

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/283343865>

O AUMENTO DA DIVERSIDADE DE PEIXES NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS DURANTE O EPISÓDIO EL NIÑO 1997-1998

ARTICLE · JANUARY 1997

READS

5

3 AUTHORS, INCLUDING:



[Alexandre Garcia](#)

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

62 PUBLICATIONS 570 CITATIONS

SEE PROFILE

O AUMENTO DA DIVERSIDADE DE PEIXES NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS DURANTE O EPISÓDIO *EL NIÑO* 1997-1998.

ALEXANDRE MIRANDA GARCIA^{1,2} & JOÃO PAES VIEIRA¹

¹ Fundação Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Departamento de Oceanografia, Laboratório de Ictiologia, C. P. 474, CEP 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil.

² Curso de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, e-mail: amgarcia@mikrus.com.br

RESUMO

O *El Niño* está associado com excesso de chuvas no sul do Brasil e aumento na descarga continental, acarretando alterações no regime de salinidade em estuários. Este trabalho descreve as mudanças na diversidade e composição de espécies da assembléia de peixes do estuário da Lagoa dos Patos antes, durante e depois do *El Niño* 1997-1998. Vinte arrastos de praia foram realizados em quatro pontos do estuário entre agosto de 1996 e agosto de 2000. As espécies foram agrupadas em: estuarino residentes (RESI), estuarino dependentes (DEPE), visitantes marinhos (MARI) e visitantes de água doce (DOCE). A diversidade foi calculada usando H' , a riqueza de espécies pelo método de rarefação $E(S_n)$, a equitatividade pelo índice $Evar$, e os intervalos de confiança (95%) foram obtidos por *bootstrap*. Durante o *El Niño*, caracterizado por excesso de chuvas e baixa salinidade no estuário, ocorreu aumento na diversidade de peixes, principalmente pelo marcado aumento do número de espécies do grupo DOCE no estuário, e também devido a queda na abundância dos dominantes RESI e DEPE. Estudos englobando outros episódios *El Niño* são necessários para comparar os resultados e testar as hipóteses propostas no presente trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: ictiofauna, diversidade, estuário, ENOS, *El Niño*.

ABSTRACT

The increase in diversity of the fish estuarine assemblage in the Patos Lagoon estuary during the *El Niño* 1997-1998 event.

The *El Niño* phenomenon causes higher than average rainfall in southern Brazil and directly affects river discharge, which changes salinity in estuaries. This work analyzes species composition and species diversity in the Patos Lagoon estuary before, during, and after the 1997-1998 *El Niño*. A total of 20 hauls were made monthly at four beach station from August 1996 to August 2000 using beach seine hauls. Species were grouped as follows: estuarine resident (RES), estuarine dependent (DEP), marine vagrant (MAR) and freshwater vagrant (FRE). Species diversity was evaluated by H' index, species richness by rarefaction method and evenness by the $Evar$ index. Confidence intervals were obtained by bootstrap method. Rainfall exceeded the average and salinity was lower than average during the *El Niño* event. Fish species diversity was higher in Patos Lagoon estuary during the EN, and this was strongly influenced by an increase in the number of freshwater species, and in less extent, due to an increase in species evenness. Others studies including more *El Niño*

episodes are important in order to compare and to test the results and the hypotheses obtained in this work.

KEY-WORDS: ichthyofauna, fish diversity, estuary, ENSO, *El Niño*

1 – INTRODUÇÃO

O fenômeno *El Niño* é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Oriental, que ocorre em intervalos irregulares de 3 – 7 anos (Philander 1990). O evento *El Niño* em 1997-1998, foi por algumas medidas, o mais forte já registrado (McPhaden 1999a, 1999b), e seus enormes impactos climáticos e biológicos foram observados em várias partes do mundo e em diferentes ecossistemas e sistemas biológicos: rios (Villar & Bonetto 2000), recifes de corais (Glynn et al. 2000, Spencer et al. 2000), ambientes pelágicos (Gonzales et al. 2000, Sanchez-Velaso et al. 2000), comunidades (Swales et al. 1999, Davis 2000) e populações (Lyver et al. 1999, Bradshaw et al. 2000, Grant et al. 2000). Devido a suas características e a magnitude dos seus efeitos, os eventos *El Niño* representam uma grande oportunidade para comparações ecológicas naturais em múltiplos níveis hierárquicos e numa ampla escala geográfica, e efetivamente podem ser utilizados como experimentos ecológicos de campo de caráter regional e global (Polis et al. 1997, Grant et al. 2000).

A ocorrência de episódios *El Niño* esta fortemente associada a excesso de chuvas no sul do Brasil, Uruguai e Argentina (Ropeleswki & Halpert 1987, 1989, Grimm et al. 1998, Grimm et al. 2000), afetando diretamente a vazão da água e a descarga continental nos maiores rios da região (Mechoso & Iribarren 1992, Diaz et al. 1998). Uma elevada descarga de água doce pode alterar o regime de salinidade e circulação da água em estuários e regiões costeiras (Winemiller & Leslie 1992, Binet et al. 1995, Crivelli et al. 1995), o que por sua vez, afeta os ciclos biogeoquímicos e de produção primária (Ciotti et al. 1995, Yin et al. 1997). Assim, os eventos *El Niño* que tem origem no Pacífico Equatorial podem influenciar, através das suas teleconexões atmosféricas, assembléias de peixes e pescarias em rios, estuários e águas costeiras em diferentes regiões (Fiedler et al. 1986, Mysak 1986, Swales et al. 1999, Sanchez-Velaso et al. 2000).

A ictiofauna do estuário é constituída de cerca de 110 espécies, sendo que muitas destas permanecem na região apenas por um curto período de tempo, enquanto algumas completam todo o seu ciclo de vida no estuário, onde encontram alimento em abundância e proteção contra a predação. Portanto, muitos juvenis de peixes utilizam o estuário da Lagoa dos Patos como zona de "berçário" (Chao et al. 1985). As zonas rasas do estuário (prof. < 1,5 m) apresentam ictiofauna dominada por pequenos peixes estuarinos residentes, como o peixe-rei *Atherinella brasiliensis*, e espécies marinhas estuarinas dependentes, como as tainhas do gênero *Mugil* (Vieira et al. 1998). Esta região é muito importante nas fases iniciais (pós-larvas e juvenis) do ciclo de vida de diversas espécies capturadas pela pesca artesanal do estuário da Lagoa dos Patos, como a corvina (*Micropogonias furnieri*), a tainha (*M. platanus*) e o peixe-rei (*Odonthestes argentinensis*) (Vieira & Scalabrin 1991, Reis & D'incao 2000).

Garcia e colaboradores (no prelo) apontaram uma diminuição da abundância relativa das espécies dominantes no estuário da Lagoa dos Patos durante o episódio *El Niño* 1997-1998. A elevada descarga de água doce associado aquele evento *El Niño* aparentemente transportou o estuarino residente *A. brasiliensis* do interior do estuário para a região marinha adjacente, impedindo a realização com sucesso do seu ciclo migratório reprodutivo no estuário. Em contrapartida, as mesmas condições associadas ao *El Niño* não teriam permitido que os juvenis da tainha *M. platanus*, provenientes da região marinha, penetrassem em abundância para o interior do estuário naquele período.

Considerando a grande importância de eventos climáticos de escala global como o fenômeno *El Niño* e a relevância ecológica das zonas rasas do estuário da Lagoa dos Patos, é

importante o melhor entendimento da possível relação causal entre estas perturbações naturais de grande escala e a dinâmica da ictiofauna que utiliza esta região, o que certamente forneceria maiores subsídios para o manejo da biodiversidade e da pesca na região. Desse modo, o objetivo deste trabalho é descrever as mudanças na diversidade e composição de espécies da assembléia de peixes das zonas rasas do estuário da Lagoa dos Patos antes, durante e depois da ocorrência do episódio *El Niño* 1997-1998.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Área de estudo e amostragem

A Lagoa dos Patos (área de 10.360 km²) é a maior lagoa costeira do Atlântico Sul Ocidental e sua região estuarina compreende cerca de 10% de sua área total (971 km²). A única comunicação entre a região estuarina e o mar, que permite a entrada e a saída das diferentes espécies que utilizam esta região, dá-se através de um estreito canal delimitado pelos molhes da Barra de Rio Grande, que possui apenas 4 km de comprimento e 0,5 a 3 km de largura (Chao et al. 1985). A precipitação, a descarga fluvial, a salinidade, e os padrões de ventos na Lagoa dos Patos estão mutuamente relacionados e, portanto, atuam de modo integrado nas condições predominantes do estuário (Costa et al. 1988). Assim, uma elevada descarga fluvial associada com ventos do quadrante NE determina uma condição preponderante de água doce no estuário, enquanto um baixo aporte fluvial, associado com ventos do quadrante sul, resulta numa condição preponderante de água marinha. Entre estes dois extremos, ocorrem situações intermediárias formadas pela presença concomitante de água marinha sub-superficial e fluvial superficialmente, caracterizando uma situação de estratificação vertical (Niencheski & Baumgarten 1998).

