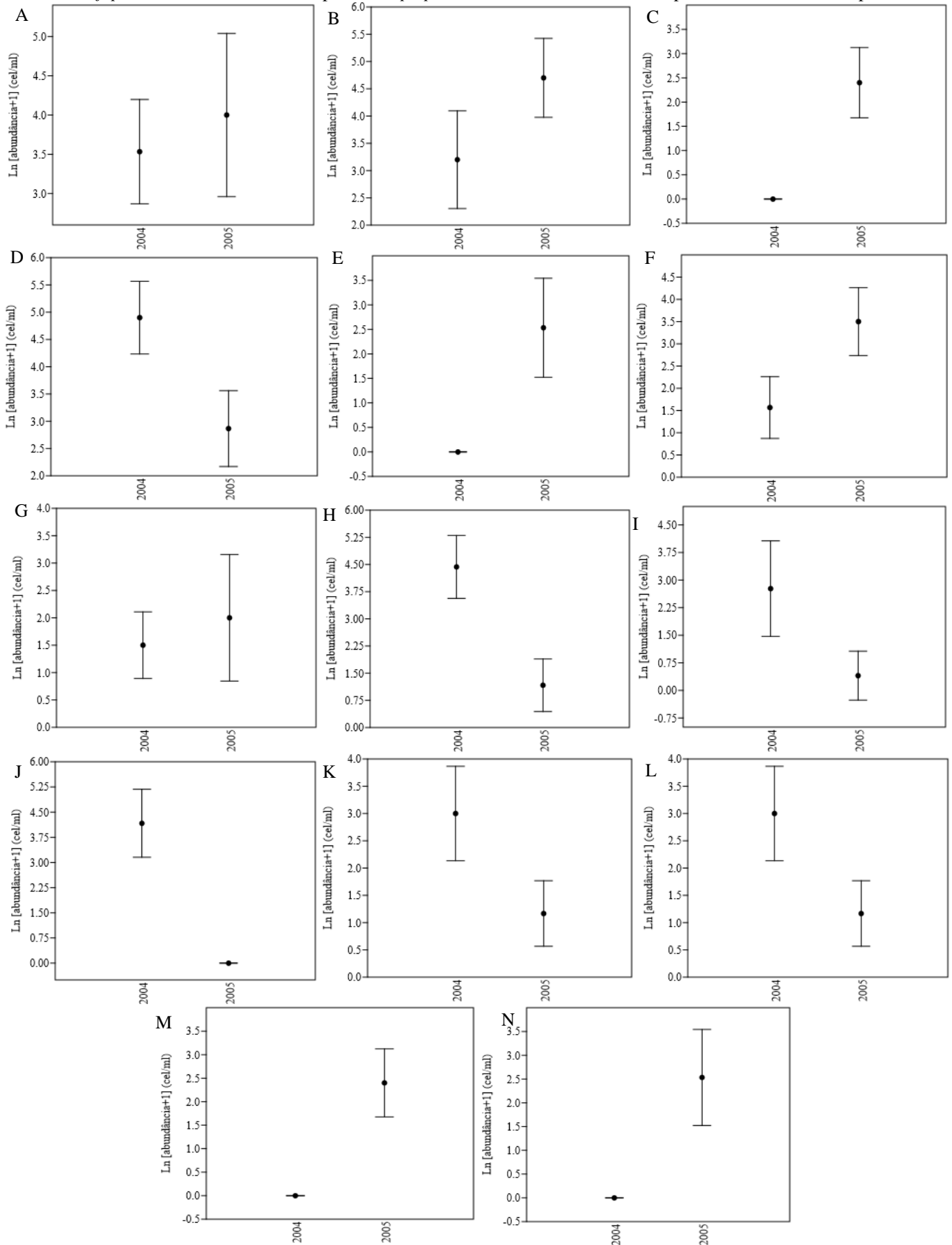
**Tabela 5.** Valores de correlação entre o eixo DCA1 e a abundância dos táxons fitoplanctônicos, evidenciando as principais espécies que contribuem para a separação dos anos no estuário do rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Ano	Táxon	Kendall ( $\tau$ )	p
2004	<i>Navicula</i> sp.1	0,49	0,00
	<i>Coscinodiscus</i> sp.1	0,39	0,00
	<i>Amphiprora</i> sp.	0,30	0,01
	<i>Navicula</i> sp.2	0,29	0,01
	<i>Oscillatoria</i> sp.4	0,22	0,04
2005	<i>Pleurosigma</i> sp.	-0,30	0,00
	<i>Triceratium favus</i>	-0,31	0,00
	<i>Thalassiothrix</i> sp.	-0,31	0,00
	<i>Nitzschia paradoxa</i>	-0,32	0,00
	<i>Triceratium</i> sp.	-0,33	0,00
	<i>Asterionella japonica</i>	-0,33	0,00
	<i>Actinoptycus senarius</i>	-0,34	0,00
	<i>Glenodinium</i> sp.	-0,34	0,00
	<i>Coscinodiscus</i> sp.7	-0,34	0,00
	<i>Isthmia</i> sp.	-0,35	0,00
	<i>Nitzschia closterium</i>	-0,35	0,00
	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-0,37	0,00
	<i>Pyxidicula</i> sp.	-0,38	0,00
	<i>Melosira sulcata</i>	-0,39	0,00
	<i>Tintinnidium cylindrata</i>	-0,39	0,00
	<i>Gyrosigma</i> sp.1	-0,42	0,00
	<i>Coscinodiscus nitidus</i>	-0,45	0,00
<i>Tintinnidiopsis</i> sp.	-0,53	0,00	

