

# Tropical Oceanography

## Revista on line

Recife	vol. 44	n. 1	25 - 42	2016
C.D.U. 551.46:57(26) CDD. 551.4605 ISSN: 1679-3013 D.O.I.: 10.5914/2016.0122				

### PRODUTIVIDADE FITOPLANCTÔNICA EM UM ESTUÁRIO IMPACTADO DO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO - RIO TIMBÓ (PAULISTA).

Christiana Kelly da Silva GREGO<sup>1</sup>;  
Fernando Antônio do Nascimento FEITOSA<sup>1</sup>;  
Maria da Glória Gonçalves SILVA CUNHA<sup>1</sup>;  
Marcos HONORATO DA SILVA<sup>1</sup>;  
Rafaela Vieira NUNES<sup>1</sup>.

#### RESUMO

O estuário do rio Timbó situa-se no litoral norte de Pernambuco, em uma área com intensa atividade pesqueira e forte pressão antrópica, em virtude principalmente de lançamento de efluentes domésticos, industriais e atividade turística. Este artigo trata de uma análise sobre as condições ambientais do estuário, levando em consideração a distribuição espacial e temporal da produtividade fitoplanctônica, da clorofila *a* e algumas variáveis hidrológicas. As amostras de água foram coletadas com garrafa de kitahara durante o período de estiagem (out, nov, dez/2002) e chuvoso (maio, jun, jul/2003) na baixa-mar e preamar, em três pontos fixos (E1, E2, E3) desde a jusante até a montante do estuário. De acordo com os resultados a taxa de saturação do oxigênio dissolvido, variou desde zona semipoluída a supersaturada; os sais nutrientes apresentaram-se mais elevados durante o

período chuvoso, na baixa-mar e na porção mais a montante, o regime salino variou de mesoalino a eualino, a clorofila *a* do fitoplâncton variou de 2,43 a 160,39mg.m<sup>-3</sup>, apresentando um gradiente decrescente no sentido da jusante. A produtividade fitoplanctônica oscilou entre 20,57 mgC.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup> a 1.746,82 mgC.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>, acompanhando o mesmo padrão da biomassa (clorofila *a*). A taxa de assimilação variou de zona oligotrófica (1,14) a eutrófica (47,5). Baseado na ACP a produção e biomassa fitoplanctônica correlacionou de forma direta com o material em suspensão e nutrientes e inversa com a transparência da água, salinidade e maré. Levando-se em conta os parâmetros, oxigênio, nutrientes, biomassa e produção fitoplanctônica, pode-se concluir uma forte ação antrópica sobre o ambiente, que vem aumentando com o passar dos anos e ocupação urbana.

**Palavras – chave:** Fitoplâncton, clorofila *a*, <sup>14</sup>C, nutrientes dissolvidos, zona estuarina.

#### ABSTRACT

The Timbo river estuary is located in the north coast of Pernambuco, in an area with intense fishing activity and strong anthropic pressure, mainly due to the launch of domestic and industrial effluents, and tourism. This article deals

with an analysis of the estuary environmental conditions, taking into account the spatial and temporal distribution of phytoplankton productivity, chlorophyll *a* and some hydrological variables. Water samples were collected

with a bottle of Kitahara during the dry season (Oct, Nov, Dec / 2002) and rainy (May, jun, jul / 2003) at low tide and high tide, at three fixed points (E1, E2 , E3) from downstream to upstream of the estuary. According to the results, the saturation rate of dissolved oxygen ranged from a semi-polluted area to supersaturated; the nutrient salts presented to be higher during the rainy season, at low tide and in the portion further upstream. the salinity regime varied from mesohaline to euhaline, chlorophyll *a* phytoplankton varied from 2.43 to 160,39 mg.m<sup>-3</sup>, presenting a decreasing gradient toward the downstream. Productivity phytoplankton fluctuated between 20.57 mgC.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup> to

1746.82 mgC.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>, following the same pattern of biomass (chlorophyll *a*). The assimilation rate ranged from the oligotrophic area (1,14) to eutrophic (47,5), classifying in general the environment as eutrophic. Based on ACP the productivity and biomass fitoplanktonic was correlated directly with the material in suspension and nutrients and inverse with the transparency of the water, salinity and tide. Taking into account the parameters, oxygen, nutrients, phytoplankton biomass and production, we can conclude a strong human action on the environment, which has been increasing over the years and urban occupation.

## INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes costeiros localizados entre os ecossistemas limnético e o marinho, sendo bastante complexos devido ao seu forte hidrodinamismo, podendo mostrar características limnética e marinha, o que termina por provocar um complexo sistema de interações entre a sua biota e os fatores abióticos (MIRANDA; CASTRO; KJERFEVE, 2002).

Esse tipo de ecossistema é altamente produtivo devido à presença de uma eficiente comunidade autotrófica, a qual é favorecida pela demanda de nutrientes advindas do fluxo das marés. O que torna esse ambiente atrativo para servir de habitação e berçário por diversas populações heterotróficas de suma importância ecológica, e muitas das quais, de alto valor econômico. Estas áreas são tidas ainda como grandes responsáveis pela fertilização das águas costeiras, funcionando muitas vezes como verdadeiras estações depuradoras naturais de esgotos, antes que eles sejam lançados ao mar, evitando ou retardando a poluição (MCLUSKY, 1989).

As alterações ambientais, a que estão submetidos os estuários refletem nos organismos neles presentes, em especial na comunidade fitoplanctônica, levando em conta que suas condições e necessidades metabólicas estão diretamente influenciadas pelas características hidrológicas, físicas e químicas local.

Sob a ação desses diversos fatores abióticos como também os bióticos esta comunidade apresenta variações espaço-temporais em sua composição, biomassa e produtividade, o que os leva a desempenhar um relevante papel socioeconômico e ecológico, visto que, formam a base da teia trófica tornando assim um dos principais produtores primários desses ambientes, além de excelentes bioindicadores das condições ambientais.

Diante do exposto, tornam de suma importância trabalhos que visem à caracterização e compreensão da estrutura e dinâmica desta comunidade juntamente com os parâmetros hidrológicos para que possa utilizar como ferramenta chave para avaliação ambiental.

Em virtude da importância pesqueira e turística do estuário do rio Timbó, optou-se por realizar o levantamento sobre a produtividade fitoplanctônica, com o objetivo de avaliar as condições e a capacidade produtiva do referido estuário.

## ÁREA ESTUDADA

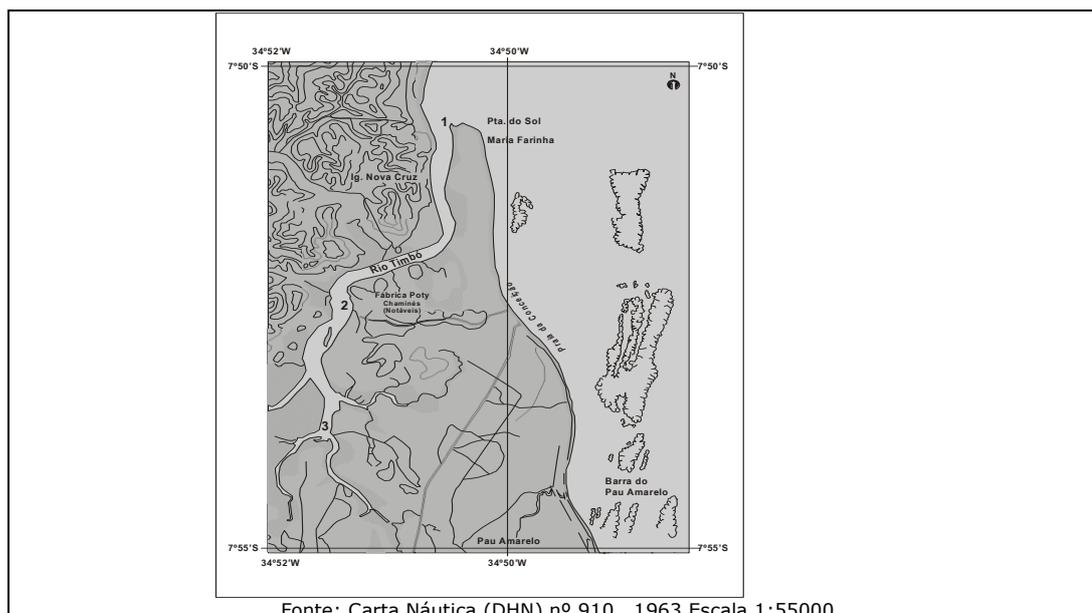
O rio Timbó está localizado no litoral norte do estado de Pernambuco entre os municípios de Abreu e Lima, Paulista e Igarassu, abrangendo uma área total de 9.246,41ha. O sistema fluvial estuarino está inserido entre as coordenadas de 7°50' – 7°55''S a 34°50' – 34°55'W, apresentando aproximadamente 15 km de vias navegáveis em preamar.

