

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA
BIOLÓGICA – INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA

MESOOOPLÂNCTON DO ESTUÁRIO DA LAGOA
DOS PATOS E ZONA COSTEIRA ADJACENTE
COM ÊNFASE PARA OS COPÉPODES *Acartia
tonsa*, *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus
incompositus* (2000-2005)

SÔNIA MÁRCIA KAMINSKI

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Oceanografia Biológica da
Universidade Federal do Rio Grande,
como requisito parcial à obtenção do título
de DOUTOR.

Orientador: Dr. José Guilherme Bersano Filho

RIO GRANDE
Abril, 2009

À minha filha Ândria Marina, pela luz,
alegria e calor da sua presença na
minha vida...

E à amada e bela *Natureza*, pela
inspiração e encanto que despertou na
minha alma, levando-me a ingressar
nessa caminhada oceanográfica.

AGRADECIMENTOS

À querida Mónica Montú (*in memoriam*), que abriu as portas para minha caminhada nesse belo e interessante universo do Zooplâncton.

Ao meu orientador, José Guilherme Bersano Filho, pela ótima qualidade da orientação durante todos os momentos do desenvolvimento do trabalho, conduzindo de forma firme e dedicada, o que levou a possibilidade de conclusão do mesmo.

Aos professores Clarisse, José Henrique e Adalto, pelo acompanhamento do meu trabalho, bem como pela participação na banca examinadora, juntamente com demais membros, Luiz e Erik, pelas importantes críticas e sugestões ao enriquecimento desta pesquisa.

Ao professor Maurício Camargo, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos colegas e queridos amigos do Laboratório de Zooplâncton, Duda, Waldemar, Anette, Tatiana, Alessandro, Priscila, Charles, Marcelo, Andréia e Abel, pelos ótimos momentos de convívio, conversas zooplanctônicas, brincadeiras, cafés, e especialmente, pela disponibilidade e ajuda nas saídas de coleta e manutenção dos cultivos.

Ao Waldemar, pela ajuda na identificação das espécies, separação de copépodes para os experimentos e precioso apoio durante toda a parte prática do trabalho.

Ao Charles, pela amizade, disponibilização de vasta bibliografia e apoio em momentos difíceis.

Aos professores, funcionários e colegas da Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, pelo ótimo e produtivo tempo de convívio.

À Vera, pelo atencioso recebimento em todos os momentos que precisei de informações, bem como pelos conselhos e amizade.

Ao setor de viaturas da FURG, em especial aos motoristas, pela agradável oportunidade das saídas de campo e busca de água do mar na EMA.

Ao pessoal do Laboratório de Fitoplâncton, pelo fornecimento de inóculos das microalgas, auxílio na autoclavagem de materiais para os cultivos e demais colaborações.

Ao pessoal da EMA, pelo fornecimento de microalgas nas ocasiões que solicitei, bem como pela disponibilização de água do mar filtrada para a realização dos experimentos.

Ao pessoal do Laboratório de Crustáceos, em especial ao Danilo, pelo empréstimo de materiais na sala de cultivos e pelo bom compartilhamento do espaço na mesma durante a realização dos experimentos.

Ao Centro de Estudos do Mar, UFPR, especialmente ao professor Henry Spach, pela disponibilização de lupa.

À minha querida filha Ândria, por sua compreensão, incentivo e companhia durante todas as fases deste trabalho.

À meus pais e irmãos, pelo amor, compreensão, apoio nas horas mais difíceis e incentivo à realização e conclusão deste trabalho.

À Rosika, pela ótima acolhida em Curitiba, bem como por toda ajuda e amizade durante o ano final do trabalho.

À Neli, Mom, Melissa e Vó Maria, pela amizade e ajuda em diversos aspectos, principalmente nos cuidados com minha filha para que eu pudesse me dedicar ao trabalho.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

A todas as demais pessoas e instituições que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

PREFÁCIO.....	4
RESUMO	5
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO GERAL	9
CAPÍTULO I.....	16
Variação sazonal e interanual do mesozooplâncton de áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, Rio Grande - RS, Brasil (2000 – 2005).....	16
1- INTRODUÇÃO.....	16
2- MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1- Área de Estudo	18
2.2. Obtenção das amostras de zooplâncton e dados abióticos	19
2.3- Identificação e quantificação do mesozooplâncton.....	21
2.4- Dados climáticos.....	22
2.5- Análises estatísticas.....	22
3- RESULTADOS	23
3.1. Variáveis ambientais	23
3.2 Composição e abundância do mesozooplâncton total.....	26
3.3. Freqüência de ocorrência (FO).....	29
3.3.1. Freqüência de ocorrência total (FOT)	29
3.3.2. Freqüência de ocorrência (FO) dos organismos zooplanctônicos de acordo com a distribuição espacial	30
3.4. Variação espacial e temporal (sazonal e interanual) do mesozooplâncton	32
4- DISCUSSÃO.....	49
4.1. Condições ambientais	49

4.2. Composição e abundância	49
CAPÍTULO II.....	65
Distribuição e variação sazonal e interanual (2000 a 2005) dos copépodes <i>Acartia tonsa</i>, <i>Pseudodiaptomus richardi</i> e <i>Notodiaptomus incompositus</i> no estuário da Lagoa dos Patos e praia do Cassino – Rio Grande - RS...	65
1- INTRODUÇÃO.....	65
2- MATERIAIS E MÉTODOS.....	69
2.1- Área de Estudo e obtenção das amostras de zooplâncton e dados abióticos....	69
2.2- Identificação e quantificação do zooplâncton	69
2.3- Dados climáticos	70
2.4- Análise estatística	70
3. RESULTADOS	71
3.1. Variáveis ambientais	71
3.2. Estação 1 (ZAPC)	74
3.3. Estação 2 (Prainha).....	77
3.4. Estação 3 (Franceses)	80
3.5. Estação 4 (Marambaia)	84
3.6. Variação da densidade das espécies em relação a temperatura e salinidade...	87
3.7. Variação sazonal das categorias populacionais	89
4. DISCUSSÃO.....	91
CAPÍTULO III.....	103
Efeitos da salinidade e dieta alimentar sobre os copépodes <i>Pseudodiaptomus richardi</i> e <i>Notodiaptomus incompositus</i> em estudos de laboratório.	103
1. INTRODUÇÃO.....	103
2. MATERIAL E MÉTODOS	106
2.1- Obtenção dos estoques de fitoplâncton e zooplâncton.....	106

2.2- Experimentos	108
2.2.1- Crescimento do copépode <i>Pseudodiaptomus richardi</i>	108
2.2.2- Experimentos para determinar o Número de Ovos Produzidos por Postura (NOP) e as taxas de Produção de Ovos (PO).	111
2.3- Análise estatística	114
3. RESULTADOS	114
3.1- Experimento de crescimento de <i>Pseudodiaptomus richardi</i> em diferentes salinidades: S 5, S 15 e S 30	114
3.2- Experimentos para determinar o Número de Ovos Produzidos por Postura (NOP) e as taxas de Produção de Ovos (PO).	120
3.2.1 – Testes preliminares.....	120
3.2.2 – Testes de salinidades	121
3.2.3 – Testes de alimentação.....	122
4. DISCUSSÃO.....	123
4.1- Crescimento de <i>Pseudodiaptomus richardi</i>	123
4.2 Número de ovos produzidos pelas espécies (NOP e PO)	127
LITERATURA CITADA.....	132

PREFÁCIO

A estrutura deste trabalho é apresentada em forma de capítulos. O Capítulo 1 trata-se de um estudo descritivo, realizado a partir da análise de 280 amostras coletadas entre 2000 e 2005, sobre a variação espacial e temporal do mesozooplâncton do Estuário da Lagoa dos Patos e da zona de arrebentação da Praia do Cassino.

No Capítulo 2, a variação espacial e temporal de *Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi*, espécies importantes da região, são analisadas separadamente, a fim de elucidar as possíveis causas de flutuações temporais na composição e abundância destas espécies. Fatores ambientais, como os fenômenos de El Niño e La Niña, e também possíveis interações competitivas entre as três espécies são consideradas. Para tal, dados referentes a estudos de campo e a experimentos de laboratório, são avaliados com o intuito de se obter uma maior compreensão sobre o efeito da salinidade na reprodução, recrutamento e distribuição espaço-temporal das espécies em questão no Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande – RS.

No Capítulo 3, são apresentados resultados obtidos através de experimentos laboratoriais, sobre a influência da salinidade na reprodução de *P. richardi* e *N. incompositus* (e no crescimento de *P. richardi*), duas espécies de copépodes importantes na região estudada. Também são apresentados resultados inéditos referentes à alimentação de *P. richardi* e *N. incompositus*, os quais possibilitam um maior conhecimento sobre aspectos da biologia e ecologia destes copépodes.

RESUMO

A abundância e distribuição dos maiores grupos taxonômicos e das principais espécies do mesozooplâncton de enseadas rasas do Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) e da Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC), Brasil – RS, foram analisados mensalmente durante os anos 2000-2005. Três copépodes freqüentes no ELP, *Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi* (espécies-alvo), tiveram sua variação espacial e temporal analisada separadamente, sendo os resultados de campo discutidos em relação às variações ambientais, informações de cultivos experimentais, e com a ocorrência de fenômenos climáticos El Niño e La Niña. Além disso, foram avaliados os efeitos da salinidade e dieta algal no número de ovos produzidos pelos copépodes *P. richardi* e *N. incompositus*, através da realização de experimentos laboratoriais. Para a espécie *P. richardi*, também foi executado experimento de crescimento em diferentes salinidades, sob alimentação em excesso. As diferenças espaciais e sazonais da comunidade estiveram associadas à salinidade e/ou temperatura. Na ZAPC, onde a média de salinidade foi maior (27), *Metamysidopsis elongata atlantica* foi importante numericamente, já no ELP (médias de salinidade entre 8 e 10), o copépode *N. incompositus* e o cladóceros *Moina micrura* foram espécies importantes. A espécie eurihalina *A. tonsa* foi importante em toda a extensão da área estudada. Com relação à determinação das variações sazonais, os organismos que apresentaram maiores índices de contribuição determinados a partir das análises SIMPER foram *N. incompositus* (inverno e primavera) e *A. tonsa* (outono e verão) no ELP; e *A. tonsa* (inverno), *M. elongata atlantica*

(primavera), *Subeucalanus pileatus* (verão) e *Temora turbinata* (outono) na ZAPC. No ambiente, *A. tonsa* e *P. richardi* ocorreram em amplo intervalo de salinidade (0-36) e temperatura (10-30), enquanto *N. incompositus* ocorreu representativamente apenas em baixa salinidade (0-10) e mesma faixa de temperatura que *A. tonsa* e *P. richardi*. Períodos sob influência do fenômeno La Niña parecem favorecer *A. tonsa*, enquanto sob influência do El Niño há evidências de diminuição desta espécie e favorecimento para *P. richardi* e *N. incompositus* no ELP. Os resultados dos experimentos demonstraram que *P. richardi* é uma espécie amplamente eurihalina, obtendo sucesso no seu desenvolvimento de náuplios até a fase adulta quando cultivado nas salinidades (S) 5, 15 e 30. A sobrevivência média foi de 40,51%, alcançando 49% na S 15. O tempo médio de desenvolvimento foi de 16 dias (20° C), não sendo observadas diferenças estatísticas entre as salinidades testadas. O copépode *N. incompositus* apresentou características oligohalinas, os adultos da espécie apresentaram sobrevivência média de 79% em salinidades 1 e 5, de 20 % em S 10, e mortalidade total em S 15. A produção de ovos desta espécie foi baixa nas salinidades 5 e 1 e nula em S 10. Não foram observadas diferenças estatísticas entre os valores de produção de ovos de cada espécie encontrados sob as diferentes dietas utilizadas; porém, comparando os valores obtidos para as duas espécies, a média encontrada para *P. richardi* foi em média 20 vezes maior que a encontrada para *N. incompositus*.

Palavras Chaves: Mesozooplâncton, Composição, Abundância, Distribuição, Copépodes, Experimentos.

ABSTRACT

The abundance and distribution of the major mesozooplanktonic groups of the Patos Lagoon estuary (PLE) and from the surf zone of the Cassino Beach (SZCB), Brazil - RS, were examined monthly during the years 2000-2005. Three common copepods in PLE, *Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* and *Pseudodiaptomus richardi* (key-species) had their spatial and temporal variation separately analyzed and the results of field discussed in relation to environmental variables, details of experimental cultures, as well as with the occurrence of weather El Niño and La Niña phenomena. Moreover the effects of different salinities and algal diets on the egg production of the copepod species *P. richardi* and *N. incompositus*, were evaluated under controlled laboratory conditions. For the *P. richardi* was also performed experiment of growth in different salinities, under food in excess. The geographical and seasonal variations of the mesozooplankton community were associated with either salinity or temperature changes. In the SZCB, with higher salinity (~ 27), *Metamysidopsis* sp. constituted a significant component of the zooplankton, while in the PLE (mean salinity 8-10) the copepod *N. incompositus* and the cladoceran *Moina micrura* were important species. The euryhaline species *A. tonsa* was important in all the extension of the study area. Regarding seasonal variations, the organisms that showed higher rates of contribution determined from the SIMPER analysis were *N. incompositus* (winter and spring), *A. tonsa* (fall and summer) in the PLE; and the *A. tonsa* (winter), *M. elongata atlantica* (spring), *Subeucalanus pileatus* (summer) and *Temora turbinata* (fall) in the

SZCB. Regarding the distribution and abundance of the three key-species in the environment, *A. tonsa* and *P. richardi* occurred in wide ranges of salinity (0-36) and temperature values (10-30), on the other hand *N. incompositus* was only recorded in low salinity water (0-10) and equal temperature that *A. tonsa* and *P. richardi*. Periods under the influence of La Niña phenomenon appeared favour *A. tonsa*, while under the influence of El Niño, evidence of decline this specie and furtherance for *P. richardi* and *N. incompositus* in PLE. The experiments showed that *P. richardi* is tolerant to a wide range of salinity showing the same growth rate from nauplii to adults when reared at salinity (S) 5, 15 and 30. The survivorship was 40.51 % in average, with a maximum of 49% at S 15. The mean development time was 16 days (20°C), with no statistical differences among the three salinities tested. The copepod *N. incompositus* showed oligohaline characteristics, adults of this species presented survivorship of 79% at S 5 and S 1, 20% at S 10, and total mortality at S 15. There number of eggs produced by this specie was very low at salinities 1 and 5, and .was no egg production at S 10. There were no statistical differences on the egg production values with the different diets tested. However the number of eggs produced by *P. richardi* was, in average, twelve times higher than those observed for *N. incompositus*.

Keywords: Mesozooplankton, composition, abundance, distribution, copepods, experiments.

INTRODUÇÃO GERAL

As regiões costeiras e estuarinas são caracterizadas por condições variadas de temperatura, salinidade e disponibilidade alimentar, fazendo com que esses ecossistemas possuam características únicas de diversidade, produtividade e potencial pesqueiro. Estas regiões são de grande importância ecológica e econômica, pois funcionam como locais de alimentação, reprodução e criação de larvas de diversas espécies marinhas e de água doce, as quais fazem uso do zooplâncton local como principal fonte de alimento (Brown & McLachlan, 1990; Seeliger *et al.*, 1998; Hobbs *et al.*, 2006).

Os organismos zooplanctônicos ocupam posição de destaque nos ecossistemas aquáticos, atuando como um importante elo na cadeia alimentar pelágica. Boa parte dos organismos zooplanctônicos utilizam o fitoplâncton na sua alimentação, transferindo assim a energia produzida por estes produtores primários para os níveis tróficos superiores (Mauchline, 1998; Hopcroft & Roff, 1998; Lenz, 2000; Lopes *et al.*, 2006).