As estações de coleta foram localizadas nas zonas rasas (praias com profundidade < 1,5 m) do estuário da Lagoa dos Patos: Prainha (32° 09.047' S, 52° 06.133' W), Franceses (32° 03.649' S, 52° 05.272' W), Porto Rei (32° 00.967' S, 52° 08.089' W) e Marambaia (31° 59.553' S, 52° 05.970' W) (Fig. 1). Em cada ponto de coleta foram realizados mensalmente, entre agosto de 1996 a agosto de 2000, cinco arrastos de rede picaré (9 m de comprimento, 13mm de malha nas asas e 5 mm no centro), com cada arrasto representando cerca de 60 m² de área varrida. Em cada ponto de coleta foram registradas a salinidade com um salinômetro óptico.

Um total de 941 amostras foram obtidas, perfazendo 20 amostras mensais. As exceções foram: novembro/1998 (16 amostras), fevereiro/1999 (10), abril/1999 (10), novembro/1999 (10) e janeiro/2000 (15). O material biológico obtido foi acondicionado e fixado em formaldeído diluído a 10% com água do ambiente. Os organismos foram identificados em nível de espécie, e em cada amostra foram obtidos o número total de indivíduos por espécie.

2.2 – Análise dos dados ambientais

A demarcação temporal do episódio *El Niño* 1997-1998 foi baseada na evolução das anomalias apresentadas de temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico entre agosto/1996 e agosto/2000. Os dados de TSM e suas anomalias referem-se a região do Pacífico Equatorial denominada 'Nino3.4' e foram obtidos no *website* (www.cpc.noaa.gov) do Climate Prediction Center, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Camp Springs, USA. A interpretação dos dados de TSM e a evolução temporal do episódio *El Niño* foi amplamente baseada em McPhaden (1999a, 1999b).

Para a caracterização dos efeitos meteorológicos do *El Niño* 1997-98 no estuário da Lagoa dos Patos foram utilizados os valores mensais (x) de precipitação na cidade do Rio Grande (valores obtidos no Banco de Dados Meteorológicos da FURG) e de salinidade no estuário entre agosto/1996 e agosto/2000. Também foi utilizado a média mensal (\bar{x}) de precipitação na cidade do Rio Grande entre 1988-2001 (14 anos) e de salinidade no estuário entre 1978-1983 e 1996-2001 (12 anos). Cada valor mensal (x), desde agosto de 1996 até

agosto de 2000, foi comparado com o valor médio mensal da região (\bar{x}) naquele mês através da expressão: desvio = $x - \bar{x}$.

Portanto, a delimitação do início e do fim do *El Niño* estudado neste trabalho é baseada nas observações locais de salinidade e temperatura, e na evolução do fenômeno *El Niño* no Oceano Pacífico Equatorial. Embora o início e o fim das anomalias de TSM do *El Niño* 1997-1998 no Pacífico e os seus efeitos observados na precipitação e principalmente na salinidade do estuário diferiram em cerca de dois meses, considerou-se neste trabalho como período “*El Niño* 1997-1998” aquele compreendido entre julho de 1997 e setembro de 1998.

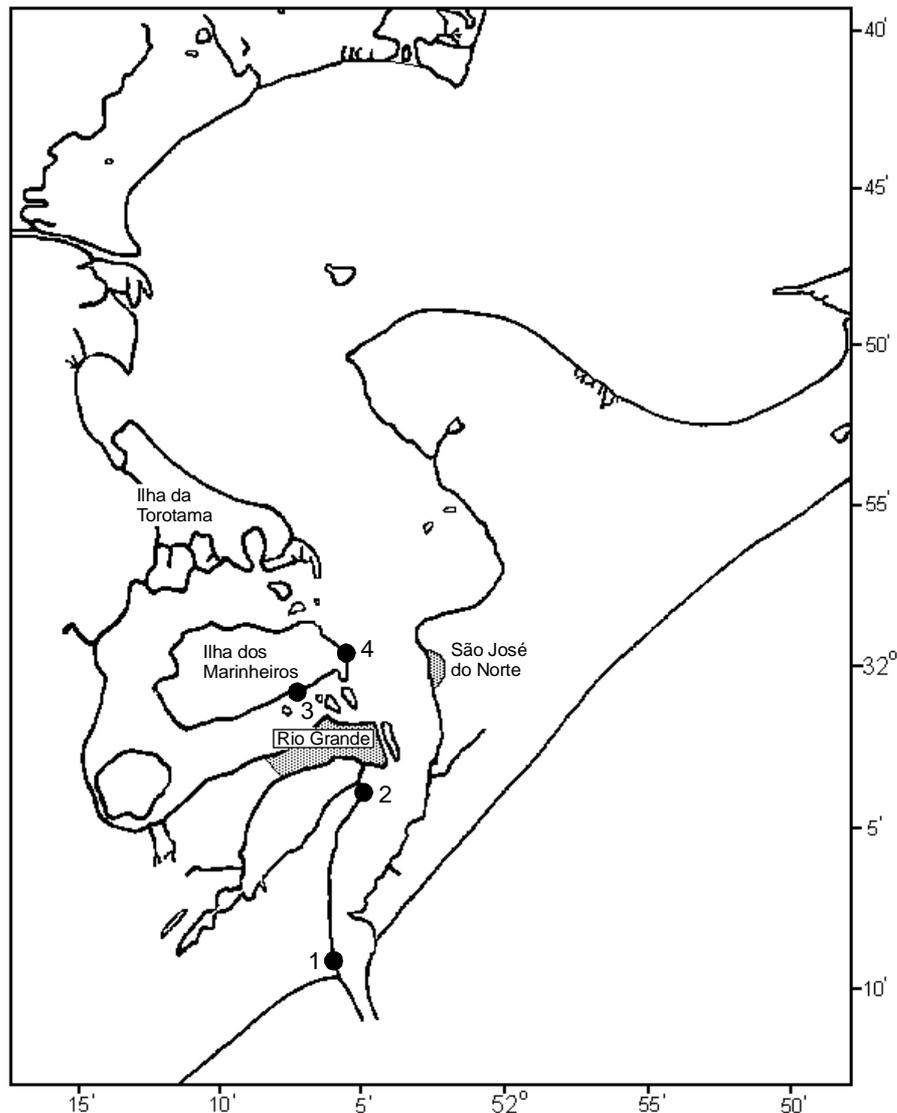


FIGURA 1 – O estuário da Lagoa dos Patos com o posicionamento das quatro estações de coleta: (1) Prainha, (2) Franceses, (3) Porto Rei e (4) Marambaia.

2.3 – Análise da composição de espécies

As amostras biológicas foram agrupadas em estações do ano: inverno/1996 até inverno/2000, sendo que os meses agrupados em cada estação do ano foram: janeiro, fevereiro e março (verão); abril, maio e junho (outono); julho, agosto e setembro (inverno); outubro, novembro e dezembro (primavera).

Baseados em coletas em vários anos consecutivos com rede picaré e arrasto de fundo e em trabalhos anteriores (Chao et al. 1985, Vieira & Musick 1994), Vieira e colaboradores (1998) sugerem as seguintes categorias ecológicas para os peixes do estuário da Lagoa dos Patos: estuarino residentes, marinhas estuarino dependentes, marinhas estuarino oportunistas ou facultativas, marinhas visitantes ocasionais, anádromas e espécies de água doce. Contudo, no

presente trabalho, só foram realizadas coletas com rede picaré nas zonas rasas, resultando num total de 61 espécies das cerca de 110 espécies de peixes descritas para a região (Chao et al. 1985). Desse modo, levando em conta que algumas das categorias propostas em Vieira et al. (1998) estariam ausentes no presente estudo, reduzimos a classificação anterior para quatro categorias: (1) estuarino residente (RESI): ocorrendo todo o ano e reproduzindo no estuário; (2) estuarino dependente (DEPE): desovantes marinhos ou de água doce capturados em grande número no estuário em determinados períodos do ano; (3) visitantes marinhos (MARI): habitantes do ambiente marinho e raramente ocorrendo no estuário e (4) visitantes de água doce (DOCE): habitantes do ambiente límnic e fluvial, raramente ocorrendo no estuário.

Foram consideradas abundantes, numa determinada estação do ano, as espécies que tiveram captura percentual (PN%) maior do que a razão $100/S$, onde S é o número de espécies presentes naquela estação. Foram consideradas frequentes, numa determinada estação do ano, as espécies que tiveram frequência de ocorrência (FO%) maior do que 50% naquela estação. A partir daí, as espécies foram classificadas e agrupadas em função de seus valores de PN% e FO% em: (1) abundantes e frequentes (PN% > $100/S$ e FO% > 50); (2) abundantes e pouco frequentes (PN% > $100/S$ e FO% < 50); (3) pouco abundantes e frequentes (PN% < $100/S$ e FO% > 50) e (4) pouco abundantes e pouco frequentes (PN% < $100/S$ e FO% < 50).