O estuário do rio Timbó é considerado como um dos mais férteis do estado, destacando-se como um dos principais contribuintes para a pesca artesanal de Pernambuco (CPRH, 2003).

A bacia do rio ostenta uma representativa atividade industrial, a exemplo de metalúrgica, têxtil, minerais não metálicos, produtos alimentícios, entre outros e turística, observando-se hotéis, casas de veraneio, marinas, e restaurantes as margens do estuário, além da ocupação e urbanização pela população ribeirinha (CPRH, 2001; FIGUEIREDO et al., 2007; NORONHA; SILVA; DUARTE, 2010). Essas atividades ocasionam uma forte ação antrópica, o que vem proporcionando ao longo do tempo a um impacto negativo no ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram determinados três pontos amostrais fixos no estuário, Estação1 (E1), na desembocadura/jusante; a E2 na porção intermediária; e a E3 a montante (Fig.01). As coletas foram realizadas durante três meses do período de estiagem (outubro, novembro e dezembro/02) e chuvoso (maio, junho e julho/03), durante a baixa-mar e preamar de um mesmo dia, em maré de sizígia. As amostras para as análises hidrológicas e biológicas foram coletadas na superfície utilizando-se uma garrafa de Kitahara. Para os parâmetros de temperatura e salinidade, foram coletados no meio da coluna d'água e próximo ao fundo (para averiguar estratificação na coluna d'água). A salinidade, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato e fosfato, foram determinados através de métodos específicos descritos por Strickland e Parsons (1972); para o silicato Grasshoff, Ehrardt e Kremeling (1983); a taxa de saturação do oxigênio utilizou-se a tabela da UNESCO (1973) correlacionando os dados de temperatura e salinidade; para o material particulado em suspensão na água, o método descrito por Melo, Summerhayes e Torner(1975); para a biomassa fitoplanctônica o método espectrofotométrico da UNESCO (1966) e a produtividade fitoplanctônica foi utilizado o método do  $^{14}\text{C}$  (STEEMANN-NIELSEN, 1952). Os dados da precipitação pluviométrica foram procedentes da Estação Meteorológica do Curado (INMET). Para o tratamento estatístico de todos os dados, foi realizada uma análise univariada através do programa ESTATISTICA e multivariada, utilizando o programa computacional NTSYS, a qual foi efetuada uma associação dos componentes principais ecofenética.



**Figura 1** – Mapa do estuário do rio Timbó com as localizações das estações de coleta.

## RESULTADOS

Os resultados pluviométricos referentes aos anos estudados registraram mínimos de 33,10mm em dezembro e 26,80mm em novembro, a máximos de 583,50 e 474,00mm, ambos em junho, com precipitação total anual de 2.484,70mm para 2002 e 2.159,70mm, para 2003, com um ciclo sazonal bem definido, onde as chuvas tendem a aumentar de março a agosto, caracterizando o período chuvoso, e os demais meses caracterizando o período de estiagem (setembro a fevereiro). Comparando-se o total de chuvas caídas durante os anos em estudo (2002/03) com a média histórica de 43 anos (1961 a 2003), registrada de 2.343,9mm, observou-se que os índices pluviométricos estiveram dentro do padrão, uma vez que na região oscila entre 1.850 a 2.364mm. (Fig. 2).

Para a transparência da água, os valores mais elevados ocorreram no período de estiagem, em ambas as marés, com máximo 2,60m na E2 em dezembro. Não foi observado grandes variações em relação as marés, onde a transparência decresce da estação 1 para a E3 durante a baixa-mar, com mínimo de 0,30m em maio, entretanto, para a preamar verificou-se um padrão inverso, onde na estação 3 ocorreram as maiores transparências da água (Fig. 03; Tab. 01). Tais padrões foram corroborados pela análise univariada, registrando valores significativos para o padrão sazonal ( $p= 0,00$ ), e estação/maré ( $p= 0,00$ ), conforme referenciado na tabela 3.

Foi observada uma nítida variação sazonal na temperatura da água para ambos os regimes de maré, com os valores mais elevados durante o período de estiagem. Especialmente, verificou-se um gradiente crescente em direção a estação 3, sendo mais nítido durante a baixa-mar. O valor mínimo registrado foi de 25,50°C nas estações E1 e E2, em julho/03, durante a baixa-mar, e o máximo foi de 30,00°C em todas as estações e marés em novembro e dezembro/02. Quanto à variação superfície/fundo esta não foi observada, indicando não haver estratificação térmica na coluna d'água. (Fig. 05; Tab. 01). Foram constatados valores significativos em relação aos períodos e marés ( $p= 0,00$ ), porém sem ocorrer para a espacialidade (Tab. 3).

A salinidade seguiu o mesmo padrão da temperatura, com nítida variação sazonal e teores mais elevados durante o período de estiagem. Especialmente, foi observado um gradiente decrescente na direção da estação 3, sendo ambos mais perceptíveis durante a baixa-mar. As variáveis período, espacialidade e maré mostraram alta significância ( $p=$

0,00), inclusive quando correlacionadas entre si. Os valores variaram de 11,00 na E3, em maio/03, durante a baixa-mar a 36,31 na E1, em dezembro/02, durante a preamar. Quanto à distribuição vertical salina, o ambiente demonstrou ser no geral verticalmente homogêneo, exceto, na estação 3, no mês de maio/03, durante a baixa-mar, sendo observada uma diferença na salinidade entre a superfície e o fundo. Segundo a classificação de Veneza (1958), o estuário apresentou zonas que variaram de eualino a mesoalino (Fig. 06; Tab. 01).

Os teores de oxigênio dissolvido e sua taxa de saturação não apresentaram um padrão sazonal definido, exceto a estação 3 na baixa-mar. Em sua maioria, os teores decrescem sentido a estação 3, em virtude de um maior aporte continental, sendo registrados mínimos de  $1,30\text{ml.L}^{-1}$  e 26,26%, em junho/03, durante a baixa-mar, e máximos de  $7,13\text{ml.L}^{-1}$  e 152,68%, na E1, em julho/03, durante a preamar, visualizando que as preamares obtiveram em sua maioria, os teores mais elevados (Fig. 07; Tab. 01). Através da análise univariada percebe-se que a maré e a localização dos pontos amostrais foram os fatores significantes para o referido parâmetro ( $p=0,00$ ).

No que se refere aos nutrientes ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SiO}_4^-$ ), foi observada uma discreta variação entre os períodos, com as concentrações um pouco mais elevadas durante o período chuvoso. Já para o fosfato, não foi visualizado um padrão sazonal nítido, e sim pequenas diferenças no decorrer dos meses estudados. Foi observado para todos os sais nutrientes um gradiente crescente sentido a E3, e concentrações mais elevadas durante as baixa-mares, exceto para o fosfato no mês de novembro, onde houve um acentuado decréscimo. As concentrações dos nutrientes oscilaram de valores indetectáveis para o nitrito,  $0,62\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o nitrato,  $0,23\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o fosfato, e  $6,77\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o silicato, todas na desembocadura do estuário (Est. 1), a picos máximos de  $1,87\mu\text{mol.L}^{-1}$ , na E2,  $6,62\mu\text{mol.L}^{-1}$ ,  $10,99\mu\text{mol.L}^{-1}$ ,  $3,79,14\mu\text{mol.L}^{-1}$ , na E3, para nitrito, nitrato, fosfato e silicato, respectivamente (Fig.08; Tab. 01). Pela análise de significância, os diferentes estágios de marés e pontos amostrais foram os determinantes nas variações dos nutrientes, com um  $p=0,00$  para todos os nutrientes em ambos os variantes, exceto para o nitrato, onde apenas os estágios de maré apresentou significância de 0,01 (Tab. 03).

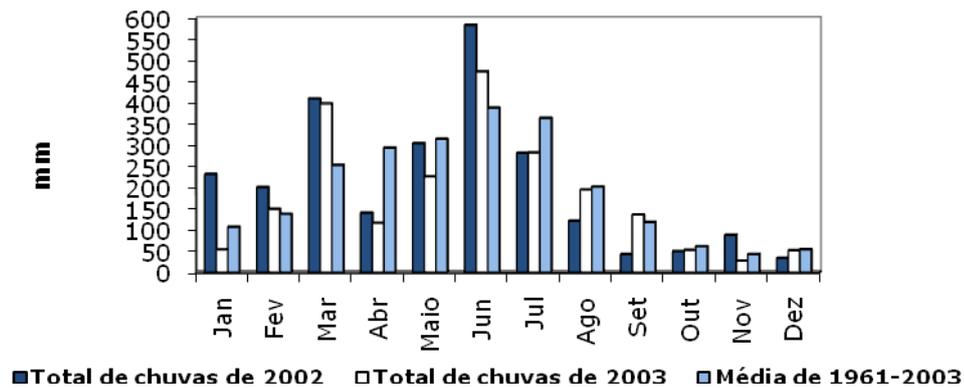
Com relação ao material em suspensão, não foi evidenciada diferença significativa nas concentrações médias dos períodos, sendo encontrado valor mínimo de  $2,80\text{mg.l}^{-1}$  na E1 em junho e máximo de  $29,60\text{mg.l}^{-1}$  na E3 em novembro, durante a baixa-mar. Especialmente mostrou gradiente crescente para a E3, durante a BM, já para a PM este padrão foi inverso, no geral com as maiores concentrações para as E1 e E2 (Fig. 04; Tab. 01).