Muitas espécies de peixes que compõe os estoques pesqueiros mundiais, que são explorados e consumidos pela humanidade, necessitam de presas zooplanctônicas na alimentação durante a fase larval, assim sendo, variações na composição e na disponibilidade do zooplâncton para as larvas podem acarretar flutuações nos estoques adultos (Mauchline, 1998; Lenz, 2000; Lopes *et al.*, 2006). A pressão alimentar que o zooplâncton exerce sobre o fitoplâncton, pode em certo nível controlar a produtividade primária, e através

da posição chave que esses organismos ocupam na cadeia alimentar pelágica, podem influir diretamente sobre a dinâmica desses sistemas aquáticos (Banse, 1995).

Outra função ecológica e econômica importante de que esses organismos participam é o fluxo vertical de partículas. Através de suas migrações verticais diárias e da produção de pelotas fecais densas, contribuem para a retirada de nutrientes da zona eufótica, transportando-os para regiões mais profundas e oportunizando alimentação do bentos, e para o transporte de parte do carbono capturado da atmosfera pelo fitoplâncton para o fundo oceânico (Mann & Lazier 1996; Mauchline, 1998; Harris *et al.* 2000).

O estuário da Lagoa dos Patos (ELP) – Rio Grande – RS, suporta um diverso e rico ecossistema, abrigando um número elevado de peixes e outros organismos que são explorados economicamente na região, incluindo os peixes *Brevoortia pectinata*, *Micropogonias furnieri* (corvina), *Netuma barba* (bagre) e *Mugil platanus* (tainha), e o camarão rosa *Penaeus paulensis* (Dilncao, 1991; Sinque & Muelbert, 1998; Vieira *et al.*, 1998).

A Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC) também desempenha importante papel no desenvolvimento de larvas de peixes de muitas espécies, evidenciando a importância ecológica desse ambiente (Busoli & Muelbert, 1999). Em relação ao zooplâncton, foram observados elevados valores de biomassa na ZAPC, representando rica fonte de alimento para níveis superiores da cadeia trófica desse ambiente (Bersano, 1994).

O ELP é caracterizado por grandes variações de salinidade, as quais são determinadas principalmente pelo regime de ventos e taxas de precipitação (Garcia, 1998; Möller *et al.*, 2001). Ventos de nordeste e elevada descarga fluvial tornam o sistema límnico, enquanto ventos do quadrante sul e pequenas descargas de água doce ocasionam salinização do ambiente (Niencheski & Baumgarten, 1998). As marés astronômicas são de pequena amplitude e não exercem importância relevante nas variações de salinidade do estuário (Herz 1977; Möller *et al.*, 1991 e 1996).

A composição e distribuição de comunidades zooplânctônicas podem estar relacionadas a fatores como capacidade osmorregulatória e preferência por determinadas salinidades mais favoráveis para diferentes espécies (Uye *et al.*, 2000; Coyle & Pinckuk, 2003; Chinnery & Williams, 2004). Variações nos gradientes de salinidade e de temperatura podem definir a composição e a estrutura de assembléias zooplanctônicas (Hoffmeyer, 2004), bem como a abundância e a biomassa (Coyle & Pinckuk, 2003).

No ELP, a diversidade do zooplâncton está condicionada a mudanças nas condições halinas, as quais determinam a distribuição das espécies de diferentes origens. As variações térmicas, por sua vez, regulam o aparecimento de espécies, principalmente as de água doce (Montú 1980; Duarte *et al.* 1991).

Assim como observado para outras áreas costeiras, o zooplâncton do ELP é freqüentemente dominado pelos copépodes (Montú, 1980). Estes crustáceos são atualmente visados para uso em atividades de aqüicultura, como alimento na fase

larval de peixes e camarões (Schipp *et al.*, 1999; Payne *et al.*, 2001; McKinnon *et al.*, 2003; Aman & Altaff, 2004).

Os copépodes do gênero *Acartia* dominam a biomassa na maioria de baías rasas confinadas e lagunas de estuários, possuindo grande importância no zooplâncton de estuários tropicais e subtropicais do Atlântico e também de regiões temperadas (Björnberg 1981, Mauchline 1998). A espécie *A. tonsa* é freqüentemente encontrada na região do ELP, sendo considerada eurihalina e euritêmica (Montú 1980, Duarte 1986, Duarte *et al.* 1991).

Outras espécies de copépodes comuns na região do estuário da Lagoa dos Patos são *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi*. Estas são espécies de origem límnicas, mas apresentam características eurihalinas e euritêmicas (Montú 1980, Montú & Gloeden 1986, Duarte *et al.* 1991). A abundância de *N. incompositus* e *A. tonsa* no ELP parece estar diretamente relacionada com as mudanças de salinidade no mesmo. Nos períodos mais salinos (enchente), ocorrem maiores densidades de *A. tonsa*, enquanto que em salinidades mais baixas (vazante), *N. incompositus* é encontrado em abundância (Montú, 1980; Rudolf, 2002).

Os valores médios de salinidade e temperatura de determinados ambientes, podem ocasionalmente ser modificados por fenômenos climáticos, como El Niño e La Niña, ocasionando conseqüentemente variações na abundância, distribuição e padrões de dominância de espécies do zooplâncton (Piontkovski & Landry, 2003; Park *et al.*, 2004; Jiménez-Pérez & Lavaniegos, 2004). No ELP, durante anos sob influência de El Niño os valores de descarga fluvial excedem os valores médios ocasionando diminuição da salinidade no estuário

e zona costeira, situação inversa ocorrendo durante períodos de La Niña (Garcia, 1998; Vaz *et al.*, 2006). Dessa forma, períodos sob atuação desses fatores climáticos podem intensificar condições de salinização ou de baixas salinidades nos ambientes estuarino e costeiro, o que pode representar condições propícias ou inóspitas para diferentes organismos e espécies. No ELP foi observada modificação na composição das assembléias de peixes, que sob influência de La Niña 1995-96 apresentou um incremento na abundância de espécies marinhas e estuarinas residentes e dependentes, enquanto no período de El Niño 1997-8 a abundância de espécies marinhas no estuário foi menor (Garcia *et al.*, 2001). Durante esse último período, o zooplâncton do ELP também foi afetado, ocorrendo diminuição na densidade do copépode de origem marinha *A. tonsa*, e aumento na abundância de *N. incompositus*, copépode de origem límnic (Rudorff, 2002).

Estudos experimentais em laboratório avaliando a influência de fatores ambientais sobre a reprodução, crescimento e sobrevivência de copépodes, podem auxiliar na compreensão dos processos que determinam a distribuição dos mesmos no ambiente (Cervetto *et al.*, 1999; Chinnery & Williams, 2004; Calliari *et al.*, 2008). A salinidade e temperatura influenciam diretamente no tempo de desenvolvimento larval e nas taxas de produção de ovos e eclosão de náuplios de copépodes, podendo afetar o crescimento e a estrutura populacional de algumas espécies (Payne & Rippingale, 2001; Devreker *et al.*, 2007; Milione & Zeng, 2008). Em estudos de laboratório foi demonstrada a influência da salinidade na fecundidade de *A. tonsa*, com possíveis conseqüências ao potencial reprodutivo da mesma (Castro-Longoria, 2003; Cardozo, 2004). Além dos fatores

abióticos, um fator importante que exerce influência sobre o metabolismo de copépodes, é a dieta alimentar, a qual também pode influenciar na produção de ovos (Kleppel, 1992; Irigoien *et al.*, 2000; Kaminski, 2004), no tempo de desenvolvimento e sobrevivência (Kaminski, 2004; Knuckey *et al.*, 2005), bem como nas taxas de eclosão e crescimento populacional de certas espécies (Leandro *et al.*, 2006; Milione & Zeng, 2007).

Objetivos:

1.) Determinar a composição, densidade e distribuição do mesozooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Observar a ocorrência de organismos dominantes em função das variações espaciais e temporais (sazonais e interanuais) e relacioná-las com as características halinas e térmicas.

2.) Analisar separadamente a variação espacial e temporal de 3 espécies de copépodes importantes na região (*Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi*), a fim de elucidar as possíveis causas de flutuações temporais na composição e abundância das mesmas.

3.) Verificar o potencial reprodutivo dos copépodes *P. richardi* e *N. incompositus*, através de bioensaios em laboratório. Avaliar a influência da salinidade no número de ovos produzidos por postura dos dois copépodes e na taxa de crescimento de *P. richardi*, a fim de auxiliar na explicação da distribuição das espécies no ambiente. Analisar o efeito de diferentes dietas algais no número de ovos produzidos por postura para as duas espécies, para melhor conhecimento

sobre a biologia e o potencial das mesmas (para *A. tonsa* já existem informações disponíveis sobre a influência dos parâmetros testados).

Hipóteses

1.) Os padrões de dominância temporal das diferentes espécies de copépodes no estuário da Lagoa dos Patos são controlados por variações de temperatura, e sobretudo de salinidade.

2.) As variações de salinidade ocasionam alterações no potencial reprodutivo de *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus* e nas taxas de crescimento de *P. richardi*.

3.) Diferentes dietas algais podem ocasionar alterações no potencial reprodutivo de *P. richardi* e *N. incompositus*.

4.) A influência de fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña, podem favorecer os padrões de distribuição e abundância de algumas espécies de copépodes e prejudicar temporariamente a ocorrência de outras no ELP.

CAPÍTULO I

Variação sazonal e interanual do mesozooplâncton de áreas rasas do estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente, Rio Grande - RS, Brasil (2000 – 2005).

1- INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros e estuarinos possuem extrema importância ecológica e social nas regiões litorâneas, pois apresentam características únicas de diversidade, produtividade e potencial pesqueiro. Devido à ocorrência de condições variadas de salinidade, abrigo e disponibilidade de alimento, exercem papel fundamental no ciclo de vida de diversas espécies de invertebrados marinhos e de água doce. Isto se dá porque funcionam como áreas de reprodução e berçário para larvas e juvenis de peixes e crustáceos que se alimentam principalmente do zooplâncton local (Brown & McLachlan, 1990; Seeliger *et al.*, 1998; Hobbs *et al.*, 2006).

O zooplâncton possui grande importância ecológica nos ecossistemas aquáticos pois representa o principal elo entre os produtores primários e os consumidores secundários, incluindo os peixes explorados economicamente (Mauchline, 1998; Hopcroft & Roff, 1998; Lenz, 2000; Lopes *et al.*, 2006).

No Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) o zooplâncton é freqüentemente dominado por copépodes, cladóceros e larvas de Cirripedia (Montú, 1980). Já na Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC), os organismos dominantes podem ser misidáceos e copépodes (Bersano, 1994). Dentre os copépodes capturados na ZAPC com rede de malha de 300 µm, *Acartia tonsa* foi o mais abundante (Bersano, 1994). Porém, em um estudo realizado na ZAPC com rede de malha de 200 µm, Gorri (2006) observou que *Parvocalanus crasirostris* e *Acartia tonsa* foram as espécies mais freqüentes e abundantes.

Variações na salinidade e temperatura podem afetar a distribuição e abundância do zooplâncton, pois as espécies possuem diferentes níveis de tolerância às variações desses fatores, ocupando portanto, áreas geográficas distintas de acordo com suas preferências e/ou limitações fisiológicas (Montú, 1980; Uye *et al.* 2000; Hoffmeyer, 2004).

A ocorrência de fatores climáticos pode alterar padrões de salinidade e temperatura em determinados ambientes, ocasionando variações na composição e abundância do zooplâncton (Piontovsky & Landry, 2003; Coyle & Pinchut, 2003; Park *et al.*, 2004). As descargas fluvias dos rios que compõem a Bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos são maiores durante eventos de “El Niño” do que em períodos normais, e as vazões mais baixas estão associadas com “La Niña” (Vaz *et al.*, 2006). Dessa forma, a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, podem vir a intensificar as variações anuais na salinidade do ELP, e conseqüentemente, na fauna associada ao mesmo. Por exemplo, no estudo de Garcia *et al.* (2001) ficou demonstrado que as assembléias de peixes

deste estuário sofrem modificações em decorrência da ocorrência de diferentes ciclos ENSO.

Este capítulo tem por objetivos: **1.)** descrever a composição anual e sazonal da comunidade mesozooplanctônica do Estuário da Lagoa dos Patos e da Zona de Arrebentação da Praia do Cassino; **2.)** identificar os organismos dominantes desses ambientes, em termos de frequência de ocorrência e abundância, procurando relacionar os resultados com variações de salinidade e temperatura; **3.)** comparar os resultados do presente trabalho com estudos pretéritos realizados na região, a fim de verificar possíveis variações na comunidade do zooplâncton local.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Área de Estudo

O Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) – Rio Grande, RS (32°00'S, 51°59'W), possui uma dinâmica de circulação fortemente influenciada por variações de temperatura e salinidade, as quais são determinadas principalmente pelos padrões de vento e precipitação (Costa *et al.*, 1988; Garcia, 1998). Em períodos sob atuação de ventos de nordeste e elevada descarga fluvial, o sistema apresenta características límnicas, enquanto sob ventos do quadrante sul e pequenas descargas de água doce, ocorre salinização do ambiente (Niencheski & Baumgarten, 1998). As marés astronômicas são de pequena amplitude (média de 0,47m) devido à proximidade de um ponto anfidrômico na região, e não

exercem importância relevante nas variações de salinidade do estuário (Herz 1977; Castelo & Möller Jr. 1977; Möller *et al.*, 1996).

A praia do Cassino (32°13'S, 52°15'W) apresenta características dissipativas, com sedimentos finos e baixa declividade (Calliari & Klein, 1993). A região apresenta salinidades reduzidas, devido a influência do aporte de água doce do ELP e do Rio da Prata, especialmente durante os períodos de vazante (Möller *et al.*, 1991), tornando-se um ambiente caracterizado por amplas variações sazonais nas características térmicas e halinas (Bersano, 1994; Gorri, 2006; Odebrecht *et al.*, in press).

2.2. Obtenção das amostras de zooplâncton e dados abióticos

As amostras de zooplâncton utilizadas nesse estudo, foram coletadas sob responsabilidade do Prof. José Henrique Muelbert (Laboratório de Ictioplâncton- Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande - C.P. 474, 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil), como parte do projeto: Estuário da Laguna dos Patos e Costa Adjacente (ECOLAP), uma pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD).

Foram analisadas um total de 280 amostras que foram coletadas mensalmente entre os anos de 2000 e 2005, em quatro estações de coleta localizadas nas margens do ELP e ZAPC. A estação 1, localizada na ZAPC; a estação 2, localizada na Prainha, em área próxima a desembocadura do estuário e assim exposta a grandes trocas entre os dois ambientes; estação 3, localizada na ponte dos Franceses, recebendo influência do Saco da

Mangueira, área muito impactada e eutrofizada; e estação 4, localizada na Marambaia, Ilha dos Marinheiros (Figura 1).

Ocorreram algumas falhas nas amostragens mensais, nos seguintes locais e momentos: Na estação 1 (ZAPC) não houve coleta em novembro de 2000, na estação 5 (Franceses) em setembro e novembro de 2004, e na estação 4 (Marambaia) houveram falhas em março e abril 2000, outubro de 2001, junho de 2003 e setembro de 2005.