2.3 – Análise da diversidade

A diversidade foi analisada separadamente em seus dois componentes: riqueza de espécies e equitatividade. A riqueza foi analisada através da Técnica de Rarefação (E[S]) (Sanders 1968, Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left\{ 1 - \left[\frac{\binom{N-n_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right] \right\}$$

onde $E(S_n)$ é o número esperado de espécies, n é o tamanho da amostra padronizada, N é o número total de indivíduos coletados e n_i é o número de indivíduos da i espécie. Este método calcula qual seria o número esperado de espécies levando em consideração diferenças no esforço amostral e nas capturas, permitindo assim a comparação da riqueza de espécies entre assembléias distintas (James & Rathbun 1981, Ludwig & Reynolds 1988, Glowacki & Penczak 2000). Portanto, no decorrer do texto, é importante distinguir quando é mencionado o número observado de espécies (S) e o número esperado de espécies ($E(S_n)$) calculado pela técnica de Rarefação.

A equitatividade, ou seja, a proporção na qual a abundância está distribuída entre as espécies, foi calculada através do índice *Evar* (Smith & Wilson 1996):

$$Evar = 1 - 2 / \pi \arctan \left\{ \frac{\sum_{i=1}^S (\ln(x_s) - \sum_{i=1}^S \ln(x_i) / S)^2 / S}{S} \right\}$$

onde S é o número de espécies na amostra e X_s é a abundância da s espécie.

Muitos índices de equitatividade tem sido propostos na literatura, mas atualmente não existe consenso sobre os índices mais adequados. Num trabalho de revisão, Smith & Wilson (1996), testaram a performance de 14 índices de equitatividade e sua robustez em relação a diversos critérios e características consideradas importantes nas propriedades de um índice de equitatividade, como por exemplo, independência em relação a riqueza de espécies e uma escala adequada de medida (valores entre zero e 1, com este correspondendo a equitatividade máxima). Dentre todos os índices testados o *Evar* mostrou um dos melhores desempenhos.

Finalmente, os resultados obtidos de riqueza de espécies ($E(S_n)$) e equitatividade (*Evar*) foram comparados com o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') (Equação 8.9 - Ludwig & Reynolds 1988) numa única representação gráfica, permitindo assim, avaliar a interação dos componentes da diversidade (Garcia & Vieira 1997). No intuito de estabelecer intervalos de

confiança para os índices de diversidade obtidos aplicou-se um procedimento *bootstrap* (Manly 1997). Para cada estação do ano foram obtidas 100 réplicas *bootstrap*, de n igual a matriz original, que deram origem ao cálculo de 100 novos índices de diversidade ($E(S_n)$, $Evar$ e H'). A partir desta matriz de índices (*bootstrap*) foi calculado um intervalo de confiança de 95% para os índices originais, ou seja, aqueles calculados a partir da matriz original. A escolha do número de réplicas ($n = 100$) e o cálculo do erro padrão, com o subsequente intervalo de confiança, foi baseada na metodologia proposta em Efron & Tibshirani (1993, p.48 e 153).

3 – RESULTADOS

3.1. – Parâmetros ambientais

Através da observação dos dados mensais de precipitação pluviométrica e da salinidade entre agosto/1996 e agosto/2000, e sua comparação com as médias mensais históricas, foi possível caracterizar um período chuvoso com baixa salinidade entre julho de 1997 e setembro de 1998 (Fig. 2). Este período coincide com uma defasagem de aproximadamente dois meses com a evolução das anomalias positivas da temperatura superficial do mar no Pacífico Equatorial que caracterizaram o evento *El Niño* 1997-1998 (Slingo 1998, Mcphaden 1999a, 1999b, Changnon & Bell 2000), e com o excesso de chuvas observado e previsto para a região sul do Brasil (Pisciattano et al., 1998, Grimm et al. 1998, Oliveira & Satyamurty 1998, Kane 1999, Grimm et al. 2000).

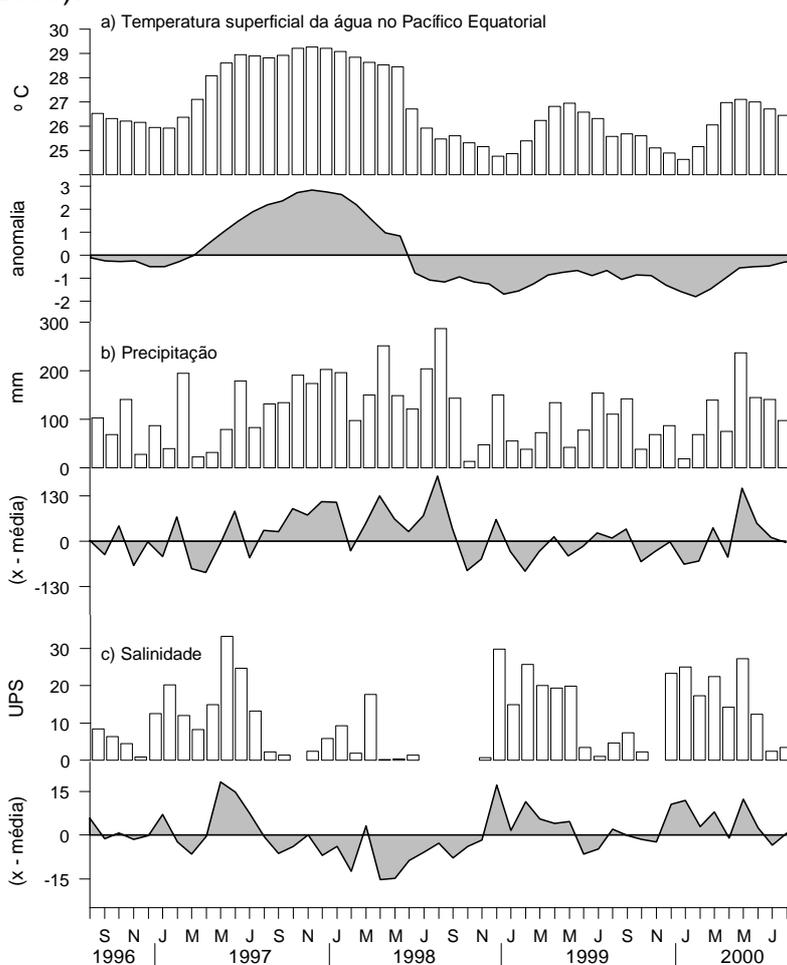


FIGURA 2 – a) médias mensais e anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial (região 'Nino3.4') entre agosto/1996 e agosto/2000; b) taxas mensais de precipitação na cidade de Rio Grande entre agosto/1996 e agosto/2000 e diferenças entre a taxa mensal e a média de 14 anos (1988-2001); c) médias mensais de salinidade no estuário da Lagoa dos Patos entre agosto/1996 e agosto/2000 e diferenças entre a taxa mensal e a média de 12 anos 1978-1983 e 1996-2001.

3.2. – Composição de espécies e diversidade

A variação sazonal nas capturas e número de espécies dos grupos estuarino residentes (RESI), estuarino dependentes (DEPE), visitantes de água doce (DOCE) e os visitantes marinhos (MARI) podem ser observados na tabela 1. Baseado no percentual numérico (PN%) e na frequência de ocorrência (FO%) os grupos com maior importância relativa foram os RESI e DEPE (Tabela 2), seguidos de dois grupos pouco abundantes e infreqüentes, os DOCE (Tabela 3) e os MARI (Tabela 4).

Tabela 1 - Número total de indivíduos capturados (N) e de espécies (S) para os peixes estuarino residentes (RESI), estuarino dependentes (DEPE), visitantes água doce (DOCE) e visitantes marinhos (MARI) em cada estação do ano (I = inverno, P = primavera, V = verão, O = outono) entre 1996 e 2000 no estuário da Lagoa dos Patos. As estações foram agrupadas como: V (jan-fev-mar), O (abr-mai-jun), I (jul-ago-set) e P (out-nov-dez), sendo exceções o I-96 e I-00 que foram compostas apenas por ago-set e jul-ago, respectivamente. A região em cinza delimita o período de ocorrência do *El Niño* 1997-1998.

	1996		1997				1998				1999				2000		
	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I
RESI	726	3445	6835	3601	3363	927	483	319	269	771	3185	2532	2555	1371	7995	4156	1459
DEPE	1403	4057	7540	3875	1153	676	295	640	247	4471	4726	4740	2511	4101	7621	15819	921
DOCE		1		1	4	223	142	40	123	126	44	9	3	1	1	11	8
MARI	71	13	135	319	25		6			1197	176	149		6	163	416	9
T. ind.	2200	7516	14510	7796	4545	1826	926	999	639	6565	8131	7430	5069	5479	15780	20402	2397
Nº amo	40	60	60	60	60	60	60	60	60	56	50	50	60	50	55	60	40
S	10	17	22	23	19	22	25	15	15	24	23	22	14	18	18	26	12
E[S]	8,0	10,6	10,8	12,0	12,5	16,1	20,7	13,6	14,8	14,4	13,4	11,3	9,6	9,9	11,0	12,0	8,9

Tabela 2 - Variação sazonal da dominância (importância relativa: percentual numérico - PN% e frequência de ocorrência - FO%) dos peixes estuarino-residentes e estuarino-dependentes capturados entre o inverno de 1996 e o inverno de 2000 na região estuarina da Lagoa dos Patos. Estações do ano: I = inverno, P = primavera, V = verão, O = outono. O quadro delimita o período de ocorrência do *El Niño* 1997-1998.