Os teores de clorofila **a** mostraram uma nítida variação sazonal, com maiores concentrações no período chuvoso, sendo este padrão mais evidente na preamar. Já para a estação 3, em baixa-mar observa-se o inverso, em função de dois picos ocorridos durante os meses de novembro e dezembro/02, o que levou a altos valores médios. O ambiente apresentou um gradiente crescente para a estação 3, durante a baixa-mar, enquanto para a preamar, não foi observado. As concentrações oscilaram de  $2,43\text{mg.m}^{-3}$ , na E1, no mês de dezembro/02, a  $160,49\text{mg.m}^{-3}$ , na E3, no mês de novembro/02, ambas durante a BM. A estação 1, apresentou menores concentrações de clorofila **a**, possivelmente em função dos nutrientes chegarem mais diluídos (Fig. 09; Tab. 01). Em se tratando da análise univariada, ficou evidenciado que a principal variante que determinou a biomassa foi a espacialidade ( $p=0,00$ ), visto que, o período sazonal e a maré não apresentaram valores significativos, a não ser quando relacionados ao parâmetro estação - estação/maré  $p=0,00$  e estação/período  $p=0,04$  (Tab. 03).

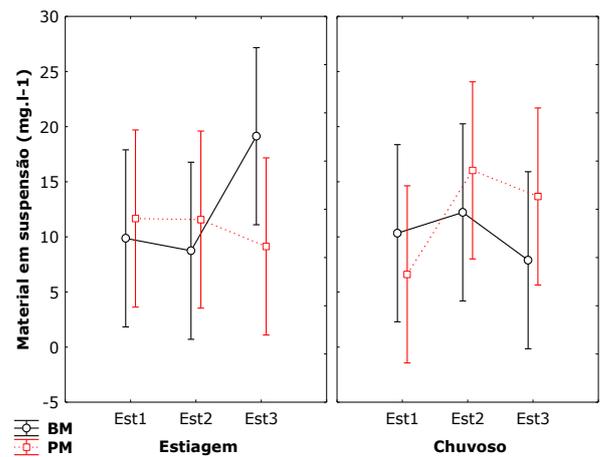
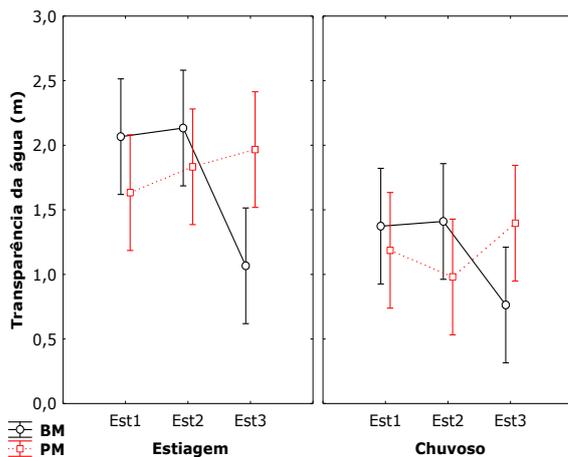
Para a produção fitoplanctônica, os valores variaram de  $20,57\text{mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$  no E1 em dezembro a  $1.746,82\text{mgC.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$  no E3 em novembro. Da mesma forma da biomassa, também apresentou uma nítida variação sazonal e espacial com maiores valores no período chuvoso e no sentido da montante do estuário, porém, não foi registrada diferença

significativa para tais variáveis (Tab. 3). Para a estação 3, foi observado dois picos durante o período de estiagem, caracterizando um padrão sazonal inverso para o referido ponto (Fig. 10; Tab. 01).

A taxa de assimilação variou de 1,14 em julho a 47,35 mgC mgChla<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> em junho ambas na estação 2, sem evidenciar significativa sazonalidade e espacialidade (p= 0,48 e 0,92 respectivamente). Percebe-se um destaque do ponto 2, onde foram registrados as maiores taxas (Fig. 11; Tab. 01).

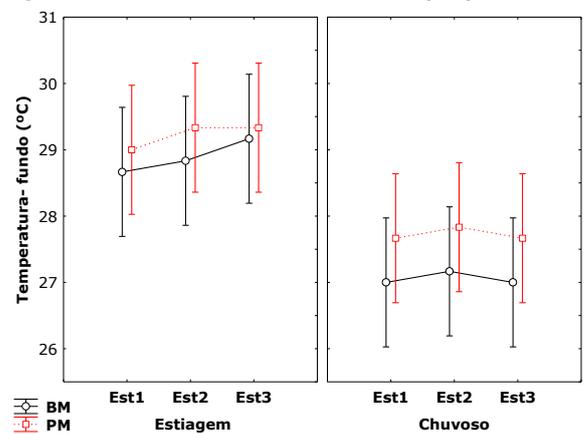
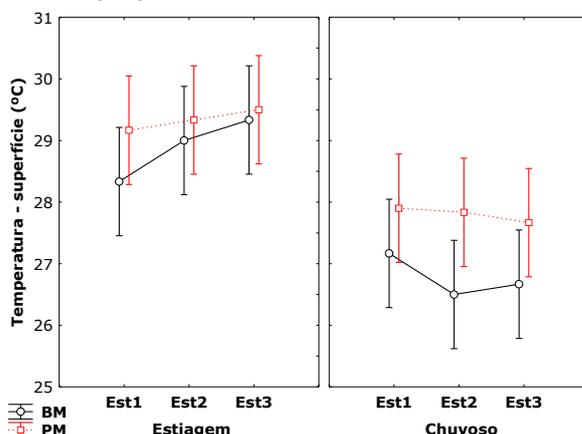


**Figura 2** – Índices pluviométricos dos anos de 2002 e 2003 para a região Norte de Pernambuco, comparados com a média histórica.

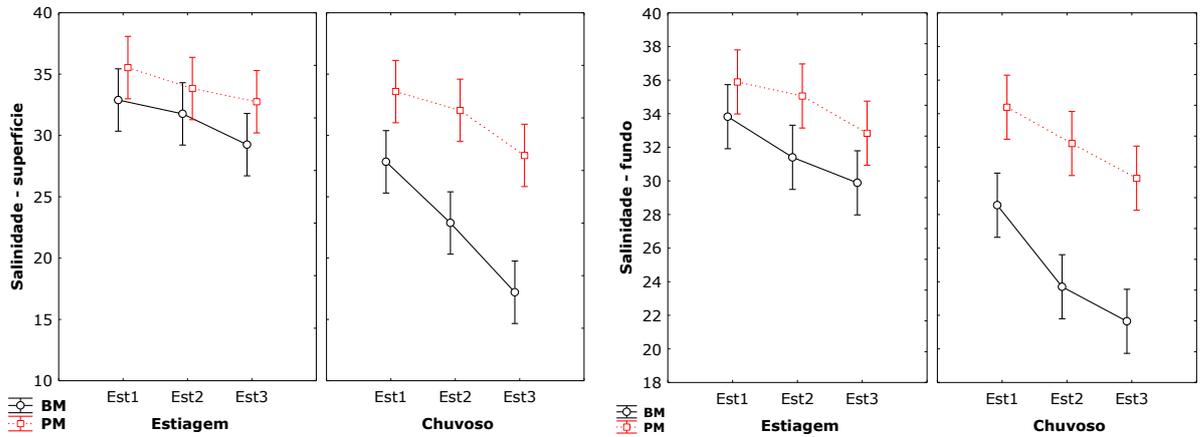


**Figura 3** – Variação espaço-sazonal da transparência da água no estuário do rio Timbó (PE).

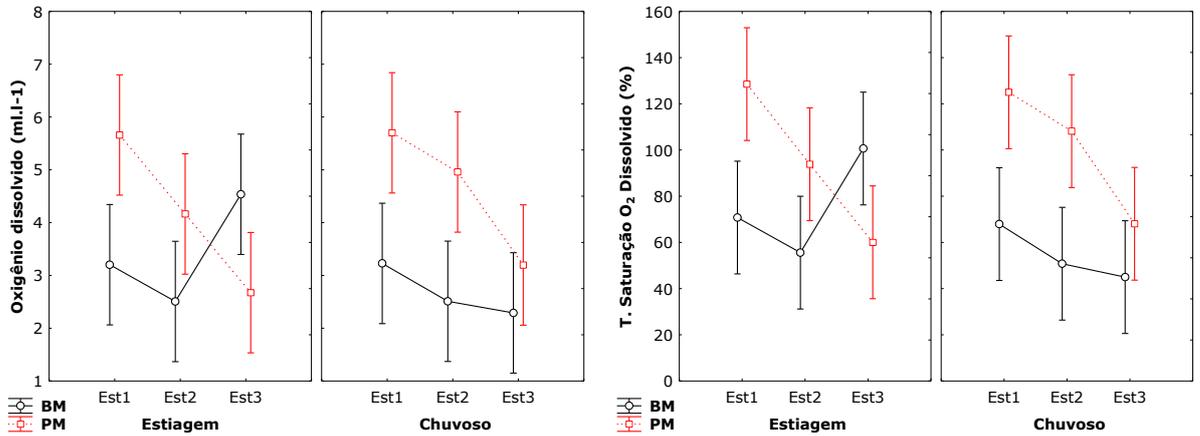
**Figura 4** – Variação espaço-sazonal do material particulado em suspensão na água no estuário do rio Timbó (PE).