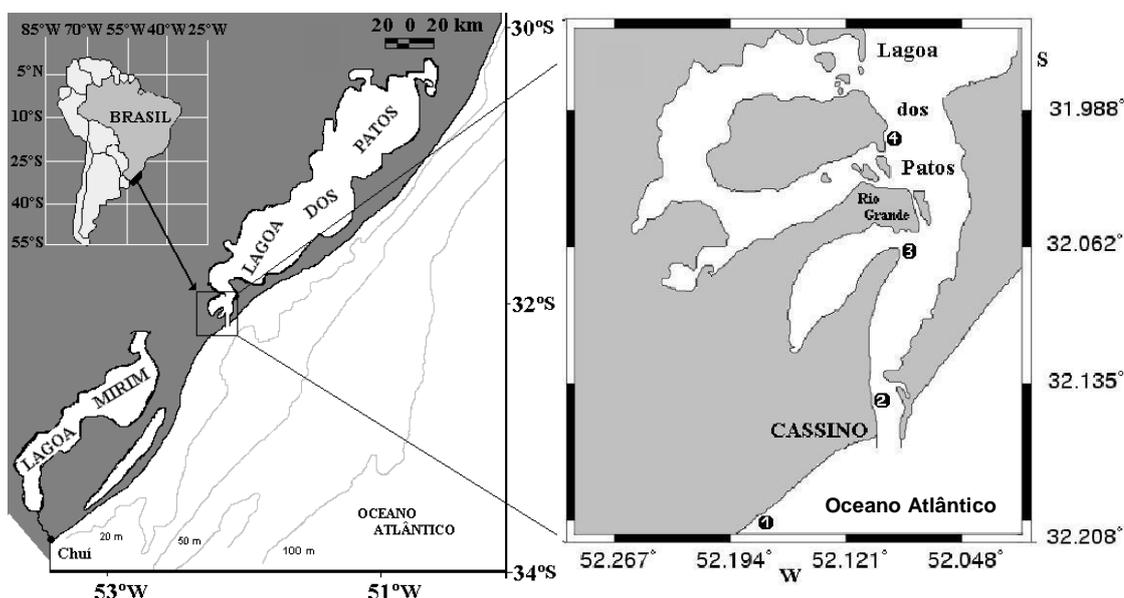


Figura 1. Área de estudo com identificação das estações de coleta: 1- Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC), 2- Prainha, 3- Ponte dos Franceses, 4- Marambaia.

As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais realizados manualmente em ambientes de praia com profundidade máxima de 1 m. A duração dos arrastos foi de dois minutos, sendo coletada uma amostra por estação de coleta, utilizando rede cônica de 300 μ m de malha (essa malha foi utilizada sendo que as amostras foram inicialmente coletadas para análise de ictioplâncton, tendo sido feito um reaproveitamento das mesmas neste

trabalho) e 50 cm de diâmetro de boca, equipada com fluxômetro calibrado para cálculo do volume de água filtrada. A temperatura e salinidade foram obtidas no momento das coletas através de termosalinômetro YSI -30. Todas as amostras foram processadas e preservadas com solução de formalina a 4% neutralizada com tetraborato de sódio, para posteriores análises e contagens.

2.3- Identificação e quantificação do mesozooplâncton

Para a identificação e quantificação dos organismos foram retiradas alíquotas representativas de acordo com abundância dos mesmos nas amostras (de 1,5 a 100% da amostra), permitindo obter um número mínimo de 200 indivíduos contados, a fim de se obter uma ótima definição da composição das amostras. Segundo Frontier (1981), a identificação de 100 indivíduos já é suficiente para caracterizar uma amostra de zooplâncton. A identificação foi feita de acordo com Björnberg (1981), Montú & Gloeden (1986), Loureiro (1997) e Boltovskoy (1999), entre outros. Os organismos do zooplâncton total foram classificados em nível de grupos (Filo, Classe e/ou Ordem), e os copépodes e cladóceros ao menor nível taxonômico possível (família, gênero e/ou espécie). As contagens foram feitas sob microscópio estereoscópico utilizando placas de contagem tipo Bogorov (Boltovskoy, 1981).

2.4- Dados climáticos

Informações referentes a períodos de ocorrência dos fenômenos climáticos globais La Niña e El Niño (ENSO) foram obtidos no site da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration Fonte: <http://www.cdc.noaa.gov>). Dados de precipitação foram fornecidos pela estação meteorológica da furg (www.meteorologia.furg.br).

2.5- Análises estatísticas

Para identificar relações entre dados de composição e abundância do mesozooplâncton e as variações espaciais e temporais (espaciais, sazonais e interanuais), foram realizadas análises estatísticas utilizando o programa estatístico PRIMER 6 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research). Os dados passaram por transformação de $\log(x+1)$. Espécies raras, definidas como aquelas que ocorreram em menos de 2% das amostras, não foram incluídas nas análises. A análise ANOSIM (permutation-based hypothesis testing) foi aplicada para verificar se as diferenças (espaciais, sazonais e interanuais) foram devido ao acaso; MDS (ordination by non-metric multidimensional scaling) foi utilizada para observar a formação de grupos distintos espacialmente e temporalmente, considerando todo período estudado e separadamente para cada ano. Análise SIMPER (Similarity Percentages Routine) foi aplicada para determinar o índice de contribuição (IC) das espécies na determinação das diferenças em cada situação: por estação de coleta, período sazonal e interanual (Clarke & Gorley, 2005).

Os dados também foram submetidos à Análise de Variância sobre Classes (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks), para identificar possíveis variações entre médias de salinidade e temperatura, bem como entre abundância média do mesozooplâncton total nas diferentes estações de coleta. Quando observadas diferenças significativas entre as médias, foi aplicado o teste de Dunn com nível de significância de 95% (Centeno, 1999).

3- RESULTADOS

3.1. Variáveis ambientais

Os padrões sazonais de flutuação da temperatura foram semelhantes em todas as estações de coleta, sendo que os valores mínimos ocorreram em períodos de inverno, e aumentaram gradativamente até o verão, voltando a diminuir durante o outono (Figura 2- A a D).

Maiores valores absolutos de temperatura (30 e 34) foram encontrados nas áreas mais interiores do ELP (Franceses e Marambaia, respectivamente), estatisticamente ($p < 0,05$) mais elevadas que na estação 1 (ZAPC). A estação 2 (Prainha) não apresentou diferença de temperatura em relação às outras, atuando como zona de transição (Tabela 1).

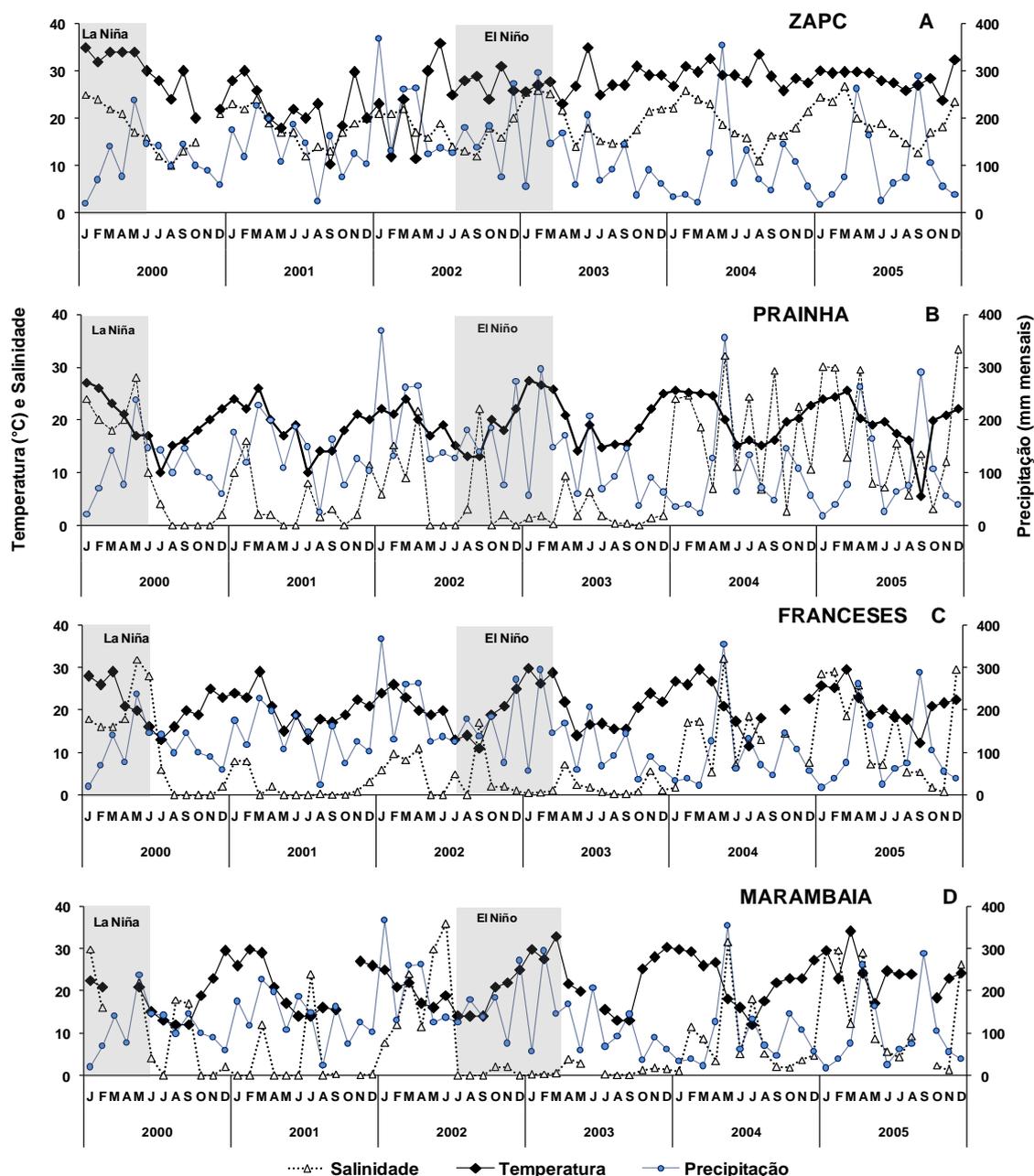


Figura 2. Variações mensais da temperatura, salinidade e precipitação (mm por mês). **A.** Zona de arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC); **B.** Prainha; **C.** Franceses e **D.** Marambaia. Períodos aproximados sob influência de fenômenos El Niño e La Niña destacados (dados de precipitação disponibilizados pela estação meteorológica da FURG a partir do site: www.meteorologia.furg.br).

A salinidade apresentou menores valores geralmente em períodos de inverno e primavera nas estações estuarinas (2, 3 e 4), e ocasionalmente durante o verão de 2003 (Figura 2- B a D). Além disso, foi significativamente

mais elevada na estação 1 (ZAPC) , do que nas demais estações, localizadas no ELP (Tabela 1). Durante período sob a influência do El Niño, nas estações estuarinas os valores ficaram abaixo de 5 e bem próximos a zero, sobretudo na Marambaia, a estação mais interna. Baixas salinidades por períodos prolongados também foram observadas em outras ocasiões, como no ano de 2001, na estação Franceses (Figura 2- C).

Tabela 1. Amplitude de variação e médias (entre parênteses) dos parâmetros ambientais (T°C e Salinidade) e da abundância do mesozooplâncton (ind. m⁻³); e média de copépodes na composição do mesozooplâncton nas diferentes estações de coleta. Letras minúsculas denotam diferenças significativas entre as médias.

Estação	1 (ZAPC)	2 (Prainha)	3 (Franceses)	4 (Marambaia)
Amplitude de T °C	10 – 26,8 (19) a	5,5 – 27,5 (19) b, a	11 – 30 (21) c,b	12 – 34,1 (22) c,b
Amplitude de Salinidade	10,3 – 36 (27) a	0 – 33,3 (10) b	0 – 32,1 (8) b	0 -36 (8) b
Abundância do Mesozooplâncton (média)	14,58 a 11.843 (1.182) a	3,46 – 8.134,8 (516) b	2,5 – 10.771 (787) b, a	5,9 – 12.927 (761) b
Média de copépodes na composição (%)	49,23	62,26	52,59	51,03

A pluviosidade variou irregularmente durante os anos, com valores de precipitação (mm mensais) mínimos de 17 e 20 mm, em meses de janeiro de 2005 e 2000, respectivamente; e máximos de 368 e 365 mm, em janeiro de 2002 e maio de 2004, respectivamente (Figura 2-A a D).

No período estudado, foram observados episódios do fenômeno climático El Niño Southern Oscillation (ENSO), tendo a fase La Niña ocorrido em 2000, e a fase El Niño em 2002-2003 (Figura 3).

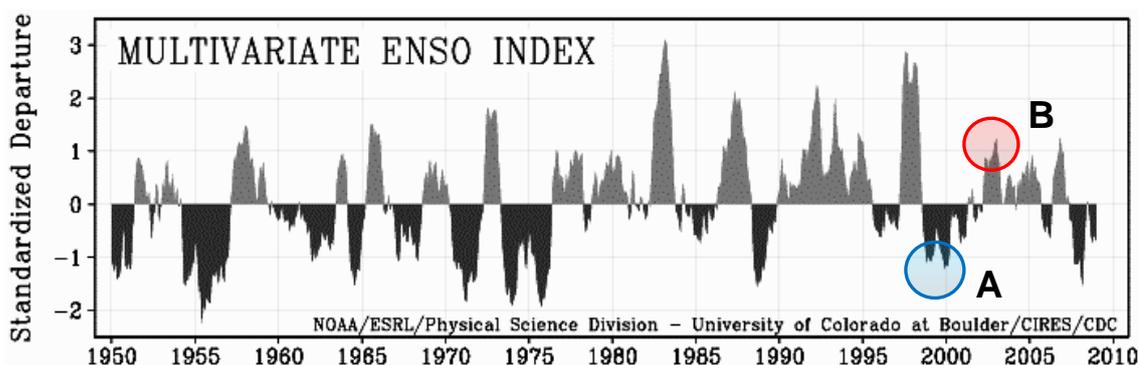


Figura 3. Série temporal com valores de índices Multivariados de ENSO. Fonte: Imagem obtida a partir do web site da NOAA/ESRL Physical Sciences Division (<http://www.cdc.noaa.gov/enso/enso.current.html#indices>), com destaque nos episódios La Niña (A) e El Niño (B) ocorridos durante o período estudado.

3.2 Composição e abundância do mesozoplâncton total

Considerando-se todo o período e a área amostral, a abundância do mesozoplâncton total variou de 2,5 a 12.927 ind. m^{-3} (média 811,3 ind. m^{-3}). Foram identificados 112 Taxa, pertencentes a 8 filos diferentes, 71 espécies, 18 gêneros e 23 em nível de grupo (Filo, Classe e/ou Ordem). Os Copepoda e Cladocera representaram a maioria, com 46 e 42 taxa, respectivamente (Tabela 2). As maiores abundâncias médias foram obtidas para *Acartia tonsa* (245 ind. m^{-3}), náuplios de Cirripedia (110 ind. m^{-3}), *Metamysidopsis elongata atlantica* (83 ind. m^{-3}) e *Notodiaptomus incompositus* (80 ind. m^{-3}). Os organismos que apresentaram maior abundância máxima foram os copépodes *A. tonsa*, *Temora turbinata* e *N. incompositus*, com 10.072, 9.078 e 4.937 ind. m^{-3} , respectivamente; além de náuplios de Cirripedia e *M. elongata atlantica*, com 8.400 e 5.424 ind. m^{-3} , respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Organismos zooplancônicos identificados na área de estudo. Frequência de ocorrência total (FOT); abundância (ind.m⁻³) máxima (Amax) e média (Amed) e frequência de ocorrência (FO) na ZAPC e no ELP (%). Em destaque os organismos que apresentaram maiores abundância máxima e média (vermelho), e maiores FO e FOT (azul).