Dentre os táxons com abundância superior a 1000 cel/ml, somente *Asterionella japonica* e *Thalassionema nitzschioides* apresentaram diferenças entre os anos. Ambos os táxons apresentaram maior abundância durante 2004, provavelmente porque possuem a capacidade de prosperar em condições de transparência reduzida e baixas concentrações de nutrientes (SANTIAGO, 2004), condições registradas neste ano.

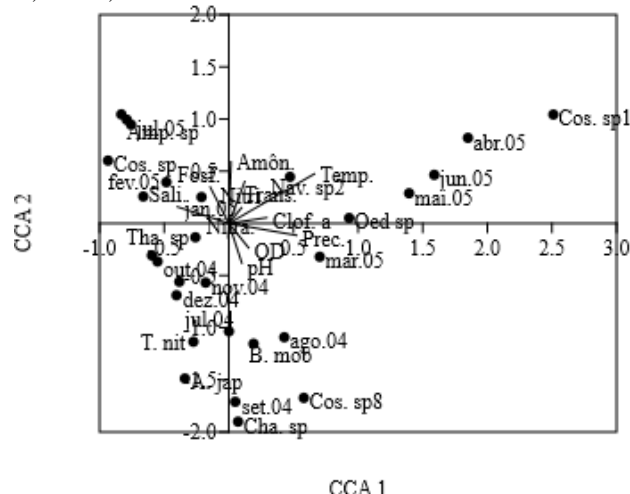
As espécies, *Navicula* sp.1, *Oedogoniales* sp., *Coscinodiscus* sp.2, *Biddulphia mobiliensis*, *Amphiprora* sp., *Navicula* sp.2, *Oscillatoria* sp.2, *Chaetoceros* sp., *Thalassiosira* sp., *Amphiprora alata*, *Coscinodiscus* sp.7 e *Coscinodiscus* sp.2 não apresentaram diferença entre os anos de coleta (Figura 7).