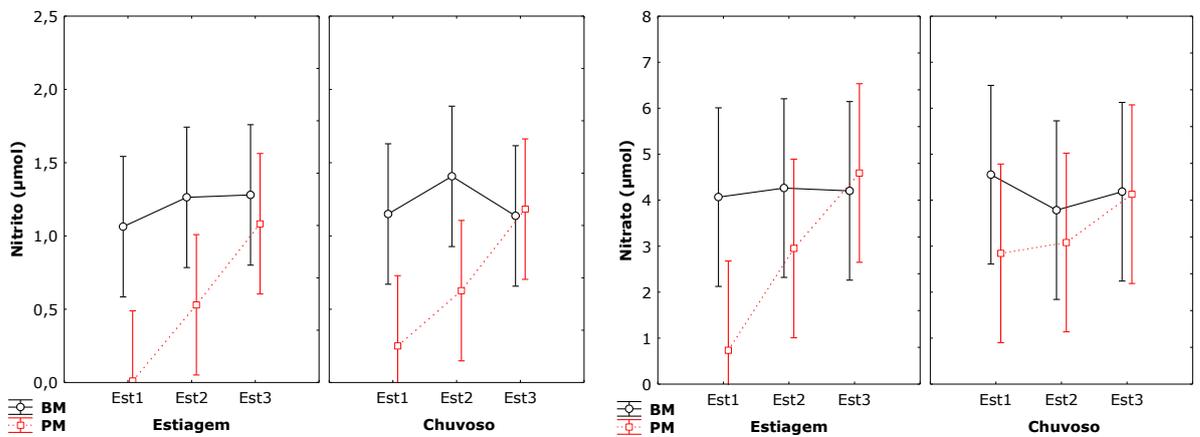
**Figura 5** – Variação espaço-sazonal da Temperatura da água na superfície e no fundo do estuário do rio Timbó (PE).

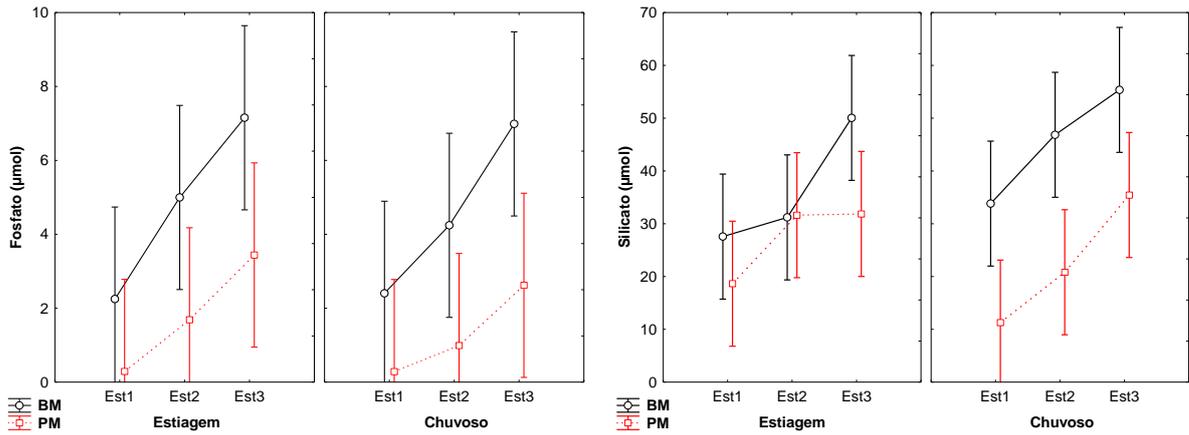


**Figura 6** – Variação espaço-sazonal da salinidade da água na superfície e no fundo do estuário do rio Timbó (PE).

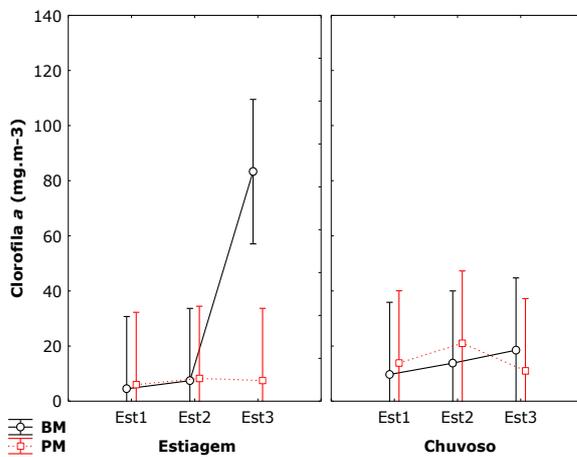


**Figura 7** – Variação espaço-sazonal do oxigênio dissolvido e sua taxa de saturação na água do estuário do rio Timbó (PE).

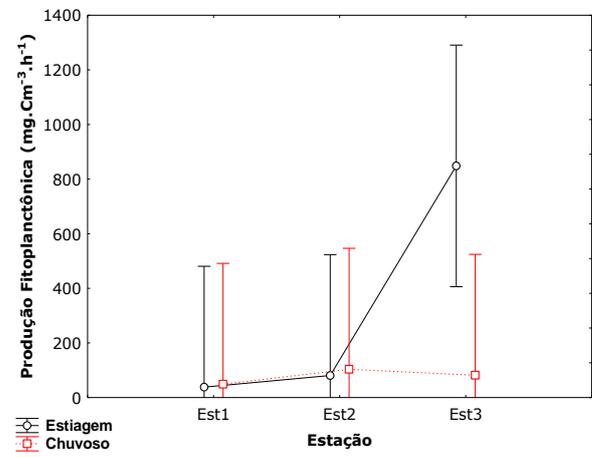




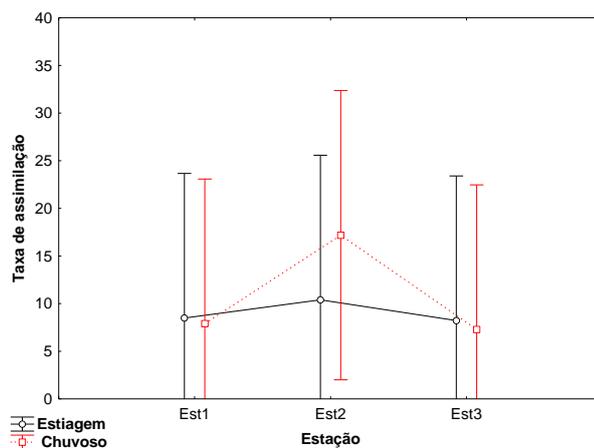
**Figura 8** – Variação espaço-sazonal dos nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato e silicato) no estuário do rio Timbó (PE).



**Figura 9** – Variação espaço-sazonal da clorofila *a* fitoplanctônica no estuário do rio Timbó (PE).



**Figura 10** – Variação espaço-sazonal da produção fitoplanctônica no estuário do rio Timbó (PE).



**Figura 11** – Variação espaço-sazonal da taxa de assimilação do fitoplanctônica no estuário do rio Timbó (PE).

**Tabela 1** – Valores mínimos, máximos, desvio padrão e média dos parâmetros analisados na estação 1 do estuário do rio Timbó, PE.