Filos	Grupos e/ou espécies	FOT (%)	Amax (%)	Amed (%)	FO (%)	
					ZAPC	ELP
Cnidaria	Siphonophorae	10	80	0,89 (±6)	25,35	5,3
	Hydromedusae	28	347	7,61 (±33,09)	57,7	19,6
	Larvas de Ceriantharia	1,4	4	0,02 (0,17)	4,23	0,48
Ctenophora	Ctenophora	4	22	0,16 (±1,53)	4,23	3,35
	Polychaeta Bênticos	23	72	1,10 (±5,56)	33,8	19,6
Annelida	Polychaeta Planctônicos	5	15	0,16 (±1,26)	11,27	2,39
Mollusca	Véliger Bivalves	15	532	4,60 (±37,35)	23,9	11,5
	Véliger Gastropoda	22	2.063	10,29 (±124,69)	19,7	22,9
<i>Arthropoda</i> (Classe Crustacea)	CLADOCERA					
	<i>Pleopis polyphemoides</i>	9	266	1,49 (±16,16)	11,27	8,6
	<i>Pseudevadne tergestina</i>	5	118	0,84 (±7,67)	8,45	3,8
	<i>Evadne spinifera</i>	0,71	6	0,02 (0,39)	0	0,96
	<i>Evadne nordmanni</i>	0,71	15	0,07 (0,93)	2,82	0
	<i>Evadne</i> sp.	0,36	7	0,03 (0,42)	1,41	0
	<i>Penilia avirostris</i>	14	2.078	20,42 (±163,19)	1,69	13,43
	<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	6	101	1,36 (±8,39)	0	8,13
	<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	5	33	0,38 (±2,51)	0	7,18
	<i>Diaphanosoma polispina</i>	0,36	32	0,11 (1,89)	0	0,48
	<i>Diaphanosoma brevireme</i>	1	9	0,04 (0,53)	0	1,44
	<i>Diaphanosoma</i> sp.	19	170	3,13 (±15,47)	0	24,9
	<i>Pseudosida</i> sp.	0,363	6	0,02 (0,36)	0	0,48
	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	11	139	1,64 (±11,79)	0	14,83
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	24	112	1,69 (±7,76)	14	31,6
	<i>Ceriodaphnia quadrangulata</i>	0,36	28	0,10 (1,66)	0	0,48
	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	0,36	1	0,03 (0,05)	0	0,48
	<i>Daphnia pulex</i>	0,71	2	0,003 (0,04)	0	0,96
	<i>Daphnia ambigua</i>	0,71	4	0,022 (0,29)	0	0,96
	<i>Daphnia</i> sp.	1,4	5	0,04 (0,43)	0	0,91
	<i>Scapholeberis spinifera</i>	0,36	1	0,001 (0,010)	0	0,48
	<i>Simocephalus vetulus</i>	2	64	0,55 (±5,18)	0	2,87
	<i>Simocephalus serrulatus</i>	11	73	1,05 (±5,64)	2,82	13,88
	<i>Simocephalus kerhervei</i>	0,36	2	0,01 (0,09)	0	1,41
	<i>Simocephalus</i> sp.	6	152	0,76 (±9,24)	1,41	7,18
	<i>Moina micrura</i>	35	3.027	50,92 (±228,59)	1,41	46,41
	<i>Moina minuta</i>	3	248	1,13 (±15,02)	0	4,31
	<i>Moina</i> sp.	2	161	1,20 (±12,55)	0	2,87
	<i>Bosmina longirostris</i>	21	93	1,65 (±7,5)	1,4	28,23
	<i>Bosmina</i> sp.	1	13	0,06 (0,81)	0	1,44
	<i>Bosminopsis deitersi</i>	2	37	0,22 (±2,37)	0	2,87
	<i>Macrothrix laticornis</i>	0,36	1	0,005 (0,08)	0	0,48
	<i>Macrothrix tricerialis</i>	1	3	0,01 (0,06)	0	1,44
	<i>Ilyocryptus spinifer</i>	3	6	0,05 (±0,47)	2,82	2,39
	<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	1	3	0,01 (0,14)	0	1,44
	<i>Chydorus</i> spp.	4	6	0,08 (±0,56)	4,23	4,31
	<i>Pleuroxus denticulatus</i>	0,36	1	0,002 (0,04)	0	0,48
	<i>Alona</i> sp.	0,71	3	0,02 (0,19)	0	0,96
	<i>Biapertura affinis</i>	0,36	2	0,001 (0,11)	0	1,41
	<i>Biapertura karua</i>	0,36	1	0,002 (0,04)	0	0,48
	<i>Camptocercus dadayi</i>	4	10	0,13 (±0,9)	4,23	4,31
	<i>Euryalona orientalis</i>	3	2	0,03 (±0,18)	0	3,35
	<i>Kurzia latissima</i>	0,36	1	0,002 (0,03)	0	1,41
	CIRRIPEDIA					
	Náuplios de Cirripedia	43	8.400	110,21 (±716)	34,28	46,01

Filos	Grupos e/ou espécies	FOT (%)	Amax (%)	Amed (%)	FO (%)	
					ZAPC	ELP
	Cypris de Cirripedia	27	640	6,24 (±44,72)	54,93	17,7
	OSTRACODA	28	485	20,70 (±291,39)	2,82	35,9
	COPEPODA					
	<i>Calanoides carinatus</i>	5	60	0,42 (±3,87)	15,49	1,44
	<i>Calanus australis</i>	0,71	2	0,01 (0,07)	1,41	0,48
	<i>Undinula vulgaris</i>	0,36	1	0,005 (0,08)	1,41	0
	<i>Paracalanus parvus</i>	19	1.927	14,56 (±121)	42,25	11,48
	<i>Paracalanus aculeatus</i>	2	3	0,02 (±0,2)	4,23	1,44
	<i>Paracalanus quasimodo</i>	18	181	2,29 (±12,99)	25,35	15,31
	<i>Paracalanus indicus</i>	0,36	6	0,02 (0,37)	0	0,48
	<i>Parvocalanus crassirostris</i>	13,57	49	0,74 (±3,9)	23,94	10,05
	<i>Subeucalanus pileatus</i>	33	345	10,73 (±38)	61,97	23,92
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	1	30	0,12 (1,82)	2,82	0,48
	<i>Ctenocalanus vanus</i>	16	710	13,5 (±74)	38,09	8,61
	<i>Ctenocalanus sp.</i>	1,4	115	0,24 (3,81)	5,63	1,44
	<i>Centropages furcatus</i>	14	92	1,33 (±7,5)	32,39	7,66
	<i>Centropages brachiatus</i>	0,71	83	0,3 (4,96)	1,41	0,48
	<i>Centropages sp.</i>	3	7	0,07 (±0,62)	5,63	1,91
	<i>Pseudodiaptomus richardi</i>	45	1.896	12,36(±114)	47,89	44,50
	<i>Notodiaptomus incompositus</i>	50	4.937	80,13 (±349)	5,63	64,59
	<i>Argyrodiaptomus denticulatus</i>	0,36	7	0,02 (4,41)	0	0,48
	<i>Argyrodiaptomus sp.</i>	0,71	14	0,06 (0,84)	0	0,96
	<i>Temora stylifera</i>	13	36	0,93 (±4,05)	23,94	9,57
	<i>Temora turbinata</i>	37	9.078	52,28 (±545)	54,93	29,87
	<i>Labidocera fluviatilis</i>	9	45	0,4 (±2,39)	11,27	8,13
	<i>Acartia lilljeborgi</i>	4	224	0,68 (±10,20)	4,23	3,35
	<i>Acartia tonsa</i>	74	10.072	245,02 (±1004)	77,46	73,21
	<i>Oithona atlantica</i>	0,71	7	0,04 (0,48)	2,82	0
	<i>Oithona nana</i>	1,4	23	0,09 (1,36)	1,41	1,44
	<i>Oithona plumifera</i>	7	62	0,52 (±4,2)	15,49	4,31
	<i>Oithona similis</i>	0,36	1	0,002 (0,03)	0	0,48
	<i>Oithona simplex</i>	0,71	4	0,02 (0,24)	1,41	0,48
	<i>Oithona sp.</i>	4	18	0,14 (±1,39)	5,63	3,35
	<i>Cyclopoida</i> (água doce) ñ id.	43	183	6,44 (±21,73)	9,86	54,05
	<i>Hallicyclops sp.</i>	11	30	0,75 (±3,61)	16,9	9,1
	<i>Macrosetella gracillis</i>	0,36	1	0,003 (0,05)	1,41	0
	<i>Microsetella rosea</i>	0,36	1	0,003 (0,05)	1,41	0
	<i>Euterpina acutifrons</i>	4	6	0,08 (±0,54)	1,41	4,31
	<i>Clytemnestra rostrata</i>	0,36	17	0,06 (1,03)	0	0,48
	<i>Harpacticoida</i> ñ id.	4	3	0,03 (±0,22)	0	5,26
	<i>Oncaea venusta</i>	4	18	0,12 (±1,20)	5,63	2,87
	<i>Oncaea waldemari</i>	0,71	34	0,13 (2,07)	0	0,96
	<i>Oncaea sp.</i>	1,4	4	0,03 (0,28)	4,23	0,48
	<i>Corycaeus amazonicus</i>	13	69	0,99 (±5,85)	25,35	9,09
	<i>Corycaeus giesbrechti</i>	15	98	1,37 (±7,55)	29,58	10,05
	<i>Corycaeus sp.</i>	6	18	0,25 (±1,62)	9,86	4,31
	<i>Ergasilus euripedesi</i>	3	42	0,07 (±0,7)	0	3,83
	Copepoditos	90	1.191	51,04 (±132,3)	88,73	89,95
	Náuplios de Copepoda	6	25	0,19 (±1,60)	8,45	4,78
	MYSIDACEA					
	<i>Metamysidopsis elongata atlantica</i>	25,71	5.424	82,9 (449)	73,24	9,57
	<i>Neomysis americana</i>	6,79	50	0,93 (5,13)	0	9,09
	CUMACEA	26	143	2,57 (±14,31)	11,49	30,14
	AMPHIPODA					
	Gammaridea	28	112	2,74 (±11,45)	69,01	14,35
	Hyperieida	8	78	0,50 (±4,76)	15,49	5,4

Filos	Grupos e/ou espécies	FOT (%)	Amax (%)	Amed (%)	FO (%)	
					ZAPC	ELP
	DECAPODA					
	Larvas de Crustáceos	58	827	10 ($\pm 53,9$)	57,75	58,37
	<i>Lucifer faxioni</i>	0,36	1	0,004 (0,07)	0	0,48
	Stomatopoda	1,8	5	0,02 (0,24)	1,41	1,91
Phoronida	Phoronida	4	128	1,25 ($\pm 9,91$)	8,45	2,39
Chaetognata	<i>Sagitta</i> spp.	35	157	5,82 ($\pm 17,05$)	70,42	23,44
Chordata	<i>Oikopleura dioica</i>	19	82	1,49 ($\pm 6,75$)	23,94	16,7
	Salpidae	1,8	314	1,19 (18,76)	7,04	0
	Doliolida	0,36	1	0,004 (0,07)	1,41	0

3.3. Frequência de ocorrência (FO)

3.3.1. Frequência de ocorrência total (FOT)

A FOT foi estimada para toda a área estudada (ZAPC e ELP conjuntamente) e apresentou como espécies ou grupos de organismos mais frequentes os copepoditos, o copépode *Acartia tonsa* e as larvas de crustáceos Decapoda, com 90%, 74% e 58% de FOT total, respectivamente (Tabela 2).

Os demais copépodes que apresentaram maiores valores de FOT, foram *Notodiaptomus incompositus* (50%), *Pseudodiaptomus richardi* (45%), Cyclopoida de água doce (43%) e *Temora turbinata* (37%). Náuplios de Cirripedia apresentaram FOT de 43%, *Sagitta* spp. de 35%, e Hydromedusae e Gammaridea de 28%. Entre os cladóceros, a espécie mais frequente foi *Moina micrura* (35%), seguida por *Ceriodaphnia dubia* e *Bosmina longirostris*, com FOT de 24 e 21%, respectivamente (Tabela 2).

3.3.2. Freqüência de ocorrência (FO) dos organismos zooplanctônicos de acordo com a distribuição espacial

Considerando a variação espacial, verificou-se ocorrerem diferenças na FO de muitas espécies entre uma estação e outra. Na ZAPC, estação 1, os organismos marinhos como os *Metamysidopsis elongata atlantica*, Chaetognatha, Gammaridea e Hydromedusae, cypris de Cirripedia, além de várias espécies de copépodes, foram mais freqüentes que nas demais estações localizadas no estuário (Tabela 2 e Figura 4- A). Já nas estações 2, 3 e 4, localizadas no ELP, cladóceros límnicos, copépodes Cyclopoida de água doce e *N. incompositus* foram mais freqüentes do que na ZAPC (Tabela 2 e Figura 4- B).

Vários cladóceros tiveram FO nula na ZAPC, apenas os cladóceros marinhos *Penilia avirostris*, *Pleopsis poliphemoides*, *Pseudoevadne tergestina* e *Evadne* spp. foram encontrados com maior FO na ZAPC e na Prainha (Tabela 2). Alguns organismos eurihalinos, como *A. tonsa*, *P. richardi*, *Labidocera fluviatilis* e larvas de crustáceos Decapoda, tiveram FO semelhante em todas as estações de coleta (Tabela 2 e Figura 4- B).

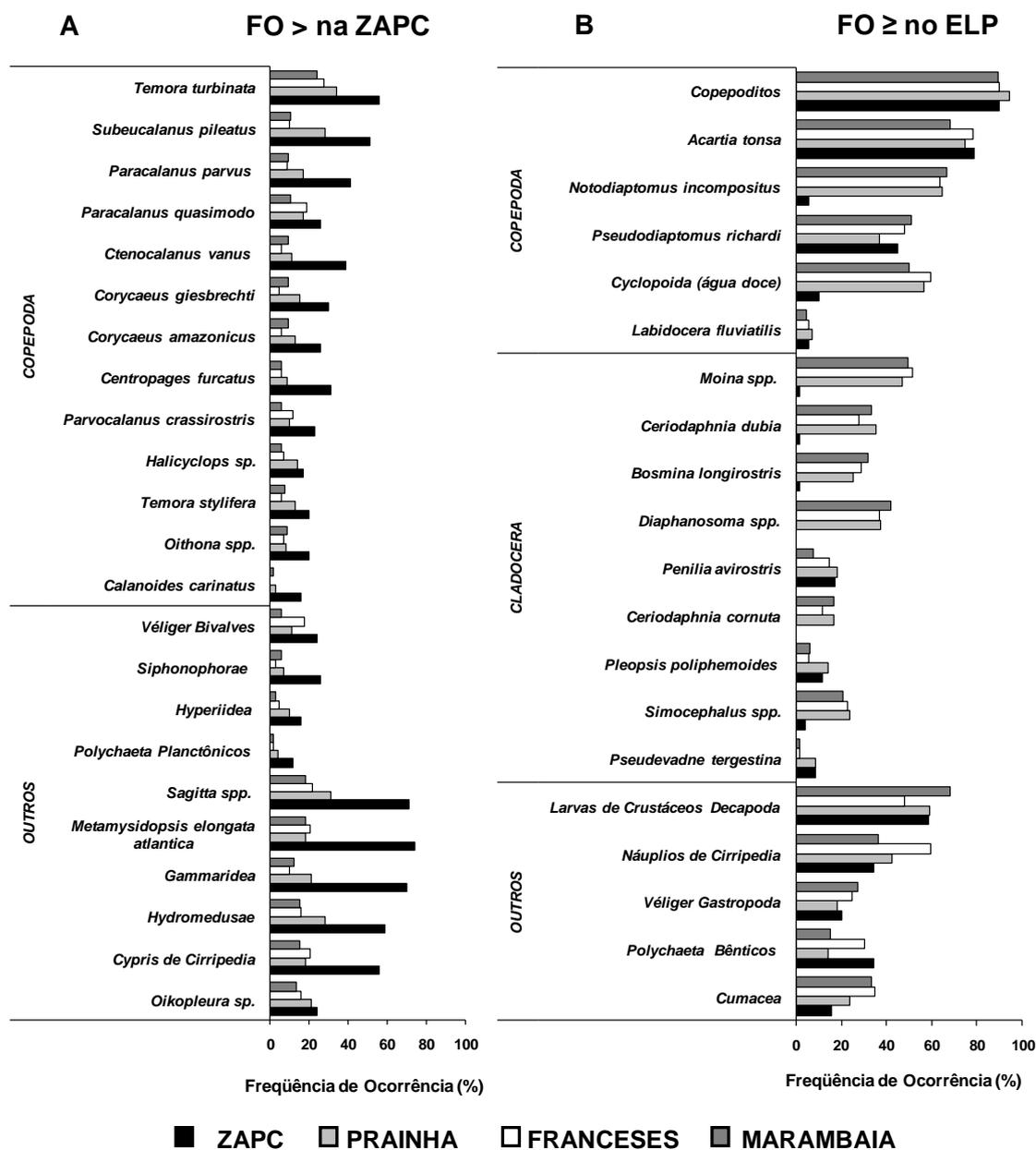


Figura 4. Frequência de ocorrência (FO) das principais espécies e grupos de organismos identificados, subdivididas por estação de coleta para possibilitar a observação das variações espaciais. **A.** Grupos e espécies com FO maior na ZAPC (estação 1). **B.** Grupos e espécies com FO no ELP maior ou semelhante a ZAPC (estações 2, 3 e 4).