	1996		1997				1998				1999				2000		
	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I
ESTUARINO-RESIDENTE																	
<i>Atherinella brasiliensis</i>																	
<i>Jenynsia multidentata</i>																	
<i>Odontesthes argentinensis</i>																	
<i>Ramnogaster arcuata</i>																	
<i>Platanichthys platana</i>																	
<i>Gobionellus shufeldti</i>																	
<i>Genidens genidens</i>																	
<i>Syngnathus folletti</i>																	
ESTUARINO-DEPENDENTE																	
<i>Mugil platanus</i>																	
<i>Mugil curema</i>																	
<i>Brevoortia pectinata</i>																	
<i>Mugil gaimardianus</i>																	
<i>Micropogonias furnieri</i>																	
<i>Lycengraulis grossidens</i>																	
<i>Paralichthys orbignyanus</i>																	
<i>Menticirrhus americanus</i>																	
<i>Netuma barba</i>																	

Legenda:
 Abundante-Frequente
 Pouco Abundante-Frequente
 Pouco Abundante-Pouco Freq.

Comparando os grupos de espécies entre si, as espécies visitantes (DOCE e MARI) foram aquelas que tiveram a sua composição mais alterada na passagem do evento *El Niño*. No período anterior ao *El Niño* o grupo DOCE foi praticamente ausente no estuário, porém durante a ocorrência do fenômeno este grupo aumentou muito em importância relativa e riqueza de espécies (Tabela 1 e 3). Por outro lado, MARI apresentou um padrão inverso; no período anterior e posterior ao evento *El Niño* este grupo representou um componente

característico da assembléia de peixes do estuário, porém durante a passagem do *El Niño* sua importância diminuiu (Tabela 1 e 4).

Tabela 3 - Variação sazonal da dominância (importância relativa: percentual numérico - PN% e frequência de ocorrência - FO%) dos peixes visitantes-água doce capturados entre o inverno de 1996 e o inverno de 2000 na região estuarina da Lagoa dos Patos. Estações do ano: I = inverno, P = primavera, V = verão, O = outono. O quadro delimita o período de ocorrência do *El Niño* 1997-1998.

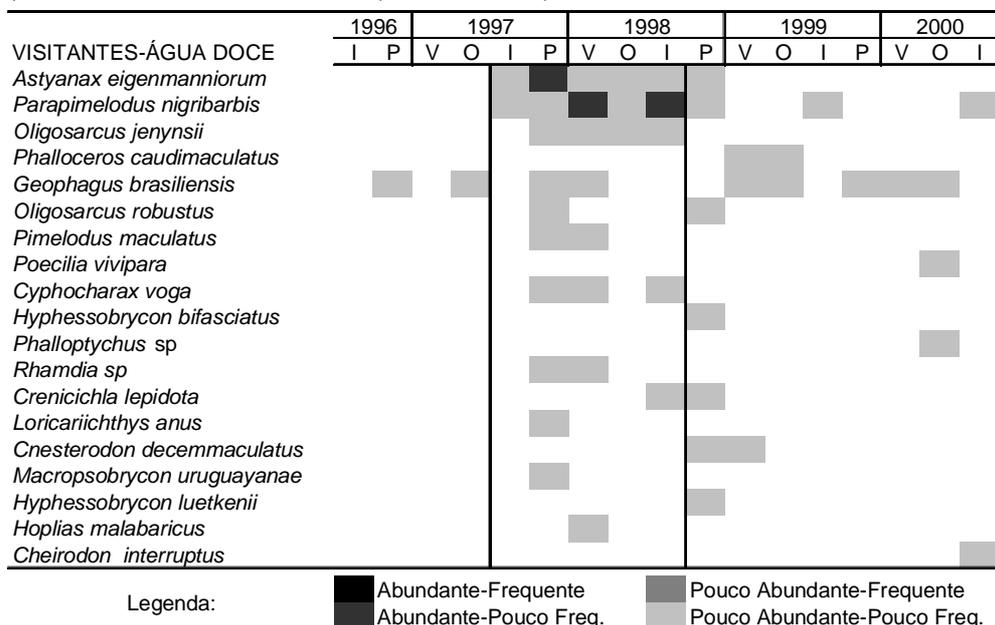
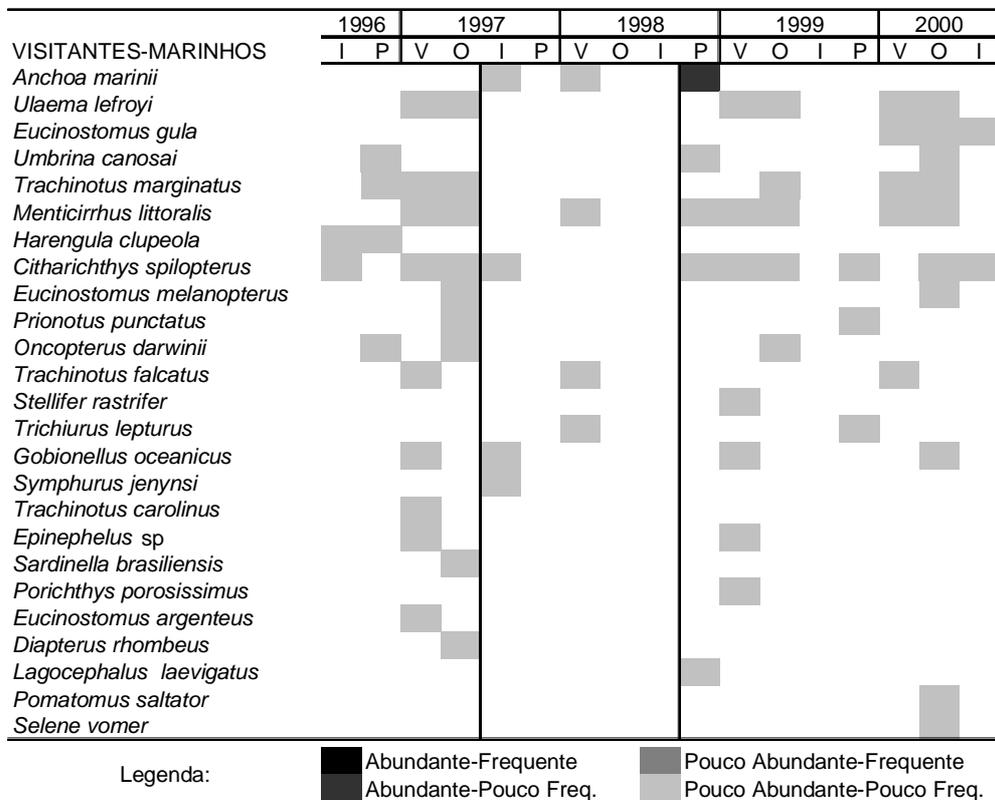


Tabela 4 - Variação sazonal da dominância (importância relativa: percentual numérico - PN% e frequência de ocorrência - FO%) dos peixes visitantes-marinhos capturados entre o inverno de 1996 e o inverno de 2000 na região estuarina da Lagoa dos Patos. Estações do ano: I = inverno, P = primavera, V = verão, O = outono. O quadro delimita o período de ocorrência do *El Niño* 1997-1998.



Estas mudanças na composição de espécies tiveram reflexos no padrão de dominância e na diversidade da assembléia de peixes do estuário. Ao longo de todo o período a assembléia de peixes foi amplamente dominada, em termos de PN% e FO%, pelos grupos RESI e DEPE. Dentre o grupo RESI as espécies de maior dominância foram os peixes-rei *Atherinella brasiliensis* e *Odontesthes argentinensis* e o barrigudinho *Jenynsia multidentata*, enquanto no grupo DEPE as espécies dominantes foram as tainhas (*Mugil platanus*, *M. curema* e *M. gaimardianus*), o clupeídeo *Brevoortia pectinata* e a corvina *Micropogonias furnieri* (Tabela 2). Durante as fortes chuvas e baixa salinidade associadas ao evento *El Niño* as espécies dominantes diminuíram em importância relativa, enquanto as espécies do grupo DOCE, representadas especialmente pelo lambari *Astyanax eigenmanniorum* e pelo mandí *Parapimelodus nigribarbis*, que até aquele momento estavam ausentes no estuário, aumentaram substancialmente em termos de PN% e FO% (Tabela 3). O decréscimo na importância relativa das espécies dominantes concomitante com o aumento das espécies visitantes de água doce, acarretou mudanças nos padrões de dominância da assembléia de peixes do estuário (Fig. 3). Porém, estas alterações não permaneceram por muito tempo, e logo após a passagem do evento *El Niño*, com o restabelecimento das condições anteriores, o padrão de dominância das espécies retornou aos patamares observados inicialmente.