<b>ESTAÇÃO 1</b>														
<b>Periodo de Estiagem</b>														
		TP.	T°C	SAL	OD	Tx.OD	M.S	NO2	NO3	PO4	SIO2	BIO	P.P	Tx.A.
<b>BM</b>	Min	2,0	28,0	32,5	2,9	63,9	9,0	0,6	3,1	1,7	21,1	2,4	20,6	4,0
	Max	2,2	29,0	33,3	3,4	75,2	11,4	1,6	5,0	2,8	33,0	5,6	71,7	13,0
	DP	0,1	0,6	0,4	0,3	6,0	1,3	0,5	0,9	0,6	6,0	1,8	29,0	4,5
	Média	2,1	28,3	32,9	3,2	70,8	9,9	1,1	4,1	2,2	27,6	4,5	38,3	8,5
<b>PM</b>	Min	1,2	28,5	34,8	5,5	126,1	9,2	0,0	0,6	0,2	6,8	5,1	-	-
	Max	2,0	30,0	36,3	5,9	132,7	13,2	0,0	1,0	0,4	27,3	7,1	-	-
	DP	0,4	0,8	0,8	0,2	3,6	2,2	0,0	0,2	0,1	10,6	1,0	-	-
	Média	1,6	29,2	35,5	5,7	128,5	11,7	0,0	0,7	0,3	18,6	6,0	-	-
<b>TOTAL</b>	Min	1,2	28,0	32,5	2,9	63,9	9,0	0,0	0,6	0,2	6,8	2,4	20,6	4,0
	Max	2,2	30,0	36,3	5,9	132,7	13,2	1,6	5,0	2,8	33,0	7,1	71,7	13,0
	DP	0,3	0,7	1,3	1,3	29,6	1,7	0,6	1,8	1,0	10,8	1,3	29,0	4,5
	Média	1,9	28,8	34,2	4,4	99,7	10,8	0,5	2,4	1,3	23,1	5,3	38,3	8,5
<b>Periodo Chuvoso</b>														
<b>BM</b>	Min	0,9	27,0	27,7	2,4	50,4	2,8	0,8	2,6	1,9	32,1	4,0	29,6	2,9
	Max	1,7	27,5	28,1	3,9	82,6	23,4	1,5	5,6	3,0	35,9	15,0	69,4	17,6
	DP	0,5	0,3	0,2	0,8	16,3	11,4	0,4	1,7	0,6	1,9	5,5	19,9	8,4
	Média	1,4	27,2	27,9	3,2	67,9	10,3	1,2	4,6	2,4	33,8	9,7	49,0	7,9
<b>PM</b>	Min	1,0	27,5	30,2	4,7	104,3	5,6	0,0	0,9	0,2	10,3	6,0	-	-
	Max	1,6	28,2	35,6	7,1	152,7	8,0	0,6	5,7	0,3	12,4	26,9	-	-
	DP	0,3	0,4	3,0	1,3	25,0	1,2	0,3	2,6	0,0	1,2	11,4	-	-
	Média	1,4	27,9	33,6	5,7	125,0	6,6	0,3	2,8	0,3	11,7	13,9	-	-
<b>TOTAL</b>	Min	0,9	27,0	27,7	2,4	50,4	2,8	0,0	0,9	0,2	10,3	4,0	29,6	2,9
	Max	1,7	28,2	35,6	7,1	152,7	23,4	1,5	5,7	3,0	35,9	26,9	69,4	17,6
	DP	0,4	0,5	3,7	1,7	36,5	7,5	0,6	2,2	1,2	12,2	8,3	19,9	8,4
	Média	1,4	27,5	30,7	4,5	96,4	8,5	0,7	3,7	1,3	22,8	11,8	49,0	7,9
<b>ESTAÇÃO 2</b>														
<b>Periodo de Estiagem</b>														
		TP.	T°C	SAL	OD	Tx.OD	M.S	NO2	NO3	PO4	SIO2	BIO	P.P	Tx.Ass.
<b>BM</b>	Min	1,8	28,0	31,2	2,3	51,0	7,2	1,1	3,3	4,3	21,3	5,8	32,8	5,0
	Max	2,6	30,0	32,1	2,7	60,4	9,7	1,4	5,2	6,3	37,7	10,0	138,0	13,8
	DP	0,4	1,0	0,5	0,2	4,7	1,3	0,1	0,9	1,1	8,7	2,2	53,2	4,7
	Média	2,1	29,0	31,8	2,5	55,6	8,7	1,3	4,3	5,0	31,2	7,5	81,0	10,4
<b>PM</b>	Min	1,5	28,5	32,6	3,8	86,5	9,9	0,3	0,9	1,1	21,8	5,3	-	-
	Max	2,0	30,0	35,2	4,8	107,3	13,4	0,7	4,6	2,4	49,7	11,2	-	-
	DP	0,3	0,8	1,3	0,6	11,7	1,8	0,2	1,9	0,7	15,7	2,9	-	-
	Média	1,8	29,3	33,8	4,2	93,9	11,6	0,5	3,0	1,7	31,6	8,2	-	-
<b>TOTAL</b>	Min	1,5	28,0	31,2	2,3	51,0	7,2	0,3	0,9	1,1	21,3	5,3	32,8	5,0
	Max	2,6	30,0	35,2	4,8	107,3	13,4	1,4	5,2	6,3	49,7	11,2	138,0	13,8
	DP	0,3	0,8	1,3	1,1	24,2	1,9	0,5	1,8	2,0	12,8	2,0	53,2	4,7
	Média	2,0	29,2	32,8	3,3	74,7	10,2	0,9	3,6	3,3	31,4	7,8	81,0	10,4
<b>Periodo Chuvoso</b>														
<b>BM</b>	Min	0,8	25,5	21,5	2,2	45,0	4,2	0,6	1,9	3,2	41,6	5,0	21,5	1,1
	Max	1,8	27,0	25,3	3,0	59,0	27,0	1,9	5,5	5,9	53,3	18,9	236,7	47,3
	DP	0,5	0,9	2,1	0,4	7,3	12,8	0,7	1,8	1,5	5,9	7,7	116,1	26,1
	Média	1,4	26,5	22,9	2,5	50,8	12,2	1,4	3,8	4,2	46,8	13,8	104,0	17,2

<b>PM</b>	Min	0,8	27,5	29,9	4,0	88,7	6,5	0,2	1,2	0,8	17,4	15,1	-	-
	Max	1,4	28,0	33,4	5,8	126,4	25,3	0,9	4,1	1,3	163,1	25,2	-	-
	DP	0,3	0,3	1,9	0,9	18,8	9,4	0,3	1,6	0,3	81,0	5,3	-	-
	Média	1,0	27,8	32,0	5,0	108,2	16,0	0,6	3,1	1,0	69,8	21,1	-	-
<b>TOTAL</b>	Min	0,8	25,5	21,5	2,2	45,0	4,2	0,2	1,2	0,8	17,4	5,0	21,5	1,1
	Max	1,8	28,0	33,4	5,8	126,4	27,0	1,9	5,5	5,9	163,1	25,2	236,7	47,3
	DP	0,5	0,9	5,3	1,5	33,9	10,3	0,7	1,6	2,0	52,9	7,1	116,1	26,1
	Média	1,2	27,2	27,5	3,7	79,5	14,1	1,0	3,4	2,6	58,3	17,4	104,0	17,2

### ESTAÇÃO 3

#### Período de Estiagem

		TP.	T°C	SAL	OD	Tx.OD	M.S	NO2	NO3	PO4	SIO2	BIO	P.P	Tx.A.
<b>BM</b>	Min	0,8	28,0	28,5	2,0	41,9	11,8	1,1	3,5	0,3	43,9	14,0	55,1	4,0
	Max	1,4	30,0	30,1	6,7	147,7	29,6	1,6	5,4	11,0	56,1	160,4	1746,8	10,9
	DP	0,3	1,2	0,8	2,4	53,8	9,3	0,3	1,1	6,0	6,1	73,5	850,7	3,7
	Média	1,1	29,3	29,3	4,5	100,7	19,1	1,3	4,2	7,2	50,0	83,3	848,5	8,2
<b>PM</b>	Min	1,6	28,5	32,3	2,0	44,4	8,1	0,4	3,7	2,0	20,2	5,6	-	-
	Max	2,4	30,0	33,6	3,2	70,6	9,7	1,4	6,2	5,1	41,8	10,5	-	-
	DP	0,4	0,9	0,7	0,6	13,8	0,9	0,6	1,4	1,6	10,9	2,7	-	-
	Média	2,0	29,5	32,8	2,7	60,0	9,1	1,1	4,6	3,4	31,9	7,5	-	-
<b>TOTAL</b>	Min	0,8	28,0	28,5	2,0	41,9	8,1	0,4	3,5	0,3	20,2	5,6	55,1	4,0
	Max	2,4	30,0	33,6	6,7	147,7	29,6	1,6	6,2	11,0	56,1	160,4	1746,8	10,9
	DP	0,5	0,9	1,8	1,6	35,4	7,4	0,5	1,0	4,0	10,8	55,7	850,7	3,7
	Média	1,5	29,4	31,0	3,6	80,4	14,1	1,2	4,4	5,3	41,0	45,4	848,5	8,2