**Figura 7.** Variação do logaritmo normal da média da abundância dos táxons mais representativos segundo a DCA, no estuário do rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, nos anos 2004 e 2005 (o ponto no centro representa a média e as barras horizontais o erro padrão). A – *Navicula* sp.1; B – *Oedogoniales* sp.; C – *Coscinodiscus* sp.2; D – *Biddulphia mobiliensis*; E – *Amphiprora* sp.; F – *Navicula* sp.2; G – *Oscillatoria* sp.2; H – *Thalassionema nitzschioides*; I – *Chaetoceros* sp.; J – *Asterionella japonica*; K – *Thalassiosira* sp.; L – *Amphiprora alata*; M – *Coscinodiscus* sp.1; N – *Coscinodiscus* sp.7



A Análise de Correspondência Canônica (CCA) evidenciou que os dois primeiros eixos explicaram 46,2% da variabilidade dos dados. O eixo 1 (CCA 1) explicou 25,03% desta, apresentando correlação de 0,68% (Monte Carlo:  $p = 0,03$ ) entre espécie/ambiente, e associações negativas com: julho e agosto de 2005; com *Navicula* sp.1, *Amphiprora* sp., *Amphiprora alata*, *Oscillatoria* sp.2, e *Coscinodiscus* sp.1, sem correlação negativa com as variáveis abióticas. Ainda, associação positiva com: março, abril, maio e junho de 2005; com *Oedogoniales* sp., *Coscinodiscus* sp.2 e *Coscinodiscus* sp.7; e com a temperatura e a precipitação. O segundo eixo (CCA 2) explicou 21,06% da variabilidade dos dados, apresentando correlação de 0,57% (Monte Carlo:  $p = 0,27$ ) entre espécie/ambiente, apresentando associação negativa com todos os meses de 2004; com as espécies *Biddulphia mobiliensis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros* sp., *Asterionella japonica* e *Coscinodiscus* sp.7, e positiva com abril e julho de 2005; com *Navicula* sp.1, *Coscinodiscus* sp.2, *C. sp.1*, *Amphiprora* sp.; e amônia (Figura 8; Tabela 6).

**Figura 8.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre a densidade dos táxons mais representativos segundo a DCA e as variáveis abióticas, no estuário do rio Apodi/Mossoró, RN, Brasil, nos anos 2004 e 2005



**Tabela 6.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre a densidade dos táxons mais representativos segundo a DCA e as variáveis abióticas, no estuário do rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, nos anos 2004 e 2005

Ano	Mês	CCA 1	CCA 2	Táxon	CCA 1	CCA 2	Var. Abióticas	CCA 1	CCA 2
2004	Julho	0,00	-1,03	<i>Navicula</i> sp.1	-0,83	1,05	Temperatura	0,66	0,48
	Agosto	0,43	-1,09	<i>Oedogoniales</i> sp.	0,93	0,05	Salinidade	-0,40	0,16
	Setembro	0,05	-1,71	<i>Coscinodiscus</i> sp.2	2,51	1,04	pH	0,10	-0,38
	Outubro	-0,38	-0,56	<i>Biddulphia mobiliensis</i>	0,19	-1,15	Transparência	0,12	0,40
	Novembro	-0,18	-0,57	<i>Amphiprora</i> sp.	-0,79	0,99	Nitrato	-0,01	-0,14
	Dezembro	-0,41	-0,69	<i>Navicula</i> sp.2	0,47	0,45	Nitrato	0,10	0,15
	Janeiro	-0,21	0,25	<i>Oscillatoria</i> sp.2	-0,55	-0,36	Amônia	0,02	0,59
2005	Fevereiro	-0,48	0,40	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	-0,27	-1,13	OD	0,15	-0,23
	Março	0,70	-0,32	<i>Chaetoceros</i> sp.	0,07	-1,90	Clorofila a	0,29	0,05
	Abril	1,85	0,82	<i>Asterionella japonica</i>	-0,34	-1,49	Fósforo	-0,14	0,35
	Maio	1,39	0,29	<i>Thalassiosira</i> sp.	-0,26	-0,13	Precipitação	0,52	-0,11
	Junho	1,59	0,46	<i>Amphiprora alata</i>	-0,60	-0,31			
	Julho	-0,76	0,95	<i>Coscinodiscus</i> sp.1	-0,93	0,60			
	Agosto	-0,66	0,26	<i>Coscinodiscus</i> sp.7	0,58	-1,67			