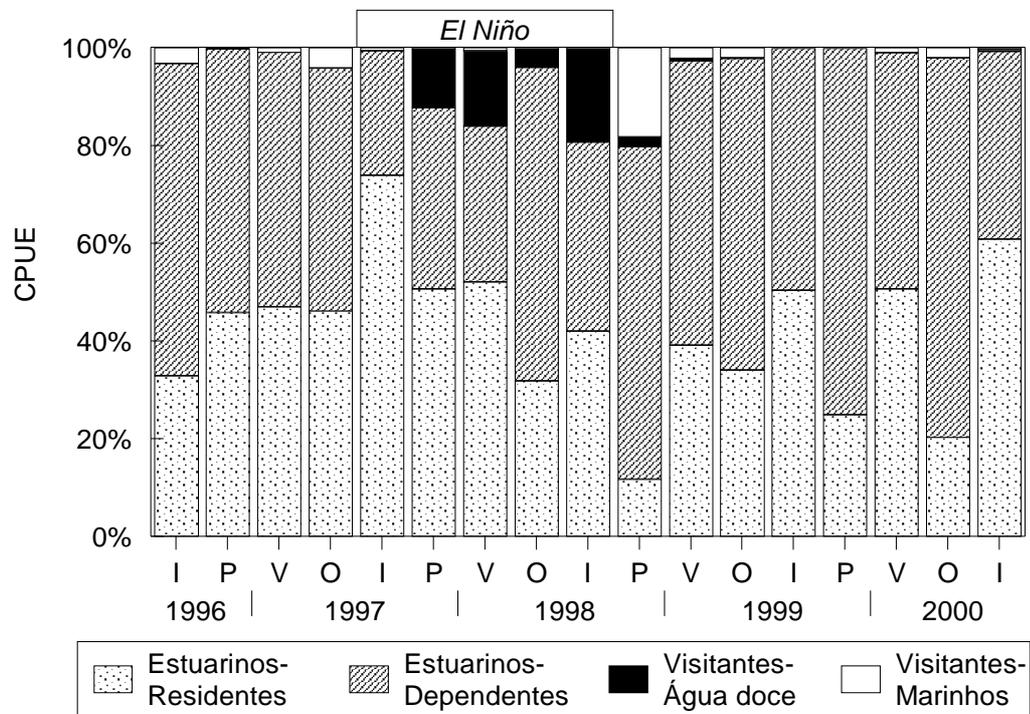


FIGURA 3 – Variação sazonal do CPUE (indivíduos por arrasto – em percentual) das quatro categorias de peixes no estuário entre o inverno/1996 e o inverno/2000. O período *El Niño* 1997-1998 está demarcado no quadro acima do gráfico.

A síntese destas mudanças na estrutura da assembléia de peixes do estuário durante a ocorrência do fenômeno *El Niño* foi representada na análise da diversidade (H') e de seus componentes (riqueza esperada de espécies – $E(S_n)$ e equitatividade – $Evar$) (Fig. 4). Houve um aumento na diversidade de peixes do estuário durante a ocorrência do *El Niño*, que persistiu ao longo das estações do ano, com exceção do outono/1998. A partir da análise separada dos componentes da diversidade ($E(S_n)$ e $Evar$) (Fig. 4b,c) foi possível observar qual componente foi determinante no aumento observado no índice de diversidade de Shannon-Wiener - H' (Fig. 4a). Embora, ambos componentes apresentaram um aumento durante a ocorrência do evento *El Niño*, as variações na riqueza esperada de espécies ($E(S_n)$) foram mais marcantes do que as observadas na equitatividade ($Evar$).

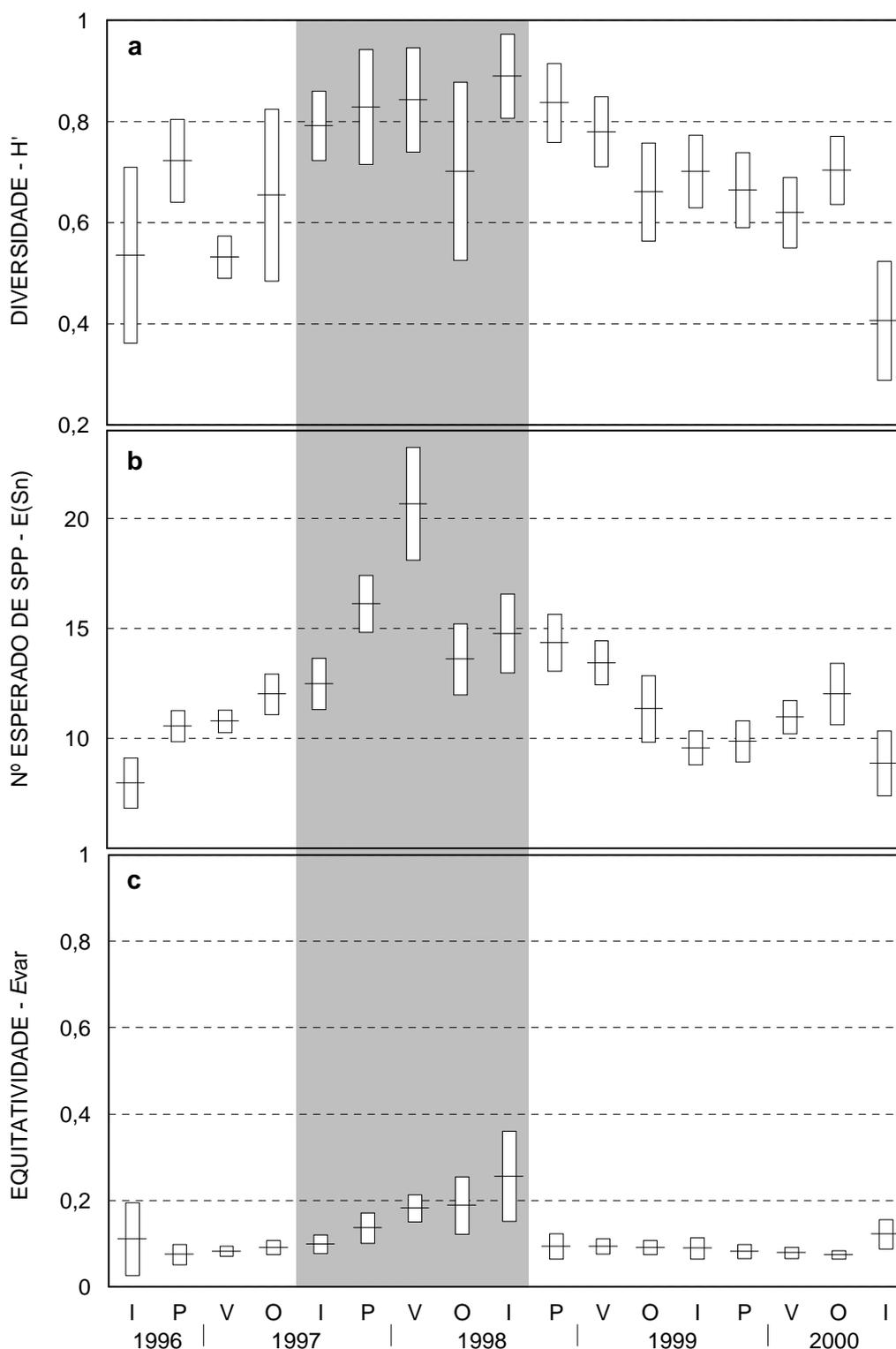


FIGURA 4 – Variação sazonal da diversidade e seus dois componentes (riqueza de espécies e equitatividade) entre o inverno/1996 e o inverno/2000. O período *El Niño* 1997-1998 está demarcado na área em cinza. a) diversidade: calculada pelo índice de Shannon-Wiener (H'); b) riqueza esperada de espécies: calculada pelo método de rarefação a partir de uma amostra padronizada de 500 indivíduos e c) equitatividade: calculada pelo índice $Evar$, variando entre 0 e 1, sendo 1 a máxima equitatividade possível. Os intervalos de confiança de 95% foram obtidos pelo método de bootstrap ($n = 100$).

As mudanças na riqueza esperada de espécies ($E(S_n)$) foram bastante conspícuas, ocorrendo um marcado aumento em $E(S_n)$ durante o *El Niño*, especialmente na primavera e verão do evento (Fig. 4b). Este aumento esteve diretamente ligado ao aumento repentino, neste período, do número de espécies de origem límínica e fluvial presentes na região estuarina. No período anterior ao *El Niño*, foi registrada somente a presença do cará *Geophagus brasiliensis*, porém durante a ocorrência do fenômeno um total de 12 espécies deste grupo (DOCE) foram capturadas no estuário (Tabela 3). Após a passagem do *El Niño*, a maior parte destas espécies foi retirada do sistema estuarino ao longo da primavera/1998 e verão/1999, e a partir deste momento, apenas 1 a 3 espécies do grupo DOCE foram registradas em cada estação do ano.