#### Período Chuvoso

<b>BM</b>	Min	0,3	26,0	11,0	1,3	26,3	6,2	1,0	3,0	4,2	42,5	7,0	50,1	2,5
	Max	1,0	27,5	21,3	3,4	67,6	10,3	1,3	6,6	10,1	79,1	28,3	114,9	16,5
	DP	0,4	0,8	5,5	1,1	20,9	2,1	0,1	2,1	3,0	20,6	10,8	32,4	8,0
	Média	0,8	26,7	17,2	2,3	45,0	7,9	1,1	4,2	7,0	55,4	18,5	82,0	7,3
<b>PM</b>	Min	0,9	27,0	26,1	3,0	65,5	5,0	0,5	1,9	1,8	28,0	11,5	-	-
	Max	1,8	28,0	29,6	3,3	70,0	19,6	1,6	5,4	3,8	39,6	14,3	-	-
	DP	0,4	0,6	2,0	0,1	2,3	7,7	0,6	1,9	1,1	6,4	1,6	-	-
	Média	1,4	27,7	28,4	3,2	68,1	13,7	1,2	4,1	2,6	35,4	12,4	-	-
<b>TOTAL</b>	Min	0,3	26,0	11,0	1,3	26,3	5,0	0,5	1,9	1,8	28,0	7,0	50,1	2,5
	Max	1,8	28,0	29,6	3,4	70,0	19,6	1,6	6,6	10,1	79,1	28,3	114,9	16,5
	DP	0,5	0,8	7,1	0,8	18,4	5,9	0,4	1,8	3,1	17,5	7,7	32,4	8,0
	Média	1,1	27,2	22,8	2,7	56,5	10,8	1,2	4,2	4,8	45,4	15,5	82,0	7,3

### ANÁLISE MULTIVARIADA – Análise dos Componentes principais (ACP)

De acordo com a ACP os três primeiros componentes explicaram 66,0% das variações ocorridas no ambiente, e a análise cofenética registrou um  $R= 0,75$ . Componente1, explicou 30,4% das variações e correlacionou positivamente os nutrientes (nitrito, nitrato, fosfato e silicato) e mostraram-se inversamente correlacionados com a maré, oxigênio dissolvido, taxa de saturação do oxigênio e a salinidade. Componente2, explicou 20,0% das variações, e correlacionou diretamente a biomassa e produtividade fitoplanctônica com o material em suspensão. Já o Componente3, explicou 15,6% das variações e correlacionou de forma inversa a pluviometria com a transparência, temperatura e o pH da água (Tab. 2).

**Tabela 2** – Peso e variância explicada pelas três primeiras componentes principais (CP) na análise dos parâmetros hidrológicos e biológicos trabalhados no estuário do rio Timbó (PE).

Parâmetros	Abreviaturas	CP1 (30,4%)	CP2 (20,0%)	CP3 (15,6%)
Pluviometria	PL	0.3566	0.2122	<b>0.7473</b>
Maré	MR	<b>-0.7609</b>	0.2077	0.1986
Transparência da Água	TP	-0.1950	0.3824	<b>-0.6912</b>
Temperatura da Água	T°C	-0.5061	-0.3168	<b>-0.6129</b>
Salinidade	SAL	<b>-0.8005</b>	0.0636	-0.3496
Potencial Hidrogeniônico	pH	-0.4635	-0.2855	<b>-0.4721</b>
Oxigênio Dissolvido	OD	<b>-0.7465</b>	-0.4314	0.3637
Taxa de Saturação do O <sub>2</sub>	TSOD	<b>-0.7833</b>	-0.4295	0.3077
Nitrito	NO <sub>2</sub>	<b>0.7839</b>	-0.1421	-0.2091
Nitrato	NO <sub>3</sub>	<b>0.5843</b>	-0.1266	-0.1019
Fosfato	PO <sub>4</sub>	<b>0.7067</b>	-0.0448	-0.3164
Silicato	SI	<b>0.3581</b>	-0.2939	0.2869
Material em Suspensão	MS	-0.0320	<b>-0.6087</b>	0.1973
Biomassa Fitoplanctônica	BIO	0.0469	<b>-0.9454</b>	-0.0919
Produtividade Primária	PP	0.2160	<b>-0.8966</b>	-0.1010

**Tabela 3** - Análise Univariada, Teste de significância dos parâmetros estudados.

Parâmetro	ANOVA FATORIAL (Teste de Significância)							
	P	Estação	Período	Maré	Est./Período	Est./Maré	Per./maré	Est./Per./Mar
TP	0,00	0,12	0,00	0,63	0,63	0,00	0,87	0,79
T°C. sup.	0,00	0,89	0,00	0,00	0,22	0,90	0,21	0,60
T°C. fundo	0,00	0,78	0,00	0,07	0,81	0,96	0,51	0,97
Sal. Sup.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,12	0,00	0,25
Sal. Fundo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,11	0,00	0,50
O.D.	0,00	0,00	0,61	0,00	0,37	0,00	0,07	0,17
TSOD	0,00	0,00	0,23	0,00	0,33	0,02	0,04	0,14
Nitrito	0,00	0,00	0,45	0,00	0,73	0,01	0,51	0,93
Nitrato	0,00	0,08	0,53	0,01	0,31	0,06	0,36	0,56
Fosfato	0,00	0,00	0,76	0,00	0,69	0,44	0,42	0,79
Silicato	0,00	0,00	0,84	0,00	0,83	0,34	0,06	0,26
MS.	0,00	0,48	0,27	0,60	0,49	0,53	0,34	0,32
BIO	0,00	0,01	0,15	0,30	0,04	0,00	0,09	0,23
PP	0,00	0,06	0,34	-	0,21	-	-	-
Tx. Assim.	0,00	0,92	0,48	-	0,99	-	-	-

## DISCUSSÃO

Para o litoral norte de Pernambuco, verificou-se que durante a realização deste trabalho, a pluviometria esteve dentro do padrão normal. Desta forma, evidenciou-se a influência sazonal sobre os parâmetros hidrológicos e biológicos no estuário do rio Timbó, condicionando menores temperaturas, salinidades e transparências da água, durante o período chuvoso, enquanto o silicato e material em suspensão obtiveram os maiores valores em virtude de uma maior lixiviação do solo e conseqüentemente maior quantidade de material em suspensão e nutrientes, diminuindo assim a camada fótica. Fato evidenciado pela análise dos componentes principais (ACP), percebendo que a pluviometria apresentou uma correlação direta com os nutrientes e inversa com a maré, salinidade e oxigênio dissolvido.

A influencia sazonal sobre os parâmetros hidrológicos e biológicos é fato comum nos diversos trabalhos realizados em zonas costeiras e estuarinas tropicais, a exemplo do relatado por Lacerda et al. (2004), no estuário do rio Botafogo e Branco, (2008), no complexo estuarino de Barra das Jangadas.

Em se tratando da transparência da água, houve um padrão sazonal e espacial definido, condicionado pelo regime pluviométrico, de acordo com o relatado anteriormente. Entretanto, foi percebido um padrão incomum em relação aos regimes de mares em certos meses, ocorrendo as maiores transparências nas baixa-mares. Este padrão esteve relacionado às atividades de dragagens, fato ocorrente durante todo período de estudo. De uma forma geral, não podemos descartar o hidrodinamismo local, condicionado pela turbulência das ondas e correntes de marés e a constante movimentação de embarcações turísticas e pesqueiras no estuário.

Para Feitosa et al. (2014), o estuário do rio Timbó, caracterizou-se como raso, e segundo os autores, esse fato esteve associado ao forte processo de assoreamento provocado pela subtração da vegetação de mangue para a especulação imobiliária e industrial na área. Relataram também, que o forte hidrodinamismo local, a constante movimentação de embarcações, a emissão de poluentes, a topografia local e à atividade industrial podem ser citados como os principais fatores que levaram ao aumento do MPS.

De acordo com a ACP, a transparência da água no estuário do rio Timbó apresentou uma alta correlação inversa com material em suspensão, biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) e silicato, fato já esperado, visto que estes fatores em grandes concentrações atenuam a coluna d'água.

A temperatura juntamente com a salinidade são parâmetros importantes para serem analisados em estudos de ecossistemas aquáticos e suas comunidades. Visto atuarem de forma direta na atividade biológica - retardando ou acelerando o metabolismo, condicionando padrões ecológicos, estabelecimento das espécies adaptadas as variações salinas, ou podendo, ainda, criar barreiras físicas no ambiente aquático, limitando a distribuição dos nutrientes e de algumas espécies.

O gradiente crescente da temperatura registrado no estuário do rio Timbó, durante as baixa-mares e no sentido da montante, deve-se a dois processos encontrados no ambiente: o fundo tornar-se mais lamoso e reter melhor o calor recebido, e aos bancos arenosos expostos na porção intermediária do estuário, e assim cedendo calor para a água.

Não foi evidenciada acentuada estratificação térmica na coluna d'água, estando este fato associado a pouca profundidade local, bem como a circulação estuarina, o que permitiu uma distribuição vertical homogênea.

Baseado na ACP, a temperatura da água correlacionou-se de forma inversa com a pluviometria e profundidade. Visto que, a pluviosidade exerce papel preponderante para amenizar a temperatura atmosférica, e assim sendo, provoca a queda da temperatura da água dos ecossistemas aquáticos.