## CONCLUSÃO

A comunidade fitoplanctônica é composta por 109 táxons infragenéricos pertencentes a cinco grupos distintos. A riqueza e a diversidade foram superiores durante o ano de 2004, assim como no período de estiagem, apresentando tendência de diminuição conforme o afastamento da foz e, segundo os atributos de comunidade, esta é de elevada riqueza e bem distribuída, porém, de baixa diversidade.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. T. C.; PASSAVANTE, J. Z. O.; MUNIZ, K. Biomassa fitoplanctônica do estuário do rio Maracáipe (Ipojuca, Pernambuco). In: CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, S.; PASSAVANTE, J. Z. O. (org.). Ecologia Aquática Tropical, v.1, p.121-142, 2004.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1992.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gênero de Algas de águas Continentais do Brasil. Chave para identificação e descrição. 2 ed. São Carlos, SP: Ed. Rima, 2006.

BRYCE, S. A.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R. Development of a Bird Integrity Index: Using Bird Assemblages as Indicators of Riparian Condition. Environmental Management, v.30, n.2, 2002, p.294-310.

CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A. Influence of water level variation on fertilization of na oxbow lake of Rio Mogi-Guaçu, state of São Paulo, Brazil. Hydrobiologia, v.299, p.185-193, 1993.

CAMPELLO, M. J. A. Ecologia e biomassa do microfitoplâncton da praia de Carne de Vaca (Goiana), Pernambuco. 1999. 78f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1999.

DAY, J. W.; HALL, C. A. S.; KEMP, W. M. Estuarine Ecology. New York: John Wiley & Sons, 1989, 558p.

- ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.94, n.4, p.306-314, 2011.
- ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (org.). *Oceanografia: um cenário tropical*. 2004. 761f. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Recife. 2004.
- FLORES MONTES, M. J. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE. 1996. 201f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1996.
- FRONEMAN, P. W. Response of the plankton to three different hydrological phases of the temporarily open/closed Kasouga Estuary, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.55, p.535-546, 2002.
- GOLTERMAN, K. L.; CLYMO, R. S.; OHMSTAD, M. A. M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Londres: Blackwell Scientific Publication, 1978, 214p.
- HAMMER, O. PAST: Paleontological Statistics, version 3.14. <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. 2017.
- HINO, K.; TUNDISI, J. G. *Atlas de algas da Represa do Broa*. São Carlos: UFScar, 1977.
- LACERDA, S. R. Série temporal do fitoplâncton do estuário da Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil). 2004. 115f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.
- LEÃO, B. M. Biomassa, taxonomia e ecologia do fitoplâncton do estuário do rio Igarassu (Pernambuco, Brasil). 2004. 71f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- LEVINTON, J. S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. New York: Oxford University, 1995, 420p.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina*, v.22, n.1, p.1-29, 1986.
- LOSADA, A. P. M. Biomassa fitoplanctônica correlacionada com parâmetros abióticos, nos estuários dos rios Ihetas e Mamucaba, e na Baía de Tamandaré (Pernambuco – Brasil). 2000. 89f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2000.
- MARIANO-ASTOCONDOR, M. Composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Tranca Grande (Junín, Peru). *Revista Peruana de Biología*, v.8, n.2, 2001.
- MATOS, M.; TENEMBAUM, D. R. O microfítoplâncton da baía de Sepetiba (RJ, Brasil): abundância e distribuição em duas épocas do ano. In: Congresso de ecologia do Brasil, 6., 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: [s.n.], 2003.
- MELO-MAGALHÃES, E. M. Ecologia do fitoplâncton do complexo estuarino-lagunar Mundau/Managuaba, Alagoas – Brasil. 2000. 92f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2000.
- NUCCIO, C.; MELILLO, C.; MASSI, L.; INNAMORATI, M. Phytoplankton abundance, community structure and diversity in the eutrophicated Orbetello lagoon (Tuscany) from 1995 to 2001. *Oceanologica Acta*, n.26, p.15-25, 2003.
- NUSCH, E. A. Comparison of methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, v.14, p.14-36, 1980.
- OCHOA, N.; TARAZONA, J. Variabilidad temporal de pequena escala em el fitoplâncton de Bahía Independência, Pisco, Peru. *Revista Peruana de Biología*, v.10, n.1, p.59-66, 2003.
- PEREIRA FILHO, J.; ACHETTINI, 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.
- PHILIPS, E. J.; BADYLAK, S.; GROSSKOPF, T. Factors affecting the abundance of phytoplankton in a restricted subtropical lagoon, the Indian River lagoon, Florida, USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 55, p.385-402, 2002.
- PINTO, R.; PATRÍCIO, J.; BAETA, A.; FATH, B. D.; NETO, J. M.; MARQUES, J. C. Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. *Ecological Indicators*, v.9, n.1, p.1-25, 2009.
- SAGERT, S.; JENSEN, D. K.; HENRIKSEN, P.; RIELING, T.; SCHUBERT, H. Integrated ecological assessment of Danish Baltic Sea coastal areas by means of phytoplankton and macrophytobenthos. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* v. 63, p.109–118, 2005.
- SANTIAGO, M. F. Ecologia do fitoplâncton de um ambiente tropical hipersalino (Rio Pisa Sal, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil). 2004. 136f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.
- SANTOS-FERNANDES, T. L. S.; PASSAVANTE, J. Z. O.; KOENING, M. L.; MACÊDO SILVA, C. A. R. (coord.). Caracterização física, físico-química e química dos estuários Apodi, Conchas, Cavalos, Açú, Guamaré, Galinhos, Ceará-Mirim, Potengi, Papeba e Guarafra. Relatório final. Natal/RN. IDEMA, 2004, 50p.
- SEMARH. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=17381&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Servi% E7os>. Acesso em: 15 Ago. 2017.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1963, 173p.

SILVA, C. A. R. Caracterização física, físico-química e química dos estuários Apodi, Conchas, Cavalos, Açú, Guamaré, Galinhos, Ceará-Mirim, Potengi, Papeba e Guaraíra. Relatório final: Físico-Química Marinha (Litoral Setentrional). Natal/RN: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte/IDEMA, 2004, 54p.

SILVA, F. M., OLIVEIRA, F. F. G.; ALMEIDA, L. Q. Análise da vulnerabilidade socioambiental no ambiente estuarino: uma visão teórica-conceitual na interface entre sociedade e natureza. Revista do CERES, v.1, n.2, p.138-143, 2015.

SILVA, M. H. Estrutura e produtividade da comunidade fitoplanctônica de um estuário tropical (Sirinhaém, Pernambuco, Brasil). 2009. 170f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2009.

SILVA, M. H. Fitoplâncton do estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil): biomassa, taxonomia e ecologia. 130f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.

TOLEDO JUNIOR, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Balneário Camboriú, Santa Catarina, 1983, p.1-34.

TUNDISI, J. G. O plâncton estuarino. Contribuições Avulsas [do] Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, Série Oceanografia Biológica, v.19, p.1-22, 1970.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton metodik. Mitt Int. Rer Theor. Argrew. Limnol., v.9, p.1-38, 1958.

VARELA, M.; PREGO, R. Hydrography and phytoplankton in an isolated and non-pristineria área: the Coruña harbour (NW Spain). Acta Oecologica, v.24, n.2, p.113-124, 2003.