Em geral, os valores de *Evar* foram baixos e tiveram poucas variações em amplitude (< 0,3; quando o máximo possível seria 1) ao longo de todo o período estudado (Fig. 4c). Esta baixa equitatividade foi ocasionado pelo alto grau de dominância em abundância relativa de algumas espécies da assembléia em relação as demais, principalmente o peixe-rei *A. brasiliensis* (RESI) e a tainha *M. platanus* (DEPE). Porém, embora em pequena escala, foi possível detectar através do índice *Evar*, um aumento em equitatividade no verão, outono e, especialmente, durante o inverno do evento *El Niño*. Este aumento relativo foi resultado do decréscimo na importância relativa dos grupos dominantes RESI e DEPE e do aumento, no mesmo período, das espécies do grupo DOCE (Fig. 3). Porém, estas mudanças não foram persistentes no tempo, e os valores de equitatividade voltaram aos níveis iniciais logo após a passagem do *El Niño*.

4. – DISCUSSÃO

4.1. – Os visitantes de água doce

A maior riqueza de espécies observada durante o *El Niño* 1997-98 foi ocasionada principalmente pela presença de 12 espécies de peixes de água doce, que devem ter acompanhado de modo passivo ou ativo, a elevada descarga fluvial provocada pelo excesso de chuvas e, assim, foram carreados para o ambiente estuarino da Lagoa dos Patos. Embora este tipo de transporte no estuário da Lagoa dos Patos já tenha sido mencionada por outros autores (Chao et al. 1985, Muelbert & Weiss 1991, Vieira et al. 1998, Sinque & Muelbert 1998), seu mecanismo ainda não é bastante conhecido, especialmente durante episódios anômalos como o *El Niño*.

Durante o *El Niño* as espécies de água doce mais frequentes e abundantes foram o mandí *Parapimelodus nigribarbís*, o lambari *Astyanax eigenmanniorum* e o peixe-cachorro *Oligosarcus jenynsii*. Estas espécies são comuns na região costeira do sistema da Lagoa dos Patos e na planície interior do Rio Grande do Sul especialmente nos arroios, rios e lagos (Menezes 1987, Malabarba 1989, Grosser et al. 1994, Behr & Baldisserotto 1994, Tagliani 1994), porém existem poucas informações sobre a sua biologia e ecologia (Bertaco & Becker 2000). As informações disponíveis mostram que estas espécies ocorrem desde a porção norte da Lagoa dos Patos, como no saco de Tapes e no lago Guaíba (Lucena et al. 1994, Bertaco & Becker 2000), até a sua porção sul, como na Estação Ecológica do Taim (Grosser et al. 1994) e nos arroios adjacentes ao estuário da Lagoa dos Patos (Tagliani 1994).

Dentre os inúmeros tributários do sistema lagunar e estuarino da Lagoa dos Patos, os arroios Bolacha, Senandes e Martins que deságuam nas enseadas rasas do Saco do Arraial e Mangueira, podem representar uma fonte importante de peixes de água doce para a porção sul do estuário da Lagoa dos Patos. Estes riachos apresentam um rica ictiofauna formada por cerca de 32 espécies, dominada amplamente pela família Characidae, como os lambaris do gênero *Hyphessobrycon* e a espécie *Astyanax eigenmanniorum* (Tagliani 1994). Estes arroios apresentam pouca declividade, fluxo suave durante a maior parte do ano e mostram marcadas flutuações no nível de água, associadas às variações meteorológicas sazonais. Por exemplo,

durante períodos de estiagem prolongada, quando ocorre um acentuado déficit hídrico, o aumento da temperatura associada ao consumo de oxigênio pela ictiofauna pode levar a eventuais episódios de mortandade de peixes neste ambientes por anoxia (Tagliani et al. 1992). Da mesma forma podemos supor que durante períodos de excesso de chuvas, como o observado durante o *El Niño* 1997-1998, o nível da água e o fluxo em direção a região estuarina tenha aumentado, possibilitando que espécies de água doce alcançassem as enseadas rasas estuarinas. Assim, parece provável que os indivíduos de *A. eigenmanniorum* capturados durante o *El Niño* no estuário são procedentes dos arroios que circundam a região, especialmente quando consideramos que esta espécie é uma das mais abundantes e frequentes nestes ambientes (Tagliani 1994). Entretanto, a mesma relação não parece tão evidente em relação as demais espécies de água doce abundantes no período *El Niño*, como o peixe-cachorro *O. jenynsii* e o mandí *P. nigribarbis*. Segundo Tagliani (1994), *O. jenynsii* é uma espécie frequente, porém pouco abundante no arroio Bolacha, enquanto *P. nigribarbis* não é registrado nestes riachos. Portanto, o local de proveniência destas espécies, especialmente do mandí, deve estar relacionado com outros ambientes fluviais localizadas mais ao norte do estuário.

Segundo Lucena et al. (1992) o mandí *P. nigribarbis* possui distribuição restrita ao sistema da Lagoa dos Patos. Nas margens do lago Guaíba sua abundância varia sazonalmente, com maiores capturas no verão e menores no inverno, quando a espécie provavelmente afasta-se da região litorânea em direção as regiões mais centrais e profundas. A espécie é planctívora, e uma grande mortandade destes indivíduos foi registrada no lago Guaíba em agosto de 1996, com fortes indícios do episódio estar associado a florações de algas nocivas (*Microcystis*) ocorridas na região (Yunes et al. 1998, Bertaco & Becker 2000). Durante o *El Niño* 1997-1998, *P. nigribarbis* aumentou bastante em importância relativa na região estuarina da Lagoa dos Patos, chegando em algumas ocasiões a alcançar a região marinha adjacente (Garcia et al. prelo). Porém, na ocasião da sua captura, os indivíduos apresentavam em muitos casos sinais de estresse fisiológico, como perda de peso e, em alguns casos, os indivíduos estavam moribundos. Na ausência de estudos específicos torna-se difícil atribuir quais foram as causas determinantes deste estado, sejam elas, as dificuldades osmoregulatórias e/ou efeitos nocivos causados pelas microalgas, como o episódio observado no lago Guaíba (Bertaco & Becker 2000).

O peixe-cachorro *O. jenynsii* é uma das espécies mais constantes e abundantes nas lagoas costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul, representando um dos itens na pesca artesanal da região (Hartz & Barbieri 1995). A espécie possui hábito carnívoro, tendo como itens alimentares preferenciais peixes e insetos (Hartz et al. 1996). Sua desova múltipla ocorre no inverno, coincidindo com temperaturas mais baixas e maior nível das águas (Hartz et al. 1997). Este período é distinto da maioria das espécies da ordem Characiformes que reproduzem-se na primavera e verão, o que normalmente correspondem as estações quentes e chuvosas (Vazzoler & Menezes 1992). Fialho e colaboradores (1998) sugerem que com esta estratégia reprodutiva os juvenis estariam mais aptos para garantir o seu alimento nos meses subsequentes, do que os juvenis das demais espécies que se reproduzem na primavera.

Partindo do pressuposto de que a estratégia reprodutiva de *O. jenynsii* nas lagoas costeiras do norte também se aplica para os arroios que circundam o estuário da Lagoa dos Patos, é possível entender melhor porque os juvenis desta espécie aumentaram em importância relativa no estuário durante o *El Niño* 1997-1998. Este período teve início justamente durante as temperaturas baixas do inverno de 1997 quando os rios da região sul do Brasil apresentaram grande aumento na vazão e no nível das águas (Villar & Bonetto 2000), devido as fortes chuvas causadas pelo fenômeno *El Niño* 1997-1998 (Oliveira & Satyamurty 1998, Pisciotano et al. 1998, Kane 1999). Além disso, Fialho e colaboradores (1998) observam que esta espécie permanece abundante na lagoa costeira de Custódia mesmo nos meses onde há maior salinidade devida a entrada de água marinha. Portanto, embora característico de água doce, os autores sugerem a hipótese de que esta espécie esteja fisiologicamente bem

adaptada a um ambiente com a presença eventual de águas salobras. A permanência de *O. jenynsii* no estuário da Lagoa dos Patos durante o *El Niño*, parece em princípio, corroborar esta hipótese. Porém, o seu aparente desaparecimento do sistema estuarino após o *El Niño*, o que correspondeu ao retorno da entrada da cunha salina, sugere que a adaptação desta espécie a condições estritamente estuarinas por períodos prolongados deve ser limitada.

4.2. – As espécies dominantes e a diversidade

Vieira & Musick (1993) apontam a importância das espécies oportunistas e visitantes na determinação da riqueza de espécies no estuário da Lagoa dos Patos e em outros estuários do Oceano Atlântico. Segundo os autores, a riqueza de espécies em estuários tropicais é função do grande número de espécies estuarino oportunistas presentes na província zoogeográfica na qual o estuário está inserido. Na verdade, os peixes residentes nos estuários tropicais e temperados representam um grupo pequeno, comparado aquele dos peixes oportunistas e migrantes sazonais, e geralmente, perfazem menos do que 13% da lista de espécies destes ambientes (Day et al. 1989). Desse modo, a diversidade da assembléia de peixes estuarinos é determinada pela combinação de flutuações temporais na abundância das espécies residentes e pelo recrutamento e oportunismo das espécies de origem marinha e límnic.