Padrão semelhante foi observado por Costa e Macêdo (1987/89); Silva (1989) e Noronha, Silva e Duarte (2010) todos no estuário do rio Timbó (PE); Honorato da Silva (2003) no estuário do rio Formoso (PE);

A salinidade mostrou uma variação sazonal mais marcante durante a baixa-mar, em função da pluviometria e do fluxo de água doce carregado nesta maré. O fato do estuário ter sido classificado como bem misturado, deve-se a hidrodinâmica e a geomorfologia local, tendo sido evidenciado uma correlacionou-se positivamente com a maré, oxigênio dissolvido e taxa de saturação do oxigênio dissolvido, e negativamente com os nutrientes.

Vale salientar, que o padrão de distribuição da salinidade no estuário do rio Timbó durante o período estudado assemelhou-se com o que foi observado anteriormente por Costa e Macêdo (1987/89) e Silva (1989) e os mais recentes, registrados por Noronha, Silva e Duarte (2010) e Feitosa et al. (2014).

Para o oxigênio, foram observadas oscilações ao longo do período estudado, salientando que as maiores concentrações durante as preamares foram em virtude das águas serem mais limpas, com menores concentrações de matéria orgânica, e mais oxigenadas devido ao efeito de circulação e mistura. No entanto, houve picos durante a baixa-mar no período seco ocasionados por uma maior produção deste gás pela comunidade fitoplanctônica, visto que, estes picos coincidiram com as maiores medições de biomassa e produção algal.

Também em estudo no estuário do rio Timbó, Noronha, Silva e Duarte (2010) encontraram picos de OD ( $13,3 \text{ ml.L}^{-1}$ ) indicativos de atividade fotossintética associado ao lançamento de efluente de esgoto doméstico.

Segundo Figueiredo et. al. (2007), a concentração de OD e sua taxa de saturação são parâmetros dependentes da interface entre a lâmina d'água e a atmosfera, da taxa fotossintética, e da biodegradação da matéria orgânica. Quando esta última é alta, ocorre demanda de oxigênio pelas bactérias decompositoras.

De acordo com a classificação de Macêdo e Costa (1978), pode-se dizer que o estuário do rio Timbó variou de zona semipoluída a supersaturada, prevalecendo, entretanto, à de baixa saturação. O registro de zona semipoluída na porção mais interna do estuário está diretamente associado a crescente ação antrópica sobre o meio, principalmente através do lançamento de efluentes domésticos e industriais. Tal padrão também foi detectado e relatado pela CPRH (2001), onde valores críticos e fora do padrão estabelecido pelo CONAMA foram encontrados na bacia hidrográfica do rio Timbó e Arroio Desterro, Por Noronha, Silva e Duarte (2010) e por Feitosa et al. (2014) na área estuarina do rio.

Quando comparados a estudos antigos, a exemplo, Costa e Macêdo (1987/89), não relataram em nenhum momento índices de zona semipoluída para o mesmo estuário, variando sua classificação entre zona supersaturada e de baixa saturação. Baseado neste fato, percebe-se que o estuário do rio Timbó teve uma sensível redução na qualidade de suas águas.

No sistema estuarino do rio São Francisco (SE), Souza et al. (1999), reportaram que apesar da grande carga de dejetos que o rio recebe, o oxigênio dissolvido apresentou altos teores, uma vez que o rio drena um grande volume de água e a correnteza permite uma rápida circulação, e assim, classificado como zona sem poluição. O mesmo padrão de classificação também foi reportado por Grego e colaboradores (2009), para o estuário do rio Ariquinda, onde 80% das amostras apresentaram concentrações saturadas de oxigênio, e os autores associaram a uma carga reduzida de despejos orgânicos no ambiente.

No estuário do rio Timbó, as diferenças nas concentrações dos nutrientes foram evidenciadas pelos regimes pluviométricos e principalmente pelas diferenças de marés, estando sempre as maiores concentrações associadas às baixa-mares, em virtude destas carrearem sais nutrientes através da drenagem terrestre e matéria orgânica derivadas de efluentes industriais e domésticos, além da própria fonte autóctone, através do *turnover* dos elementos.

Em relação aos dois compostos nitrogenados, visualizaram-se concentrações mais elevadas do nitrato em função da rápida oxidação do nitrito, cujo fato, do primeiro ser mais estável. As concentrações desses elementos, particularmente o nitrito, visto que este é rapidamente convertido em nitrato, são indicativas de cargas excessivas de matéria

orgânica, notadamente, na porção à montante, sendo estes aportes atribuídos a grande demanda de nutrientes de fontes alóctones, principalmente despejos domésticos e industriais.

Em se tratando das concentrações do fósforo na área estudada do rio Timbó, foi registrado altas concentrações durante a baixa-mar, não sendo registrado significativa variação sazonal, apresentando durante todo o período maiores concentrações na estação à montante. O fosfato parece ser o principal nutriente absorvido, assegurado por sua drástica redução no período de maior aferição da clorofila *a* (no período de estiagem na baixa-mar).

De acordo com o CONAMA (1986) o aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, tem como consequência o aumento da produção primária, que induz a uma aceleração dos processos de eutrofização dos ecossistemas aquáticos.

Este padrão foi também registrado por Figueiredo et al. (2007) no estuário do rio timbó, indicando que seus influxos são de origem continental e contribuem para uma eutrofização. Os autores relataram ainda, que o estuário encontra-se na situação de "poluído", mas que, apesar disso, sua situação ainda não é comparável com áreas francamente comprometidas, a exemplo da Bacia do Pina, estudada por Feitosa et al. (1999).

Pöder et al. (2003), em estudo na boca do rio Daugava na abertura do mar Báltico, relatou uma correlação da biomassa algal com DOP (fosfato orgânico dissolvido) durante o verão, no entanto para a primavera não foi evidenciada esta correlação, os autores observaram ainda que o fosfato parece ter sido o nutriente limitante para esta comunidade.

Em relatório realizado pela CPRH (2001), foi constatado não só valores críticos de oxigênio dissolvido e DBO, como também altos valores de coliformes fecais, amônia e fósforo, registrando padrões fora do estabelecido pelo CONAMA, na bacia do rio Timbó e Arroio Desterro, ressaltando o elevado grau de poluição orgânica causada por efluentes domésticos e industriais.

No estuário do rio Timbó, o silicato apresentou uma correlação direta com a biomassa fitoplanctônica e com o material em suspensão e inversa com a transparência da água. Fato já esperado, visto que, o silicato é um nutriente de origem continental e geralmente apresenta um padrão sazonalidade definido, com maiores teores no período chuvoso.

Ao compararmos os resultados aqui obtidos com os pretéritos coletados por Costa e Macêdo (1987/89), e os atuais por Figueiredo et al. (2007), verificou-se que quase não houve diferença no padrão de distribuição do silicato e nas suas concentrações.

No estuário do rio Timbó, verificou-se que de uma forma geral, não houve diferenças acentuadas para o material em suspensão durante o período estudado, provavelmente associado à atividade de dragagem observada durante o estudo, bem como à topografia do estuário, que possui bancos arenosos na sua porção intermediária e pouca profundidade local.

Segundo Varela e Prego (2003), atividades antrópicas, como dragagem, ocasionam distúrbios no ambiente, através de ressuspensão dos sedimentos os quais são ricos em despejos urbanos e industriais como também em nutrientes, causando enriquecimento na coluna d'água, conforme foi observado no rio Timbó.

Fato interessante a mencionar, foi que no período de estiagem no mês de novembro ocorreu um pico na baixa-mar coincidindo com o pico de biomassa fitoplanctônica o que nos leva a supor que este material em suspensão teve uma maior procedência biológica.

A determinação da biomassa fitoplanctônica através da clorofila *a*, é um dos métodos mais precisos, de fácil aplicabilidade e baixo custo, possibilitando avaliar a comunidade dos produtores primários aquáticos, além do que, a clorofila é considerada uma variável que reflete a resposta do fitoplâncton às condições da água e, especialmente ao enriquecimento (BASTOS, 2002).

Como também para Edwards, Tett e Jones (2003), o entendimento da dinâmica relação entre o suprimento de nutrientes e a formação da biomassa fitoplanctônica é importante para prever e evitar eutrofizações marinhas.

Em se tratando da biomassa e produtividade fitoplanctônica medida no estuário do rio Timbó, foi observada uma tendência para maiores concentrações durante o período chuvoso e na estação a montante, apesar desse caráter, picos ocorridos durante o período seco elevou a média mascarando o padrão sazonal do ambiente. Houve um discreto destaque nos valores de biomassa medidos nas amostras das preamaras, registrando concentrações ligeiramente mais elevadas, em decorrência de uma melhor qualidade ótica da água, associada a quantidades suficientes de nutrientes. No mais, os menores valores foram registrados nas estações mais próximas do mar e no período de estiagem, em virtude de uma menor disponibilidade dos nutrientes, fato bem caracterizado pelo ponto 1.

Essas concentrações mais elevadas durante a preamar e/ou período seco, é estabelecida por ambientes que já demonstram sofrer ação antropogênica, onde a referida maré e o período anual assumem papéis preponderantes, favorecendo uma maior diluição dos nutrientes e transparência da água, resultando conseqüentemente, em uma alta biomassa e produtividade da comunidade fitoplanctônica.