3.4. Variação espacial e temporal (sazonal e interanual) do mesozooplâncton

Na ZAPC, os maiores picos de densidade ocorreram em períodos de final de verão e final de inverno/início de primavera, relacionados a maiores densidades de copépodes em março de 2004 e setembro de 2003 e 2005, e de misidáceos em janeiro de 2002 (Figura 5- A, B e C).

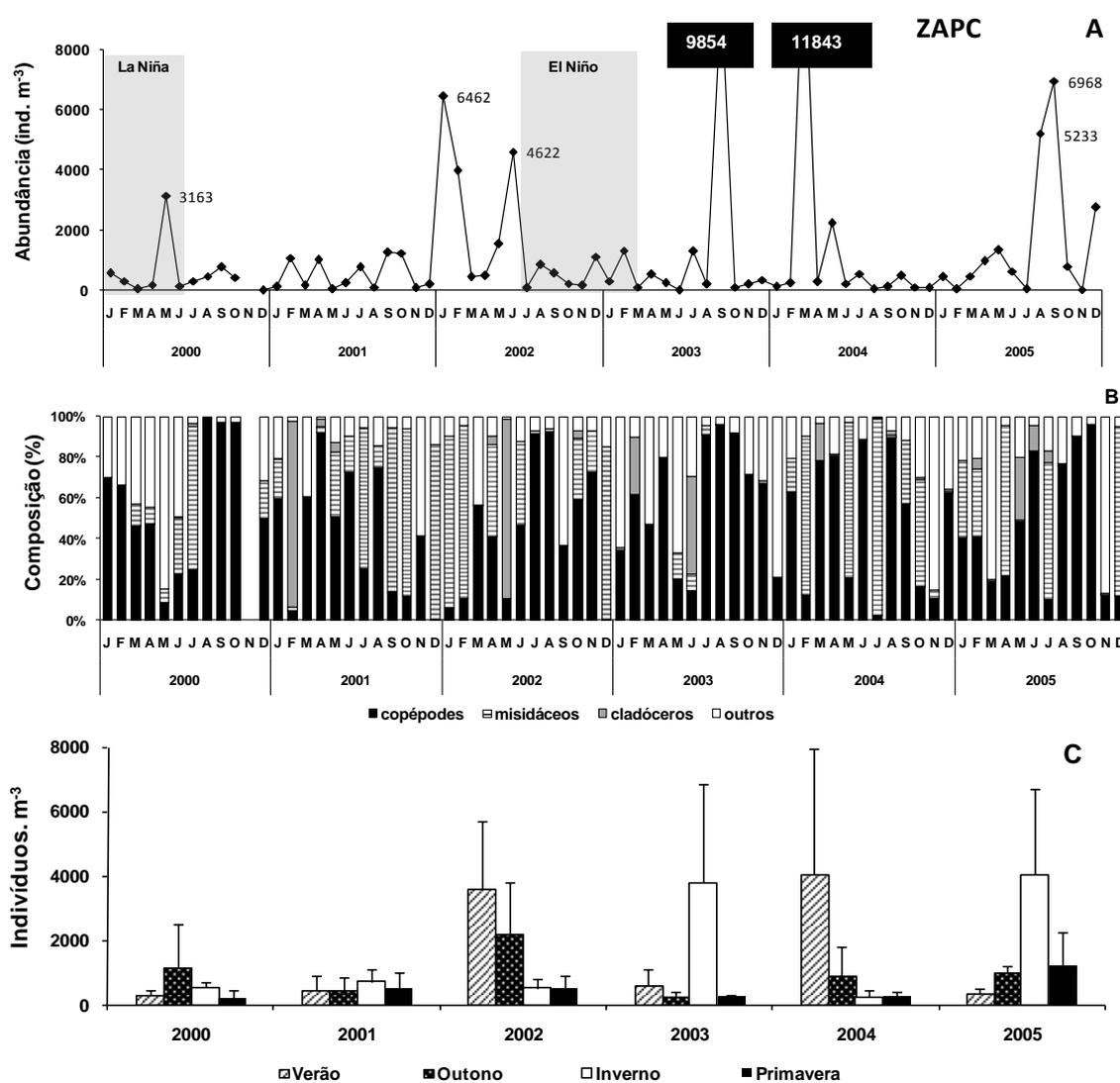


Figura 5. Estação de Coleta 1 (ZAPC). **A.** Abundância total do mesozooplâncton; **B.** Composição dos grupos taxonômicos mais relevantes; e **C.** Variação sazonal da densidade média do mesozooplâncton.

Na estação Prainha, o maior pico de densidade ocorreu no verão de 2002, devido a grande densidade de náuplios de Cirripedia, um segundo pico ocorreu na primavera de 2003, devido a abundância de copépodes (Figura 6- A a C).

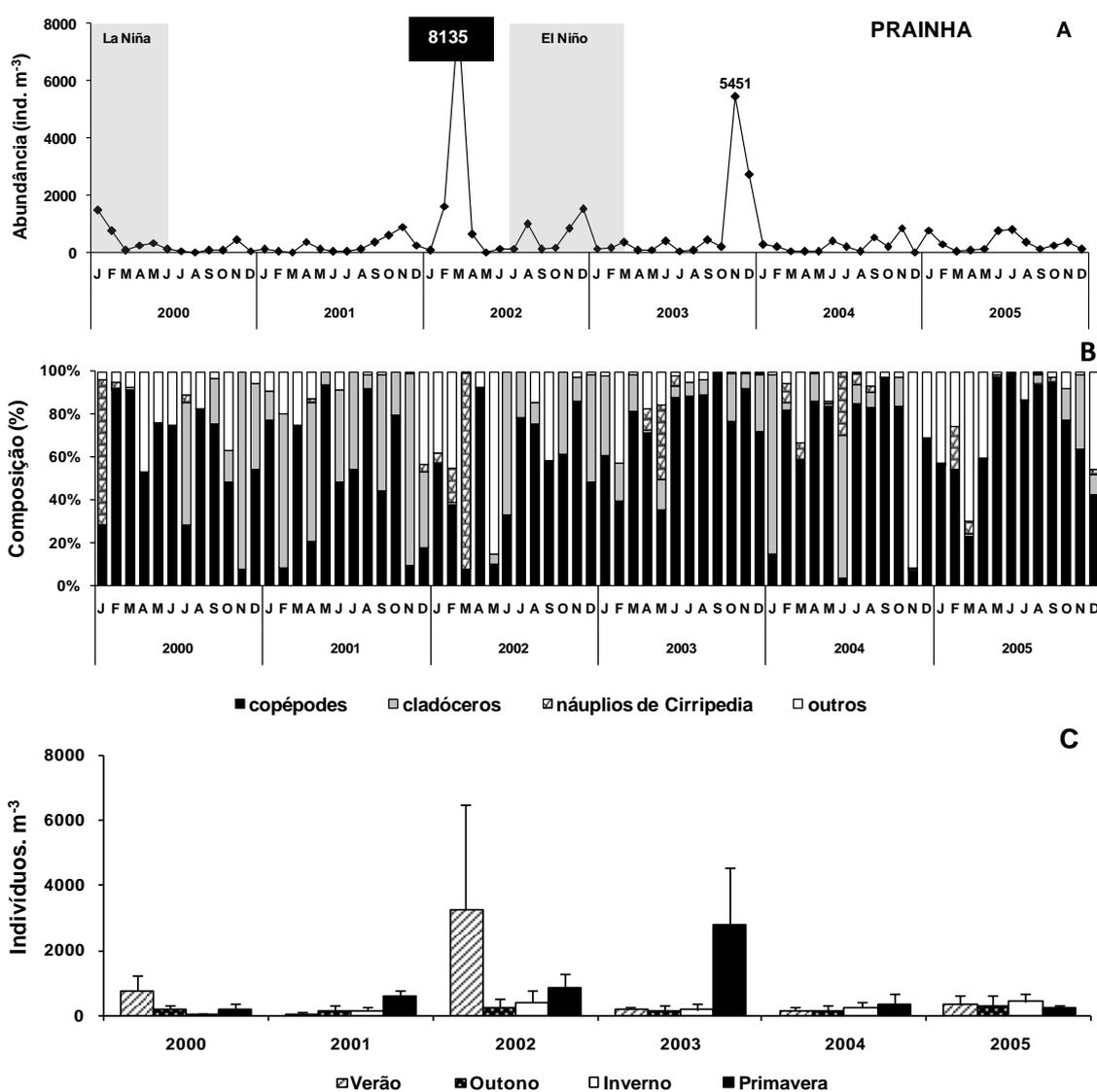


Figura 6. Estação de Coleta 2 (Prainha). **A.** Abundância total do mesozoplâncton; **B.** Composição dos grupos taxonômicos mais relevantes; e **C.** Variação sazonal da densidade média do mesozoplâncton.

Na estação 3 (Franceses), a maior densidade também ocorreu durante o verão de 2002, devido a alta abundância de náuplios de Cirripedia, e o segundo maior pico ocorreu no final da primavera/início de verão do mesmo ano, devido a cladóceros e copépodos (Figura 7- A a D).

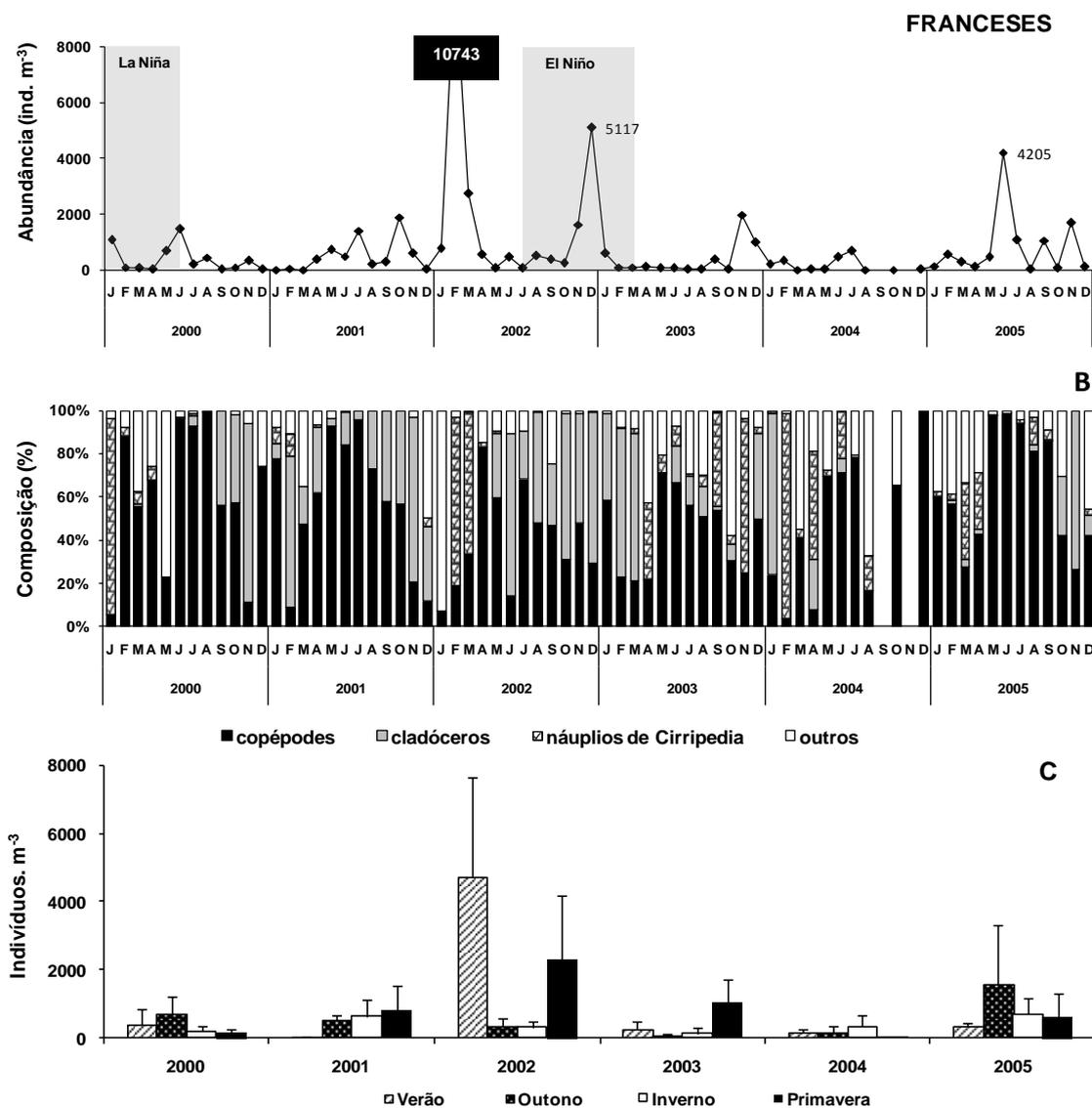


Figura 7. Estação de Coleta 3 (Franceses). **A.** Abundância total do mesozooplâncton; **B.** Composição dos grupos taxonômicos mais relevantes; e **C.** Variação sazonal da densidade média do mesozooplâncton.

Na estação 4 (Marambaia) os maiores picos ocorreram no inverno e verão, relacionados a aumento na densidade de copépodes e náuplios de Cirripedia (Figura 8- A a C).