Outro fator responsável pela maior diversidade durante o *El Niño* foi a diminuição da abundância das espécies dominantes, especialmente *M. platanus* e *A. brasiliensis*, levando a uma maior equitatividade da assembléia de peixes, principalmente no inverno/1998. Portanto, a diversidade foi maior durante o *El Niño* porque houve um decréscimo na abundância das espécies dominantes (maior equitatividade), ao mesmo tempo em que aumentou a abundância das espécies raras de água doce (maior riqueza de espécies). Segundo Thiery (1982) e Vieira & Musick (1993), distúrbios ambientais moderados que acarretam flutuações extremas na temperatura e salinidade podem interromper a competição entre as espécies e, assim, aumentar a diversidade da comunidade, através da mortalidade ou migração em massa das espécies dominantes. Nesta situação, a disponibilidade dos recursos aumenta e as espécies raras podem aumentar em abundância durante este período anômalo, até quando as condições benignas retornem, e as espécies dominantes regressem aos patamares iniciais de abundância.

Em síntese, a forte descarga de água doce no estuário da Lagoa dos Patos ocasionada pelo excesso de chuvas durante o episódio *El Niño* 1997-1998 aumentou a diversidade da assembléia de peixes das enseadas rasas do estuário, principalmente devido ao aumento no número de espécies de água doce. Um resultado semelhante é bastante comum na região equatorial do Pacífico em anos de *El Niño*. Nesta região, várias espécies de peixes tropicais ampliam sua área de distribuição e começam a ser capturados na região costeira do Peru, caracterizando um fenômeno conhecido como “tropicalização” (Arntz & Fahrbach 1996, Lehodey et al. 1997). Neste contexto, é possível fazer uma analogia entre o fenômeno de “tropicalização” observado no Pacífico, pela presença de espécies de peixes marinhos, durante um evento *El Niño*, com a “limnização” do estuário da Lagoa dos Patos, pela presença de espécies de peixes de água doce, durante as chuvas provocadas pelo *El Niño* 1997-1998.

Porém, é importante frisar que este estudo inclui apenas um evento *El Niño*, não incluindo outras réplicas temporais do fenômeno, limitando assim o poder de verificação estatística e a generalização dos resultados (Underwood 1997). Os estudos das consequências biológicas de fenômenos climáticos globais, como o *El Niño*, geralmente apresentam tais restrições uma vez que a escala temporal e a natureza dos fenômenos investigados dificultam a manipulação experimental e o uso sem restrições de réplicas temporais (Grant et al. 2000). Desse modo, os resultados obtidos aqui não podem ser estendidos para os eventos *El Niño* em geral. Contudo, como afirma Davis (2000), na medida em que os modelos preditivos dos eventos *El Niño* aumentam em eficácia, facilitando o planejamento futuro de estudos e experimentos, os resultados e as hipóteses geradas em estudos englobando os efeitos ecológicos de um único evento *El Niño* poderão ser testadas e comparadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos Lisiane A. Ramos pela amostragem entre agosto/1996 e agosto/1997, e a vários colegas que auxiliaram nas saídas de campo, especialmente Marcelo Raseira e Daniel Loebmann; J. Baston Wilson por fornecer um software para o cálculo dos índices de equitatividade; Manuel Carranza e Marcelo Raseira pelas frutíferas discussões; dois revisores anônimos pelas críticas e sugestões; Luis E. Pereira, Marlise Bemvenuti e Luciano Fisher pelo apoio na identificação das espécies. Este trabalho recebeu apoio financeiro da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) e do Inter American Institute for Global Change Research (IAI), através de uma bolsa de estudos concedida pelo SACC/Consortium (CRN-019).

LITERATURA CITADA

- ARNTZ, WE & E FAHRBACH. 1996. *El Niño* – Experimento climático de la naturaleza. Berlim, Springer-Verlag. 297 p.
- BEHR, ER & B BALDISSEROTTO. 1994. Comparação da ictiofauna de três locais do rio Vacacaí-Mirim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool.* Porto Alegre, 7:167-178.
- BERTACO, VA & FG BECKER. 2000. Observações sobre a abundância de *Parapimelodus nigribarbis* (Boulenger, 1889) (Pimelodidae) no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Comum. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool.* Porto Alegre, 13(2):185-195.
- BINETT, D, LL RESTE & PS DIOUF. 1995. The influence of runoff and fluvial outflow on the ecosystems and living resources of West African coastal waters. In *Effects of riverine inputs on coastal ecosystems and fisheries resources*. FAO fisheries technical papers, no. 349. pp. 89-118.
- BRADSHAW, CJA, LS DAVIS, C LALAS & RG HARCOURT. 2000. Geographic and temporal variation in the condition of pups of the New Zealand fur seal (*Arctocephalus forsteri*): evidence for density dependence and differences in the marine environment. *J. Zool.*, 252:41-51.
- CHANGNON, SA & GD BELL. 2000. *El Niño 1997-1998: The Climate Event of the Century*. Oxford University Press.
- CHAO, LH, LE PEREIRA & JP VIEIRA. 1985. Estuarine fish community of the dos Patos Lagoon, Brazil. A baseline study. In: A.Yanez-Arancibia (Ed.) *Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration* Chap. 20: 429-450 .
- CIOTTI, AM, C ODEBRECHT, G FILLMANN & OO MOLLER JR. 1995. Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Cont. Shelf. Res.*, 15(14):1737-1756.
- COSTA, CSB, U SEELIGER & PG KINAS. 1988. The effect of wind velocity and direction on the salinity regime in the lower Patos Lagoon estuary. *Ciênc. e Cult.*, 40(9):909-912.
- CRIVELLI, AJ, M-C XIMENES, B GOUT, G LASSERRE, F FREON & T DO CHI. 1995. Causes and effects of terrestrial runoff and riverine outflow on brackish/coastal marine fisheries ecosystems in the northern Mediterranean region. In *Effects of riverine inputs on coastal ecosystems and fisheries resources*. FAO fisheries technical papers, n. 349. pp. 59-88.
- DAVIS, JLD 2000. Changes in a tidepool fish assemblage on two scales of environmental variation: seasonal and *El Niño* Southern Oscillation. *Limnol. Oceanogr.*, 45:1368-1379.
- DAY, JWJr., CAS HALL, WM KEMP, A YAÑEZ-ARANCIBIA. 1989. *Estuarine ecology*. Wiley, New York.

- DIAZ, AF, CD STUDZINSKI & CR MECHOSO. 1998. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *J. Climate*, 11: 251-271.
- EFRON, B & RJ TIBSHIRANI. 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, New York. 436 p.
- FIALHO, CB, LC SCHIFINO & JR VERANI. 1998. Biologia reprodutiva de *Oligosarcus jenynsii* (Gunther) (Characiformes, Characidae) da Lagoa das Custódias, Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revta bras. Zool.*, 15(3):775-782.
- FIEDLER, PC, RD METHOT & RP HEWITT. 1986. Effects of California *El Niño* 1982-1984 on the northern anchovy. *J. Mar. Res.*, 44: 317-338.
- GARCIA, AM & JP VIEIRA. 1997. Abundância e diversidade da assembléia de peixes dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* L., no estuário da Lagoa dos Patos (RS-Brasil). *Atlântica*, Rio Grande, 19: 161-181.
- GARCIA, AM, JP VIEIRA & KO WINEMILLER. (no prelo). Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *J. Fish Biol.*
- GLOWACKI, L & T PENCZAK 2000. Impoundment impact on fish in the Warta River: species richness and sample size in the rarefaction method. *J. Fish Biol.*, (57):99-108.
- GLYNN, PW, SB COLLEY, JH TING, JL MATE & HM GUZMAN. 2000. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama and Galapagos Islands (Ecuador). IV. Agaraciidae, recruitment and recovery of *Pavona varians* and *Pavona* sp. a. *Mar. Biol.*, 136:785-805.
- GONZALES, HE, M SOBARZO, D FIGUEROA & E NOTHIG. 2000. Composition, biomass and potential grazing impact of the crustacean and pelagic tunicates in the northern Humboldt Current area off Chile: differences between *El Niño* and non-*El Niño* years. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 195:201-220.
- GRANT, PR, BR GRANT, LF KELLER & K PETREN. 2000. Effects of *El Niño* events on Darwin's finch productivity. *Ecology*, 81:2442-2457.
- GRIMM, AM., SET FERRAZ & J GOMES 1998. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with *El Niño* and *La Niña* events. *J. Climate*, 11:2863-2880.
- GRIMM, AM, VR BARROS & ME DOYLE. 2000. Climate variability in southern South America associated with *El Niño* and *La Niña* events. *J. Climate*, 13:35-58.
- GROSSER, KM, WR KOCH & S DRUGG-HAHN. 1994. Ocorrência e distribuição de peixes na estação ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil (Pisces, Teleostomi). *Iheringia, Ser. Zool.*, Porto Alegre (77):89-98.
- HARTZ, SM & G BARBIERI. 1995. Crescimento do peixe-cachorro, *Oligosarcus jenynsii* (Gunther, 1864), na Lagoa do Caconde, Rio Grande do Sul, Brasil, (Teleostei, Characidae). *B. Inst. Pesca*, 22(2):33-40.
- HARTZ, SM, A MARTINS & G BARBIERI. 1996. Dinâmica da alimentação e dieta de *Oligosarcus jenynsii* (Gunther, 1864) na lagoa do Caconde, Rio Grande do Sul, Brasil, (Teleostei, Characidae). *B. Inst. Pesca*, 23(único):21-29.
- HARTZ, SM, FS VILELLA & G BARBIERI. 1997. Reproduction dynamics of *Oligosarcus jenynsii* (Gunther, 1864) in lake Caconde, Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, 57:295-303.
- HURLBERT, SH. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52:577-586.
- JAMES, F. C. & S. RATHBUN. 1981. Rarefaction, relative abundance and diversity of avian communities. *The Auk*, 98:785-800.
- KANE, RP 1999. Some characteristics and precipitation effects of the *El Niño* of 1997-1998. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 61:1325-1346.
- LEHODEY, P, M BERTIGNAC, J HAMPTON, A LEWIS & J PICAUT. 1997. *El Niño* Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature*, 389(16): 715-718.