Segundo Figueiredo et al. (2007) os elevados valores de biomassa registrados na área estuarina do rio Timbó, indicam processos intensos de fertilização via aportes fluviais, enriquecidos por efluentes antrópicos, esses influxos resultam em altos níveis de biomassa que elevam o grau trófico local.

Varela e Prego (2003), no Porto de La Coruña (Espanha) relatam que a ação antrópica se fez presente, encontrando concentrações altas de clorofila durante todo o ano exceto para a estação de inverno. Diferentemente, foi relatado por Bastos (2002), no estuário do rio Una (PE), Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE), Grego et al. (2009), no estuário do rio Ariquindá, os quais associaram as maiores aferições da clorofila *a* aos maiores índices pluviométricos.

Para alguns estuários do nordeste, inclusive impactados, é notório a alta produtividade fitoplanctônica, a exemplo da bacia do Pina, onde Feitosa et Passavante (1991/93) registraram uma produtividade primária de 756, 21 mgCm<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>, a qual é considerada muito alta, porém este valor foi inferior ao encontrado no estuário do rio Timbó. Os autores reportaram o ecossistema como poluído, principalmente por efluentes domésticos.

Para Wu e Chou (2003) o desequilíbrio no suprimento dos nutrientes como resultado do incremento de águas poluídas é a possível causa da diminuição na produtividade primária nas últimas décadas para o estuário do rio Tamsui (Taiwan). Já para o estuário do rio Timbó, apesar do impacto ambiental, a intrusão de águas marinhas reestabelece a condição natural do ecossistema.

Diferente do encontrado no Timbó, Grego e colaboradores (2009) registraram valores de produtividade fitoplanctônica bem mais baixos para o estuário Ariquindá, haja vista, esse ambiente ter sido considerado pelos autores como pouco impactado.

Por esses motivos, taxas de produtividade fitoplanctônica têm sido incluídas como um dos componentes de estados tróficos para avaliações de ecossistemas aquáticos (Smith 2007).

Vale ressaltar que os valores de produtividade fitoplanctônica medidos no presente trabalho (20,57 a 1.746,80 mgC.m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>) estiveram bem mais elevados dos que foram registrados por Silva (1989) (5,61 a 211,38 mgC m<sup>-3</sup>.h<sup>-1</sup>) o que nos leva a crer que a pressão antrópica sobre o ambiente estuarino aumentou consideravelmente com o passar dos anos, com a ocupação humana no entorno da área estudada.

O estuário do rio Timbó pôde ser classificado como eutrófico, embora tenha variado de oligotrófico a eutrófico nos diferentes períodos amostrais. Padrão diferente foi relatado por Feitosa e Bastos (2007) para a zona costeira do Rio Grande do Norte, sob a influência do rio Maxaranguape e para Grego et. al. (2009), no estuário do rio Ariquindá, onde o ambiente foi classificado como mesotrófico, em virtude da pequena ação antrópica local.

## CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, foi possível perceber que o estuário do rio Timbó vem sofrendo forte ação antrópica, que vem aumentando com o passar dos anos. Este aumento da pressão humana sobre o referido sistema tem sido refletido sobre a comunidade fitoplanctônica aumentando a produtividade, a biomassa, assim como os teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos e comprometendo a qualidade ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, R. B. **Variação espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros abióticos no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil)**. Recife, PE: 2002. 56f. Monografia (Graduação em Biologia) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 2002.
- BRANCO, E. S. **Influência das variáveis ambientais na comunidade fitoplanctônica estuarina**. Recife, Editora Universitária, 2008. 266p.
- CPRH - COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte**. Recife, 2001. 254p.
- CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Recursos Hídricos Superficiais**. 2003. Disponível em: <http://www.cprh.com.br/>, acessado em 14 de novembro de 2015.
- CONAMA 1986. Resolução N°20 , de 18/06/1986. Brasília, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 92p. 1986
- COSTA, K. M. P., MACEDO, S. J. Estudo Hidrológico do Rio Timbó. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 20, p. 7-34, 1987/89.
- EDWARDS, V. R.; TETT, P.; JONES K. J. Changes in the yield of chlorophyll a from dissolved available inorganic nitrogen after an enrichment event .applications for predicting eutrophication in coastal waters. **Continental Shelf Research**. p.1-15. 2003
- FEITOSA, F. A. do N.; BASTOS, R. B. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema costeiro de Maracajaú – RN. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 40, n.2, p. 26-36, 2007.

FEITOSA, F. A. do N.; MONTES, M. J. F.; MELO, D. C. M.; SANTANA, J. R.; SILVA, L. M.; FILHO, S. J. Condições ambientais do estuário do rio Timbó (PERNAMBUCO-BRASIL): Biomassa fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, n.2, p. 156-169, 2014.

FEITOSA, F. A. do N.; PASSAVANTE, J. Z de O. Variação sazonal da biomassa primária do fitoplâncton na Bacia do Pina (Recife- Pernambuco – Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 22, p. 65-82, 1991/93.

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

FIGUEIREDO, J. A. et al. Evolução físico-química de águas do estuário do rio Timbó, Pernambuco: uma caso de reavaliação ambiental (1984 e 2003). **Estudos Geológicos**, Recife, v. 17, n. 1, p. 85-104, 2007.

GRASSHOFF, K., EHRARDT, M.; KREMELING, K. **Methods of sea water analysis**. 2 ed. New York: VerlagChemie, 1983. 317 p.

GREGO, C. K. S. et al. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica**, Porto Alegre, v. 31, n. 2, p. 183-198, 2009.

HONORATO DA SILVA, M. **Fitoplâncton do estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil): biomassa, taxonomia e ecologia**. Recife, PE: 2003. 131f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

LACERDA, S. R. et al. Phytoplankton nictemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil). *Brazilian Journal of Biology*. São Carlos, v. 64, n. 1, p. 81 – 94, 2004.

MACÊDO, S. J.; COSTA, K. M. P. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco - Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 30, n. 7, 368 p. 1978.

McLUSKY, D. S. **The estuarine ecosystem**. 2.ed. Glasgow. Blackie and Sons Ltda. 1989, 215p.

MELO, U., SUMMERHAYES, C. P., TORNER, L. G. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3/4, p. 115-127, 1975.

MIRANDA, B. M.; CASTRO, B. M.; KJERFEVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: EdUSP, 2002.

NORONHA, T. J. M.; SILVA, H. K. P.; DUARTE, M. M. M. B. Avaliação dos impactos antrópicos e a qualidade da água do estuário do Rio Timbó, Pernambuco, Brasil. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, Recife, v. 2, n. 1, fev/2010.

PÖDER T. et al. The role of inorganic and organic nutrients on the development of phytoplankton along a transect from the Daugava River mouth to the Open Baltic, in spring and summer 1999. **ICES Journal of Marine Science**. v. 60, 827 -835, 2003.

SILVA, J. V. **Produção Primária do Fitoplâncton do Estuário do Rio Timbó (Paulista-PE)**. Recife, PE: 1989. 83 f. Dissertação (Mestrado em Criptógamos) – Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pernambuco, 1989.

SMITH, V. H. Using primary productivity as an index of coastal eutrophication: the units of measurement matter. *Journal Plankton Research*, New York, v. 29, n.1, p. 1 - 6, 2007.

SOUZA, M. R. M. et al. Hidrologia e fitoplâncton do sistema estuarino do rio São Francisco, nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 27, n. 1, p. 15-31, 1999.

STEEMANN-NIELSEN, E. The use of radio-active carbon ( $C^{14}$ ) for measuring organic production in the sea. *Journal du Conseil Permanent International Pour L'Exploration de la Mer*, Copenhagen, v. 18, n. 2, p. 117 - 140, 1952.

STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A Practical handbook of seawater analysis. 2 ed. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 167, p. 207-211, 1972.

UNESCO. **Determination of photosynthetic pigments in seawater**. Raport of SCOR/UNESCO, working group 17 with meet from 4 to 6 June 1964. Paris: (monography on Oceanography Methodology, 1). Paris, 69 p. 1966.

UNESCO. **International Oceanographic Table**. Wormly: Unesco, 1973. V. 2, 141p.

VARELA, M., PREGO, R. Hydrography and phytoplankton in an isolated and non-pristine ria area: the A Coruña Harbour (NW Spain). **Acta Oecologica**. v. 24, 113-124. 2003.

VOLLENWEIDER, R.A.; TALLING, J.F.; WESTLAKE, D.F. 1974. **A manual in method for measuring primary production in aquatic environments**. 2ª edição, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1974. 225p.

WU, J. T.; CHOU, T. L. Silicate as the limiting nutrient for phytoplankton in a subtropical eutrophic estuary of Taiwan. **Estuarine Coastal Shelf Science**. V. 58. P. 155 - 162, 2003.