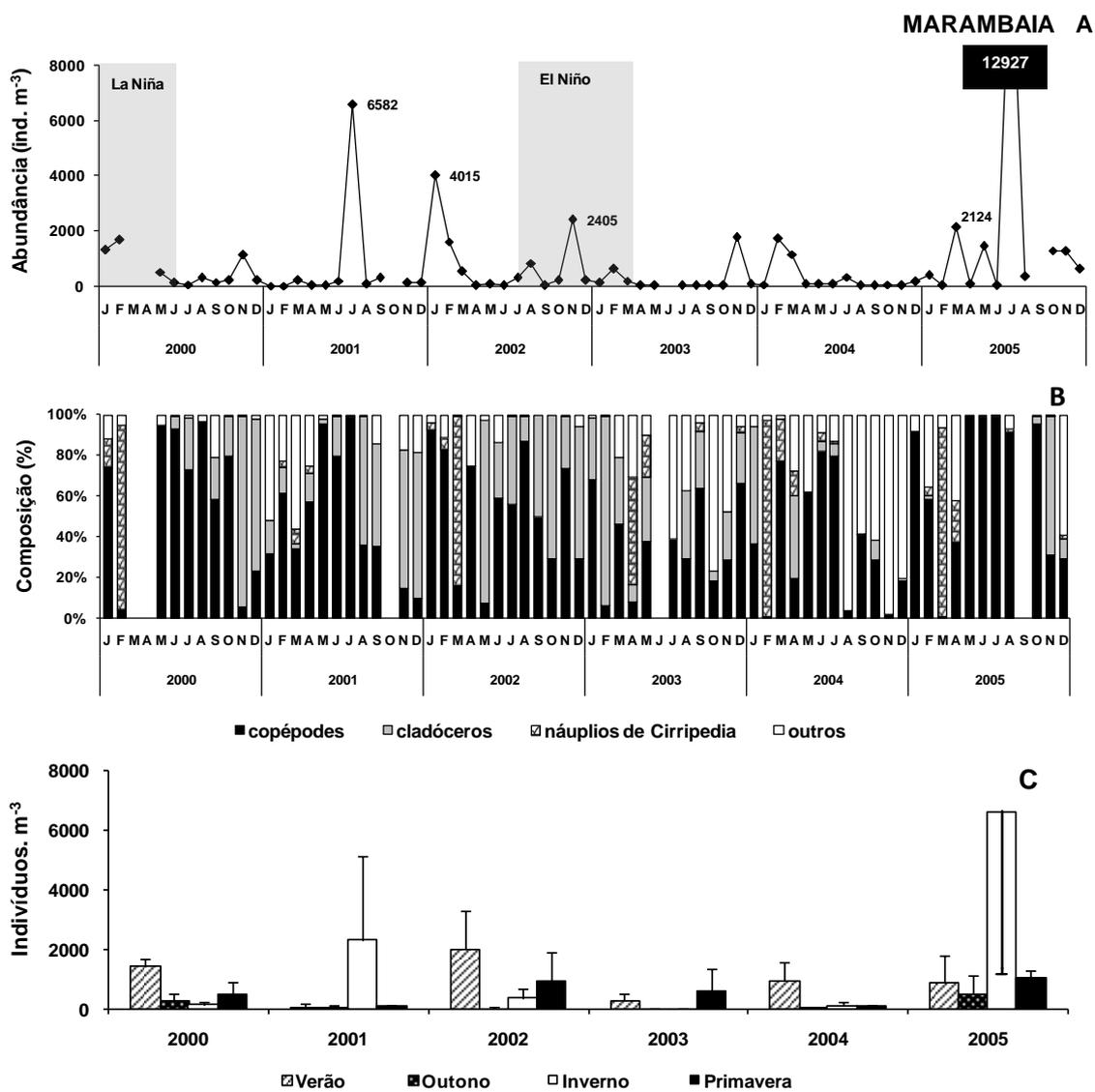


Figura 8. Estação de Coleta 4 (Marambaia). **A.** Abundância total do mesozooplâncton; **B.** Composição dos grupos taxonômicos mais relevantes; e **C.** Variação sazonal da densidade média do mesozooplâncton.

Em média, os copépodes foram o grupo mais representativo do mesozooplâncton (49 a 62%), em todas as estações de coleta (Tabela 1, Figuras 5 a 8- B).

A maior média de densidade ocorreu na ZAPC (1.181,7 ind.m⁻³), sendo superior as estações de coleta 2 e 4, localizadas no ELP, as quais foram iguais entre si (Tabela 1).

A abundância do mesozooplâncton total apresentou variações sazonais, os maiores picos de densidade ocorreram em períodos de inverno e verão (Figuras 5 a 8- A e C, Tabela 3). Entre os 14 maiores picos de densidade, 10 foram constituídos na maior parte por copépodes, 2 por náuplios de Cirripedia, 1 por *M. elongata atlantica* e 1 por cladóceros. Dos picos constituídos principalmente por copépodes, 7 foram representados na maior parte por *A. tonsa*, tendo os dois maiores ocorrido nas estações Marambaia (12.927 ind.m⁻³) e ZAPC (9.854 ind.m⁻³). Nos demais picos as espécies de copépodes que predominaram foram *T. turbinata* e *P. richardi* na ZAPC, e *N. incompositus* na Prainha (Tabela 3).

As duas ocasiões onde os picos de densidade foram devido a grande abundância de náuplios de Cirripedia ocorreram em período de verão, bem como na ocasião que houve predominância de *M. elongata atlantica* (Tabela 3).

Tabela 3. Data, local, salinidade e principais organismos responsáveis pelos 14 maiores picos de abundância de mesozooplâncton total observados durante o período 2000 – 2005 (ind.m⁻³).

>S Picos	Data	Principais Constituintes	1 (ZAPC)	2 (Prainha)	3 (Franc.)	4 (Mar.)
1 ^a	Jul 2005 Inverno	Copepoda (99,7%): <i>A. tonsa</i> (78%) e <i>P. parvus</i> (15%)	-	-	-	12.927 (S= 4,3)
2 ^a	Mar 2004 Verão	Copepoda (78%): <i>T. turbinata</i> (97%). Cladocera (18,5%): <i>P. avirostris</i> (94%)	11.843 (S= 29,8)	-	-	-
3 ^a	Fev 2002 Verão	Náuplios de cirripedia (78%) e <i>A. tonsa</i> (17%)	-	-	10.743 (S= 9,7)	-
4 ^a	Set 2003 Inverno	Copepoda (92%): <i>A. tonsa</i> (96%)	9.854 (S= 27)	-	-	-

>s Picos	Data	Principais Constituintes	1 (ZAPC)	2 (Prainha)	3 (Franc.)	4 (Mar.)
5	Mar 2002 Verão	Náuplios Cirripedia (92%)	-	8.135 (S 8,9)	-	-
6	Set 2005 Inverno	Copepoda (90%): <i>A. tonsa</i> (77%), <i>C. vanus</i> (11%)	6.968 (S= 27)	-	-	-
7	Jul 2001 Inverno	Copepoda (99%): <i>A. tonsa</i> (90%)	-	-	-	6.582 (S= 24)
8	Jan 2002 Verão	Misidacea (84%) e Hydromedusae (6%)	6.462 (S= 23)	-	-	-
9	Nov 2003 Primavera	Copepoda (92%): <i>N. incompositus</i> (98%)	-	5.451 (S 1,3)	-	-
10	Ago 2005 Inverno	Copepoda (75%): <i>A. tonsa</i> (87%) e <i>P. parvus</i> (8%). Náuplis Cirripedia (22%)	5.226 (S= 26)	-	-	-
11	Dez 2002 Primavera	Cladocera (70%): <i>Moina</i> spp. (91%). Copepoda (29%): <i>N. incompositus</i> (80%), <i>P. richardi</i> (8%)	-	-	5.117 (S= 1)	-
12	Jun 2002 Inverno	Copepoda (46%): <i>P. richardi</i> (89%). <i>M. elongata atlantica</i> (41%)	4.622 (S= 25)	-	-	-
13	Jun 2005 Inverno	Copepoda (98%) sendo <i>A. tonsa</i> (95%)	-	-	4.205 (S= 7,2)	-
14	Jan 2002 Verão	Copepoda (92%): <i>A. tonsa</i> (98%)	-	-	-	4.015 (S= 7,8)

Através da Análise MDS, considerando-se todo o período estudado, não foi possível observar diferenças marcantes entre as estações estuarinas (2, 3 e 4) (Figura 9- A). Estas estações foram reunidas em um grupo maior denominado estuário (Figura 9- B).

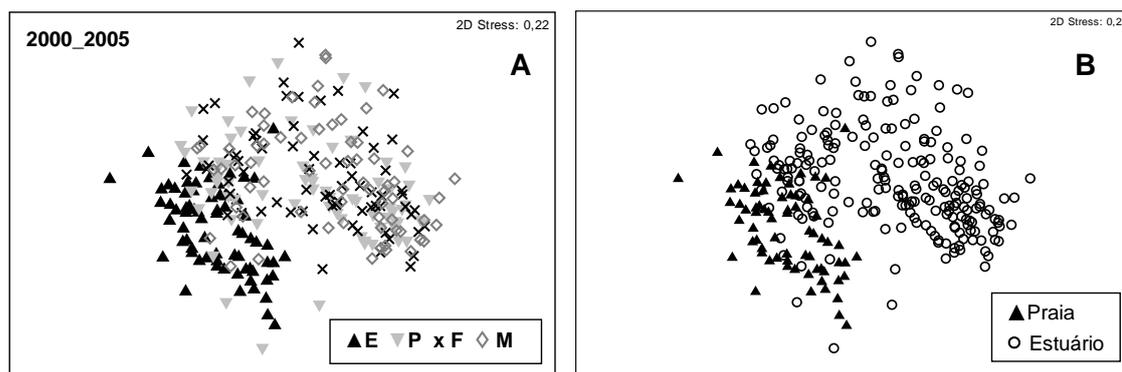


Figura 9. MDS obtido a partir de abundância de organismos por espécies entre as amostras nos diferentes locais de coleta, 2000 a 2005. **(A)**; E= estação 1; P= Estação 2, F= Estação 3; M= Estação 4. **(B)**; Praia = Estação 1 (ZAPC); Estuário = Estações 2, 3 e 4. Transformação Log (x+1). Similaridade: índice de associação Bray Curtis.

A Análise estatística ANOSIM mostrou que a estação 1, localizada na ZAPC, é diferente das outras (Prainha, Franceses e Marambaia) localizadas no canal e estuário, em termos de composição taxonômica do mesozooplâncton, principalmente da Marambaia (Tabela 4).

Tabela 4. Valores obtidos a partir da análise ANOSIM. Zona de arrebanção da praia do Cassino (ZAPC), PRAINHA (P), FRANCESES (F), MARAMBAIA (M). Nível de significância estatística da amostra: 0,1%. Em destaque maiores diferenças entre ZAPC e ELP (vermelho), e nas estuarinas entre si (laranja).

Ano	ZAPC, P	ZAPC, F	ZAPC, M	P, F	P, M	F, M
00-05	0,385	0,479	0,494	0,035	0,031	0,011
2000	0,09	0,29	0,34	-0,01	-0,01	-0,04
2001	0,53	0,86	0,63	0,06	0,03	0,08
2002	0,47	0,55	0,59	0,02	-0,05	0,03
2003	0,79	0,87	0,85	0,29	0,09	0,12
2004	0,26	0,39	0,68	0	0,22	0,17
2005	0,28	0,23	0,18	-0,04	0,01	-0,02

A estação de coleta localizada na ZAPC teve uma composição diferente da estuarina, isso comparando os dados de todos os anos (Figura 9- A e B) ou em separado para cada ano, onde essa diferença é claramente visível

principalmente no ano de 2003. Nos anos 2000 e 2005 a diferença entre a ZAPC e as demais estações foi menos evidente (Figura 10 e Tabela 4).

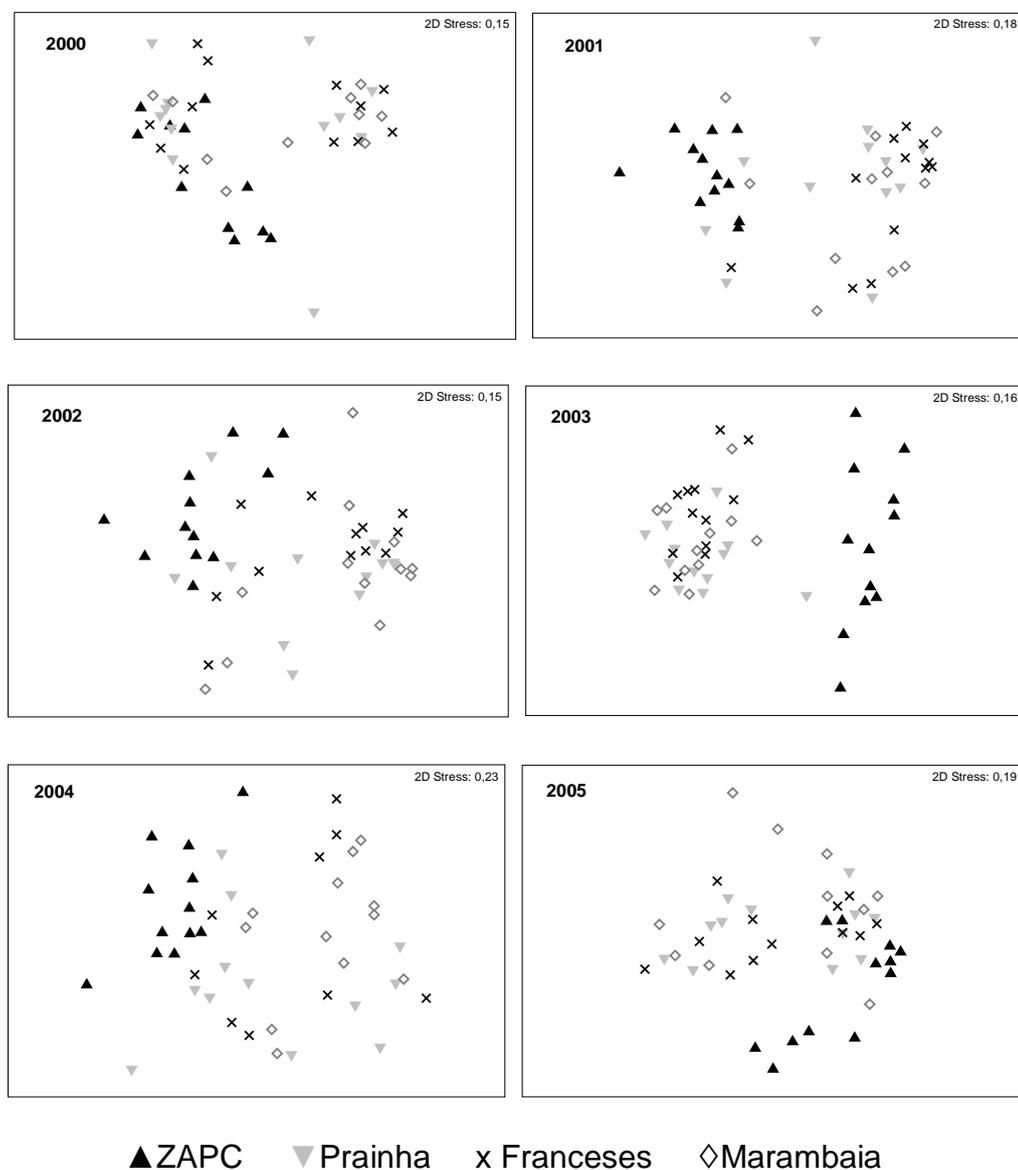


Figura 10. MDS obtido a partir de abundância de organismos por espécies entre as amostras nos diferentes locais de coleta, variações anuais. Transformação Log (x+1). Medida de similaridade utilizando índice de associação S 17 Bray Curtis.

Observando-se as variações interanuais, podemos observar que na maioria dos anos também não foi possível separar as estações estuarinas, que se sobrepuseram (Prainha, Franceses e Marambaia). Porém, a estação

Franceses se diferenciou da Prainha em 2003, e notou-se uma tendência da estação Marambaia se diferenciar das estações Prainha e Franceses, no ano 2004 (Figura 10 e Tabela 4).

A análise SIMPER demonstrou quais foram os principais organismos responsáveis pela variação da comunidade mesozooplanctônica, através da determinação do índice de contribuição (IC) em cada localidade (Figura 11- A e B).

Na ZAPC, onde a média de salinidade foi maior (27), *M. elongata atlantica* exerceu fundamental importância (16,11%), além de *Sagitta* spp. (8,47%) e várias espécies de copépodes marinhos, principalmente *A. tonsa*, *Subeucalanus pileatus* e *T. turbinata*, com IC de 15,64; 7,96 e 6,84%, respectivamente (Figura 11- A).