- LUCENA, CAS, LR MALABARBA & RE REIS. 1992. Resurrection of the Neotropical pimelodid catfish *Parapimelodus nigribarbis* (Boulenger), with a phylogenetic diagnosis of the genus *Parapimelodus* (Teleostei: Siluriformes). *Copeia*, (1):138-146.
- LUCENA, CAS, AS JARDIM & ES VIDAL. 1994. Ocorrência, distribuição e abundância da fauna de peixes da praia de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool. Porto Alegre*, 7:3-27.
- LUDWIG, JA & JF REYNOLDS. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley and Sons, 337p.
- LYVER, PO'B, H MOLLER & C THOMPSON. 1999. Changes in sooty shearwater *Puffinus griseus* chick production and harvest precede ENSO events. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 188:237-248.
- MALABARBA, LR 1989. Histórico sistemático e lista comentada das espécies de peixes de água doce do sistema da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, Ser. Zool. Porto Alegre*, 2(8):107-179.
- MANLY, BFJ 1997. *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology*. Chapman & Hall, New York. 398p.
- MCPHADEN, M. 1999a. Genesis and evolution of the 1997-98 *El Niño*. *Science*, 283:950-954.
- MCPHADEN, M. 1999b. The child prodigy of 1997-98. *Nature*, 398:559-562.
- MECHOSO, CR & GP IRIBARREN. 1992. Streamflow in southeastern South America and the Southern Oscillation. *J. Climate*, 5:1535-1540.
- MENEZES, NA. 1987. Três espécies novas de *Oligosarcus* Gunther, 1864 e redefinição taxonômica das demais espécies do gênero (Osteichthyes, Teleostei, Characidae). *Bolm. Zool. Univ. S. Paulo*, 11:1-39.
- MUELBERT, JH & G WEISS. 1991. Abundance and distribution of fish larvae in the channel area of the Patos Lagoon estuary, Brazil. In: *Larval Fish recruitment and research in the Americas: proceedings of the thirteenth annual fish conference; 21-26 may 1989, Merida, Mexico* (Robert D. Hoyt, ed.). NOAA Technical Report NMFS 95.
- MYSAK, LA. 1986. *El Niño*, interannual variability and fisheries in the northeast Pacific Ocean. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 43:464-497.
- NIENCHESKI, LF & MG BAUMGARTEN. 1998. O ambiente e a biota do estuário da Lagoa dos Patos – química ambiental. In: U SEELIGER, C ODEBRECHT & JP CASTELLO (eds) *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. *Ecocientia*, Rio Grande. Cap.4.3: 21-25.
- OLIVEIRA, GS & P SATYAMURTY. 1998. O *El Niño* de 1997/98: evolução e impactos no Brasil. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, realizado de 26 a 30 de outubro de 1998. Brasília-DF. Resumos expandidos.
- PHILANDER, G. 1990. *El Niño*, La Niña, and the South Oscillation. Academic Press, San Diego. 293 p.
- PISCIOTTANO, G, A DIAZ, G CAZES & CR MECHOSO. 1998. *El Niño*-Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. *J. Climate*, 7:1286-1302.
- POLIS, GA, SD HURD, CT JACKSON & FS PINERO. 1997. *El Niño* effects on the dynamics and control of an island ecosystem in the Gulf of California. *Ecology*, 78:1884-1897.
- REIS, EG & F D'INCAO. 2000. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean Coast. Manag.*, 43:585-595.
- ROPELEWSKI, CF & MS HALPERT. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the *El Niño*/Southern Oscillation. *Mon. Weather Ver.*, 115:1606-1626.
- ROPELEWSKI, CF & MS HALPERT. 1989. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. *J. Climate*, 2:268-284.
- SANCHEZ-VELASO, L, B SHIRASAGO, MA CISNEROS-MATA & C AVALOS-GARCIA. 2000. Spatial distribution of small pelagic fish larvae in the Gulf of California and its relation to the *El Niño* 1997-1998. *J. Plankton Res.*, 22:1611-1618.
- SANDERS, HL. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102(925):243-282.

- SINQUE, C & JH MUELBERT. 1998. O ambiente e a biota do estuário da Lagoa dos Patos – ictioplâncton. In: U. SEELIGER, C. ODEBRECHT & J.P.CASTELLO (eds) Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. *Ecoscientia*, Rio Grande. Cap.4.12.
- SLINGO, J 1998. The 197-1998 *El Niño*. *Weather*, 53:274-281.
- SMITH, B & JB WILSON. 1996. A consumer's guide to evenness indices. *Oikos*, 76:70-82.
- SPENCER, T, KA TELEKI, C BRADSHAW & MD SPALDING. 2000. Coral bleaching in the southern Seychelles during the 1997-1998 Indian Ocean warm event. *Mar. Pollut. Bull.*, 40:569-586.
- SWALES, S, AW STOREY, ID RODERICK & BS FIGA. 1999. Fishes of floodplain habitats of the Fly River system, Papua New Guinea, and changes associated with *El Niño* droughts and algal blooms. *Env. Biol. Fish.*, 54:389-404.
- TAGLIANI, PRA, E BARBIERI, AC NETO. 1992. About a sporadic phenomenon of fish mortality by environmental hypoxia in the Senandes streamlet, State of Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciên. e Cult.*, 44(6):404-406.
- TAGLIANI, PRA. 1994. Ecologia da assembléia de peixes de três riachos da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Atlântica*, Rio Grande, 16:55-68.
- THIERY, RG. 1982. Environmental instability and community diversity. *Biol. Rev.*, 57:671-710.
- UNDERWOOD, AJ. 1997. Experiments in ecology – their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge. 504p.
- VAZZOLER, AEA & NA MENEZES. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Rev. Brasil. Biol.*, 52(4):627-640.
- VIEIRA, JP & C SCALABRIN. 1991. Migração reprodutiva da "tainha" (*Mugil platanus* GUNTHER, 1980) no sul do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 13(1):131-141.
- VIEIRA, JP, & JA MUSICK. 1993. Latitudinal patterns in diversity of fishes in warm-temperate and tropical estuarine waters of the western atlantic. *Atlântica*, Rio Grande, 15: 115-133.
- VIEIRA, JP, & JA MUSICK. 1994. Fish fauna composition in warm-temperate and tropical estuaries of western atlantic. *Atlântica*, Rio Grande, 16: 31-53.
- VIEIRA, JP, JP CASTELLO & LE PEREIRA. 1998. O ambiente e a biota do estuário da Lagoa dos Patos – ictiofauna. In: U SEELIGER, C ODEBRECHT & JP CASTELLO (eds) Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. *Ecoscientia*, Rio Grande. Cap.4.13: 60-67.
- VILLAR, CA & C BONETTO. 2000. Chemistry and nutrient concentrations of the Lower Parana River and its floodplain marshes during extreme flooding. *Arch. Hydrobiol.*, 148:461-479.
- WINEMILLER, KO & MA LESLIE. 1992. Fish assemblage across a complex, tropical freshwater/marine ecotone. *Env. Biol. Fish.*, 34:29-50.
- YIN, K, PJ HARRISON, RH GOLDBLSTT, MA.St. JOHN & RJ BEAMISH. 1997. Factors controlling the timing of the spring bloom in the strait of Georgia estuary, British Columbia, Canada. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 54:1985-1995.
- YUNES, JS, A MATTHIENSEN, M PARISE, PS SALOMON, SL RAGGETT, KA BEATTIE & GA CODD. 1998. *Macrocystis aeruginosa* growth and the occurrence of microcystins in Patos Lagoon, southern Brazil. In: REGUERA, B, J BLANCO, ML FERNANDEZ & T WYATT. Harmful algae. Xunta de galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.