Nas estações de coleta localizadas no ELP (Prainha, Franceses e Marambaia), onde a média de salinidade foi menor (entre 8 e 10), os copépodes *N. incompositus* e *A. tonsa* tiveram grande participação na composição e abundância, ambos com IC de 22%, além de *M. micrura*, com IC de 9,29%. Náuplios de Cirripedia foram mais representativos no ELP do que na ZAPC, onde os Cirripedia foram mais abundantes na forma de cypris (Figura 11- A). Algumas diferenças foram observadas entre a composição das estações estuarinas, o copépode *S. pileatus* e o Chaetognata *Sagitta* spp. tiveram maior participação na Prainha (Figura 11- B).

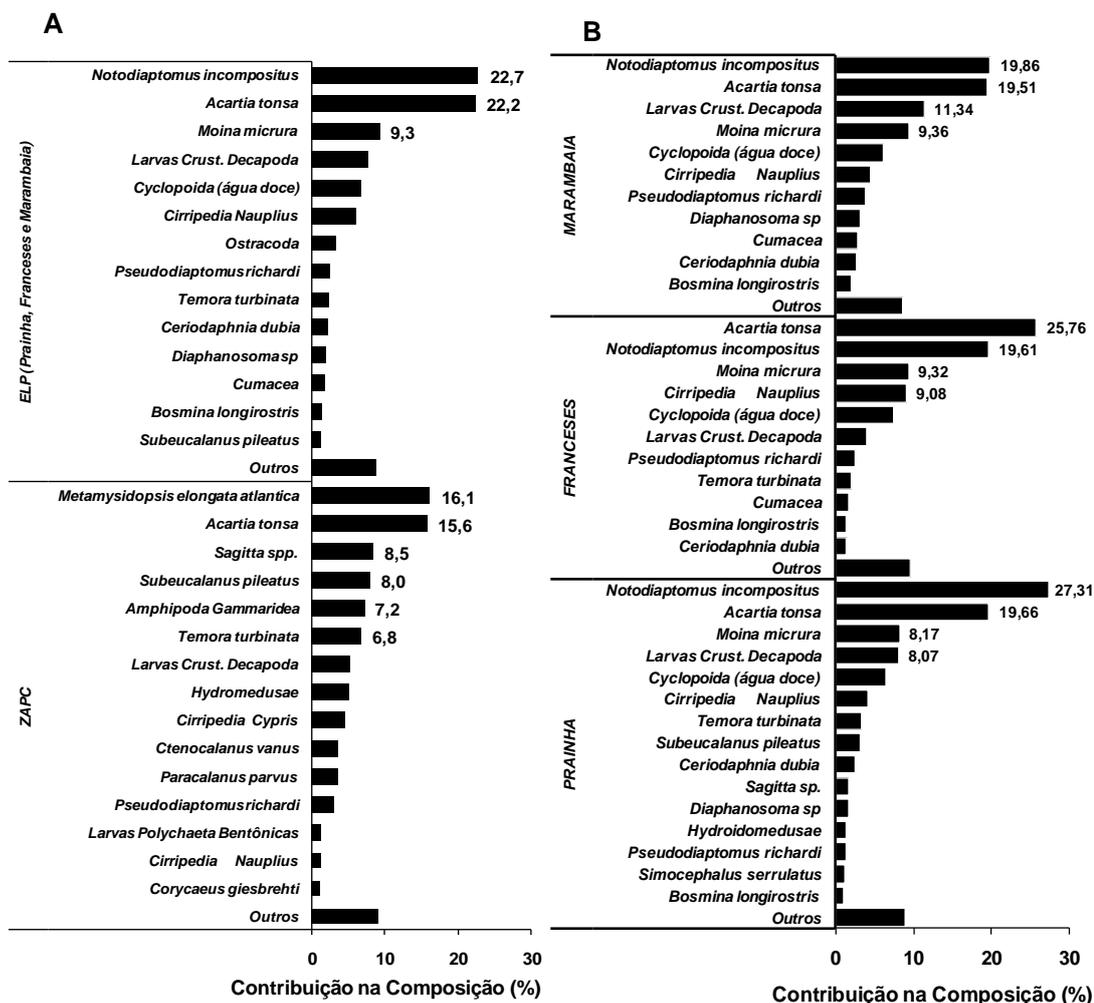


Figura 11. Percentual de contribuição das espécies na composição espacial. **A.** Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC) e Estuário da Lagoa dos Patos (ELP). **B.** Prainha, Franceses e Marambaia. Valores obtidos através de análises SIMPER. Transformação Log (x+1).

Alguns organismos foram amplamente distribuídos, como as Larvas de Crustáceos Decapoda, e os copépodes eurihalinos *A. tonsa* e *P. richardi* (Figura 11- A e B).

Análise MDS indicou a existência de diferenças sazonais. Considerando os seis anos de estudo, através dos gráficos de análise MDS pôde-se observar a formação de grupos distintos no inverno e verão, que foram determinadas pela ANOSIN (Figura 12 e Tabela 5).

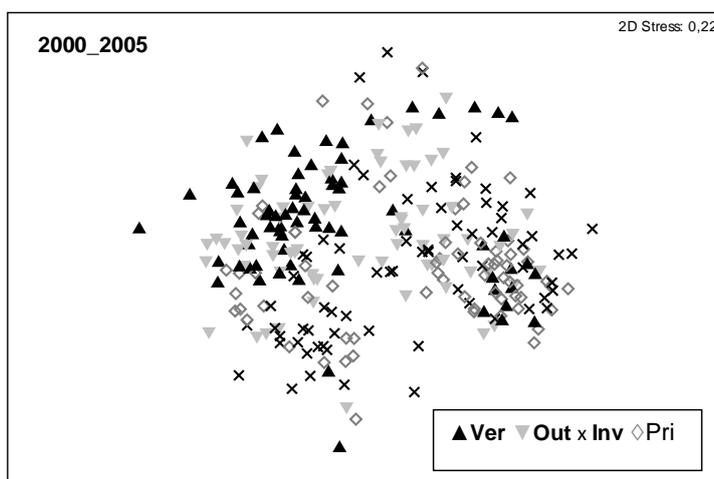


Figura 12. MDS obtido a partir de abundância de organismos por espécies nas amostras em diferentes estações do ano, entre 2000 e 2005. Transformação Log (x+1). Similaridade: índice de associação Bray Curtis.

Tabela 5. Valores obtidos a partir da análise ANOSIM. Verão (V), outono (O), inverno (I) e primavera (P). Nível de significância estatística da amostra: 0,1%. Em destaque as principais diferenças significativas observadas entre diferentes estações (vermelho), e a menor diferença entre verão e primavera (azul).

Ano	V, O	V, I	V, P	O, I	O, P	I, P
00-05	0,029	0,235	0,186	0,107	0,117	0,072
2000	0,089	0,74	0,814	0,439	0,57	0,093
2001	0,216	0,316	0,207	0,082	0,036	0,098
2002	0,322	0,621	0,602	0,126	0,105	0,06
2003	0,234	0,268	0,063	0,215	0,076	0,122
2004	0,067	0,17	0,152	0,081	0,145	-0,01
2005	0,132	0,5	0,45	0,101	0,142	0,107

Além da diferença entre inverno e verão, outras diferenças sazonais foram visualizadas quando consideradas as diferenças interanuais. O outono apresentou diferença menos marcante em relação ao verão do que as outras estações. Em 2000, o outono se sobrepôs ao verão e se diferenciou das demais estações. O verão apresentou características distintas da primavera, com exceção de 2003 (Figura 13 e tabela 5).

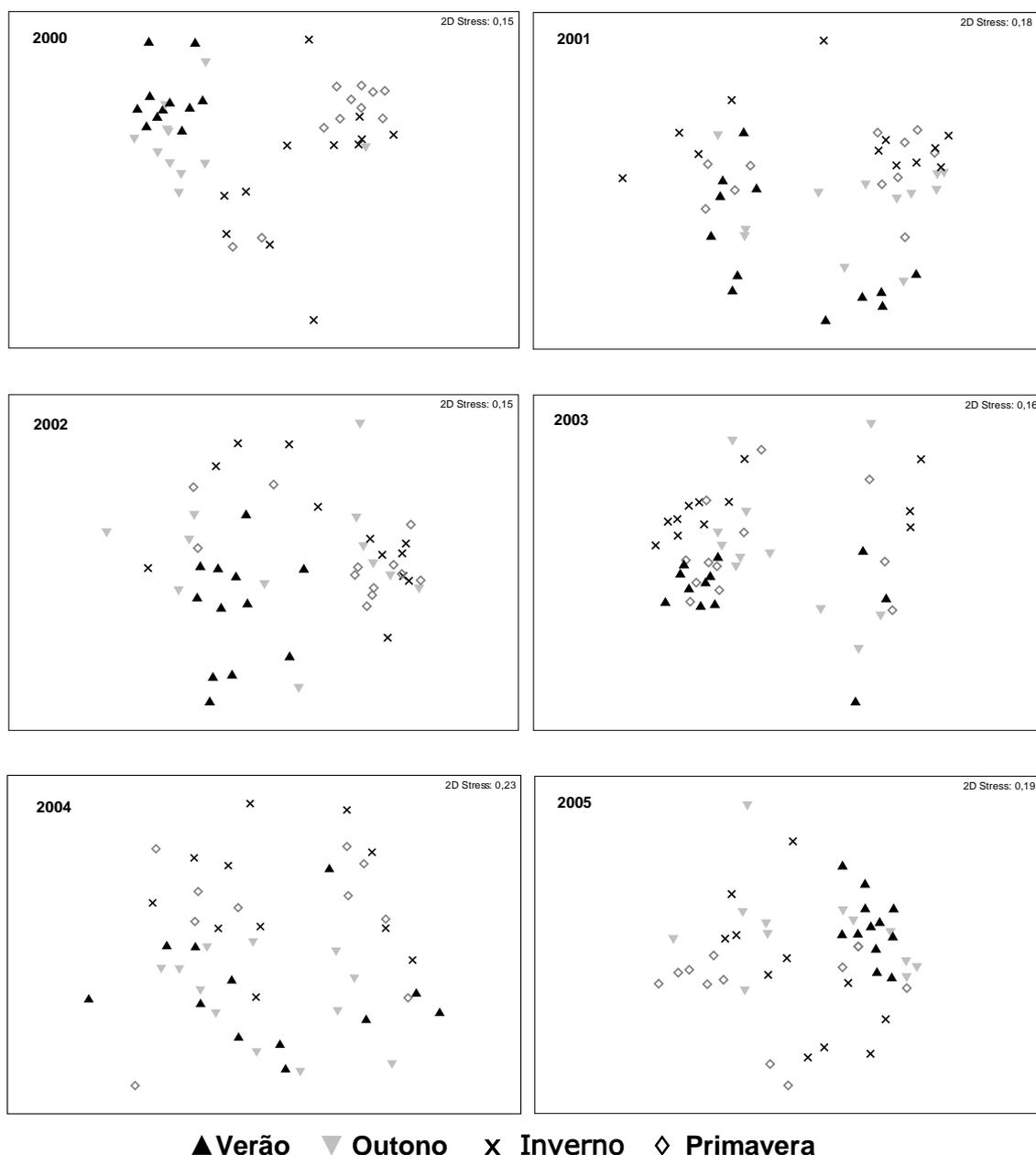


Figura 13. MDS obtido a partir da abundância de organismos por espécies nas amostras em diferentes estações do ano. Da esquerda para direita 2000, 2001 (bloco superior), 2002, 2003 (meio) 2004 e 2005 (bloco inferior). Transformação Log (x+1). Medida de similaridade utilizando índice de associação Bray Curtis.

Análises SIMPER demonstraram quais foram os principais organismos responsáveis pela variação da comunidade mesozooplanctônica nos diferentes períodos sazonais, na ZAPC e no ELP. Algumas espécies exerceram

diferentes índices de contribuição de acordo com as estações sazonais (Figura 14- A e B).

Na ZAPC, o misidáceo *M. elongata atlantica* ocorreu durante todo o ano, apresentando maior IC durante o outono (16,65%), valores semelhantes na primavera e inverno (14%) e menor no verão (8,82%). Gammaridea foram mais importantes durante períodos de inverno e primavera, diminuindo bruscamente durante o verão e outono. Larvas de crustáceos Decapoda, Hydromedusae e Chaetognata apresentaram maior contribuição durante o verão (Figura 14- A).

Em relação aos copépodes, *A. tonsa*, *Paracalanus parvus* e *Ctenocalanus vanus* apresentaram maiores índices de contribuição no inverno (29,15; 14,58 e 8,71%, respectivamente), *Corycaeus amazonicus* e *Calanoides carinatus* também foram mais representativos no inverno, mas com IC menores. Durante a primavera, *A. tonsa* e *C. vanus* foram os principais copépodes. No verão e outono, *S. pileatus* e *Temora turbinata* tomam a frente na representação da comunidade de copépodes, sendo *S. pileatus* mais representativo no verão (14,2%) e *T. turbinata* no outono (18%). Os copépodes *Corycaeus giesbrechti*, *Centropages furcatus*, *Temora stylifera* e *Paracalanus quasimodo* também exerceram maior participação durante o verão e outono (Figura 14- A).

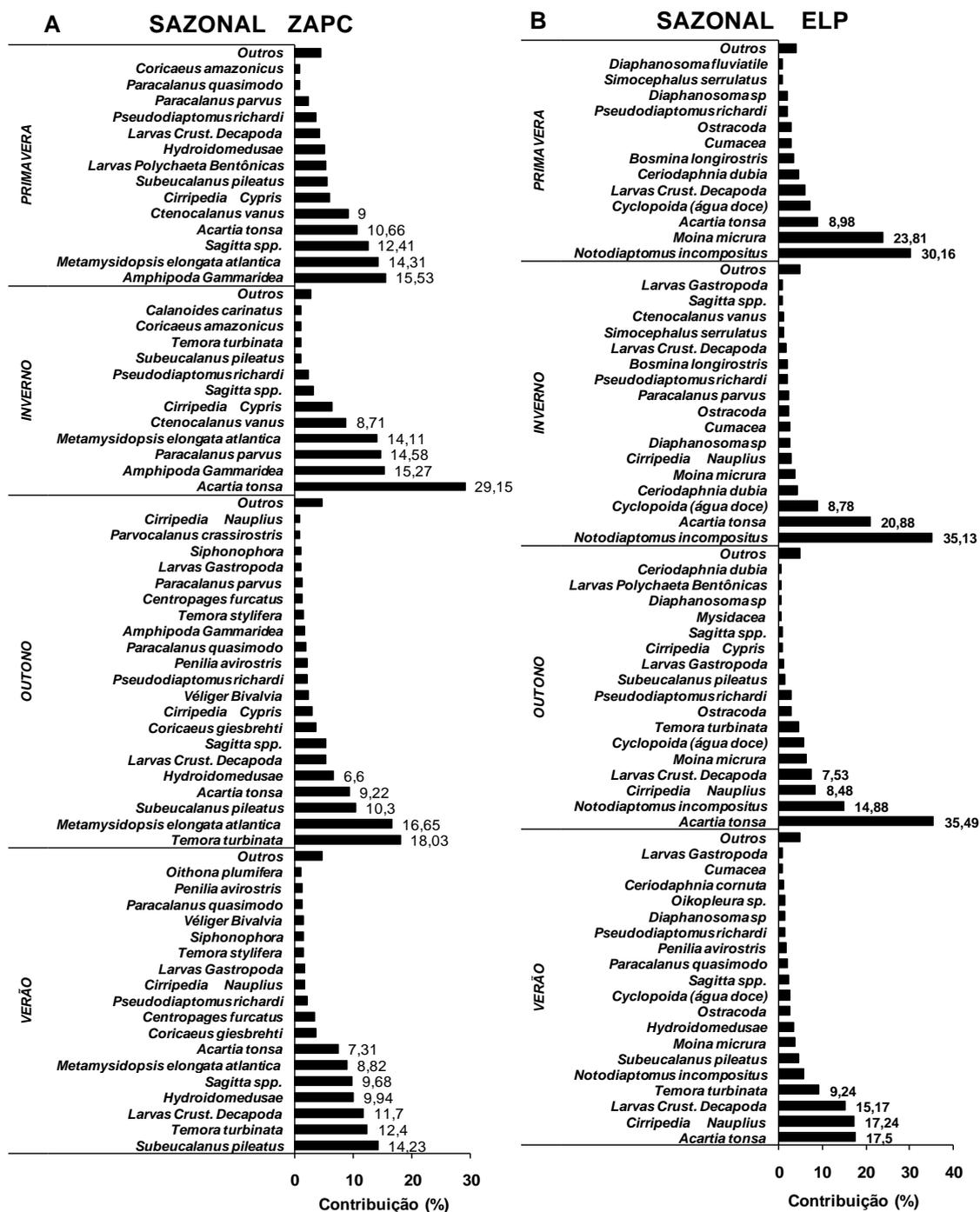


Figura 14. Percentual de contribuição das espécies na composição sazonal. **A.** Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC). **B.** Estuário da Lagoa dos Patos (ELP). Valores obtidos através de análises SIMPER. Transformação Log (x+1).

No ELP, o copépode *N. incompositus* teve maior participação no inverno (35,13%) e primavera (30,16%), diminuindo no outono e verão. A espécie *A.*

tonsa teve sua mais expressiva participação no outono (35,49%), seguida do inverno (20,88%), e verão (17,5%), e menor participação na primavera (8,98%). O cladóceros *M. micrura* ocorreu durante todo o ano destacando-se na primavera (23,81%); os náuplios de Cirripedia, larvas de Crustáceos Decapoda e *T. turbinata* no verão, com índices de contribuição de 17,24; 15,17 e 9,24%, respectivamente. *P. richardi* teve participação semelhante em todas as épocas do ano (Figura 14- B).

No ELP, além de *M. micrura*, outros cladóceros límnicos foram importantes: *Ceriodaphnia dubia*, *Bosmina longirostris* e *Diaphanosoma* sp. foram mais representativos no inverno e primavera, enquanto *Penilia avirostris* e *Ceriodaphnia cornuta* participaram apenas no verão (Figura 14-B).

Análises Simper também demonstraram mudanças interanuais na dominância das principais espécies de copépodes da ZAPC e do ELP. Nas variações interanuais, a maioria dos organismos tiveram pequenas variações na participação da composição zooplanctônica de um ano para outro (Figura 15- A e B).

Os copépodes *A. tonsa*, *S. pileatus* e *T. turbinata*, o misidáceo *M. elongata atlantica* e o Chaetognatha *Sagitta* spp. foram os principais componentes da ZAPC durante os 6 anos estudados (Figura 15- A).

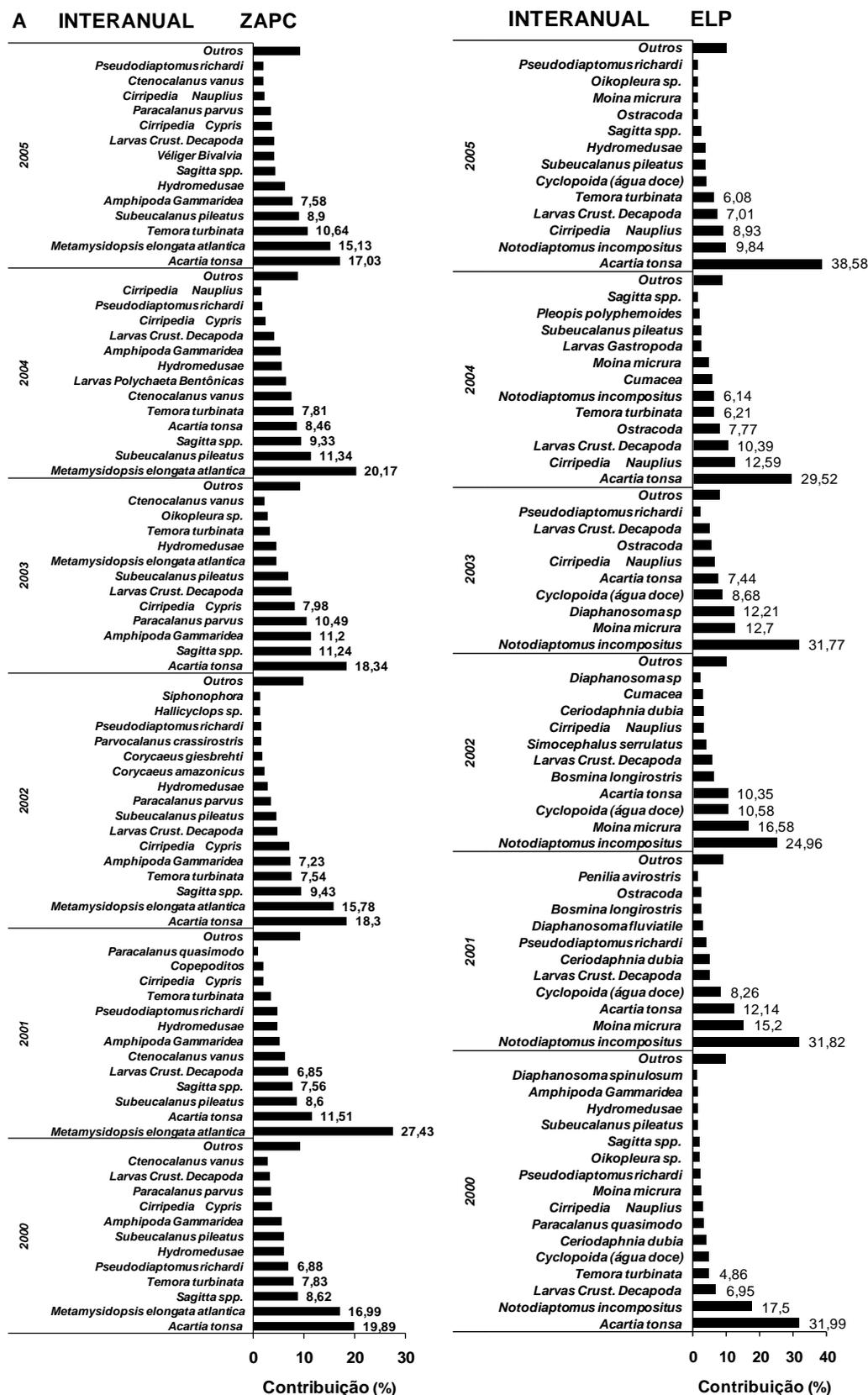


Figura 15. Percentual de contribuição das espécies na composição interanual. **A.** Zona de Arrebentação da Praia do Cassino (ZAPC). **B.** Estuário da Lagoa dos Patos (ELP). Valores obtidos através de análises SIMPER. Transformação Log (x+1).

A. tonsa e *M. elongata atlantica* alternaram a dominância da comunidade da ZAPC no decorrer dos anos, *A. tonsa* foi a principal representante em 2000, 2002, 2003 e 2005 e *M. elongata atlantica* em 2001 e 2004 (Figura 15- A). No ano de 2003, ocorreu diminuição na participação de *M. elongata atlantica*, e Gammaridea exerceram maior peso na contribuição (11,2%). *S. pileatus* e *T. turbinata* foram importantes em todos os anos e ocorreram conjuntamente, já *C. vanus* e *P. parvus* ocorreram de forma distinta exercendo maior importância em anos alternados (Figura 15- A).

No ELP, os copépodes *A. tonsa* e *N. incompositus* foram as espécies de maior importância, alternando a dominância de um ano para outro. *A. tonsa* exerceu dominância em 2000, 2004 e 2005 e *N. incompositus* em 2001, 2002 e 2003. O cladóceros *M. micrura* ocorreu em todos os anos, com maior participação nos anos sob domínio de *N. incompositus* (Figura 15- B).

Nos anos em que *A. tonsa* exerceu a principal papel na explicação, maior número de espécies marinhas participaram da composição (*S. pileatus*, *P. quasimodo*, *Sagitta* spp., náuplios de Cirripedia, *Pleopis polyphemoides*). Nos anos dominados por *N. incompositus*, aumentou a participação de espécies de água doce, como os cladóceros dos gêneros *Moina*, *Ceriodaphnia*, *Diaphanosoma*, *Bosmina* e *Simocephalus* (Figura 15- B).

4- DISCUSSÃO

4.1. Condições ambientais

As condições ambientais foram caracterizadas por variações sazonais de temperatura e por amplas variações de salinidade, variando de um ano para outro de acordo com condições meteorológicas e localização geográfica. Em geral os maiores valores de salinidade ocorreram no verão e outono, e os menores na primavera, o que pode ter ocorrido em função de variações na descarga fluvial dos rios que compõe a Bacia da Lagoa dos Patos, cuja vazão é maior inverno e início de primavera, e reduzida durante verão e outono (Vaz *et al.*, 2006).

A salinidade no ELP pode sofrer alterações em decorrência da influência de fatores climáticos de larga escala, pois estes alteram as taxas de precipitação e de fluxo de água doce na região (Garcia *et al.* 2001; Rudorff, 2002; Vaz *et al.*, 2006). Durante os anos sob influência de El Niño, a descarga por fluxo de água continental ultrapassa os valores médios locais no ELP (Garcia, 1998; Vaz *et al.*, 2006). No presente estudo, foi observado que durante o El Niño de 2002-2003, ocorreram baixas salinidades no ELP desde a primavera de 2002 até o verão de 2003, além de uma aparente extensão dessa influência até dezembro de 2003.

4.2. Composição e abundância

Variações espaciais e temporais na composição e abundância do mesozooplâncton, estiveram relacionadas com flutuações de salinidade e

temperatura, fato já registrado em estudos anteriores realizados na região (Montú, 1980; Muxagata, 1995; Gorri, 2006) e em outras regiões costeiras e estuarinas (Uye *et al.*, 2000; Möllmann *et al.*, 2000; Coyle & Pinchuk, 2003). Nas áreas rasas do ELP, as variações espaço-temporais do zooplâncton parecem resultar de interações entre fatores de curta, média e longa variação temporal, como forçante dos ventos, estações do ano e episódios ENSO. Os ventos controlam em grande parte a circulação e distribuição da salinidade no ELP, conjuntamente com a descarga de água doce, que é influenciada também pela taxa de precipitação, que por sua vez pode ser alterada por episódios ENSO (Garcia, 1998).

O zooplâncton da região estudada como um todo (ELP e ZAPC), foi representado por espécies estuarinas (*A. tonsa*, *P. richardi*), costeiras (*P. quasimodo*, *P. crasirostris*, *P. parvus*), neríticas (*L. fluviatilis*), oceânicas (*S. pileatus*) e costeira-oceânicas (*T. turbinata*, *A. tonsa*), características de águas tropicais-subtropicais (*S. pileatus*, *C. furcatus*, *E. acutifrons*), temperadas (*Oithona* spp.) e cosmopolitas (*P. parvus* e *T. stylifera*). Além disso, espécies de água doce e oligohalinas são comuns, destacando-se o copépode *N. incompositus* e o cladóceros *M. micrura*.

Nas estações de coleta localizadas no ELP, a presença/dominância de espécies de origem límnicas (*N. incompositus*, *M. micrura*) e marinha (*A. tonsa*, *T. turbinata*, *Sagitta* sp., larvas de Cirripedia), corroboram com estudos anteriores realizados na região, que observaram que a entrada de água doce e de água marinha introduzem espécies límnicas e marinhas no estuário (Montú, 1980; Montú *et al.*, 1998-a). Vale observar que na estação 2 (Prainha),

localizada próxima a boca do estuário, espécies límnicas e marinhas coexistiram em muitos momentos, podendo ser considerada como área de transição entre a comunidade da praia e a estuarina propriamente dita.

Apesar de receber influência do estuário, a estação 1 (ZAPC), localizada na praia, tem composição distinta do mesmo, ao se considerar a comunidade do mesozooplâncton. Essa diferença se dá principalmente pela presença de espécies marinhas que não ocorrem no estuário ou ficam restritos a menores proporções na composição. *Metamysidopsis elongata atlantica* exerceu importante papel na determinação da composição zooplânctônica na praia, com FO de 73% e em média 23% da composição do mesozooplâncton da ZAPC. Bersano (1994), observou a importância do grupo Mysidacea na região costeira, o qual teve frequência de 95% e representou até 70,93% (média 52%) da abundância do zooplâncton da ZAPC. Espécies oceânicas e de plataforma (*T. stilyfera*, *C. giesbrechti*, *O. plumifera*, *Oncaea sp.*) também chegam até a costa mas dificilmente se instalam no estuário, além disso, na praia ocorre maior participação de espécies de copépodes marinhos costeiros e de cladóceros marinhos, como *Penilia avirostris*, que pode indicar a influência de águas quentes da Corrente do Brasil (Resgalla & Montú, 1993).

Os padrões de dominância variam na região de acordo com as condições ambientais. Espécies características de águas frias, como *Ctenocalanus vanus* e *Paracalanus parvus*, tem maior importância em períodos de inverno e início de primavera, sendo introduzidas na área por águas costeiras frias. Um exemplo interessante ocorreu na ZAPC, em setembro/outubro de 2000, onde o

copépode *Ctenocalanus vanus* dominou rerepresentando 92/90% dos copépodes, respectivamente.

A presença de espécies características de águas frias, como *C. vanus* e *C. carinatus* (Bjornberg, 1981), podem surgir devido a influência de águas frias da Água Subantártica na região de quebra de plataforma durante o inverno (Montú *et al.*, 1998-b). A presença dessas espécies no inverno também foi registrada por Gorri (2006), na ZAPC. Em períodos mais quentes, de primavera e verão, larvas meroplânctônicas e componentes marinhos ocorrem em maior quantidade nas estações estuarinas, resultados que confirmam informações de estudos anteriores, que afirmaram ser a maior abundância de larvas de meroplâncton encontrada no verão (Montú, 1980; Montú *et al.*, 1998-a).

Em anos caracterizados por baixa salinidade (2001, 2002 e 2003), *N. incompositus* foi o copépode dominante no ELP, já em anos com maior salinidade e em períodos com amplas variações halinas (2000, 2004 e 2005), *A. tonsa* foi dominante. Na Baía do Espírito Santo, também foi observada a alternância das espécies dominantes de copépodes durante os anos estudados, (Dias & Bonecker, 2008).

A. tonsa foi o copépode com maior frequência de ocorrência considerando toda a área estudada, bem como exerceu importante papel na explicação da composição e abundância da comunidade zooplânctônica no ELP e na ZAPC, fato que leva-nos a considerá-la espécie dominante. Esses resultados corroboram para afirmar a permanência de *A. tonsa* no estuário em razão de sua característica eurihalina e de seus padrões reprodutivos e migratórios

(Duarte, 1986; Montú *et al.*, 1998-a), além de confirmar ser esta a principal espécie responsável por picos de densidades de copépodes, conforme observado em estudo anterior realizado por Bersano (1994). No presente trabalho, *A. tonsa* determinou 7 entre os 14 maiores picos de abundância, sendo seguida por *T. turbinata*, *M. elongata atlantica* e *P. richardi* na ZAPC, e por *N. incompositus*, náuplios de Cirripedia e *Moina micrura* no ELP.

Igualmente presente na região estuarina e costeira em todas as estações do ano, apesar de em menor abundância, o copépode estuarino *P. richardi*, também pode ser considerado como espécie representativa na região, e importante como objeto de estudo. Outra espécie do mesmo gênero, *P. inopinus*, em sistemas salobros do Japão, também esteve presente de forma constante ao longo do ano com abundância intermediária (Uye *et al.*, 2000).

Na ZAPC foram identificados 73 taxa de organismos zooplancônicos, sendo 38 taxa de copépodes, valor superior ao encontrado por Bersano (1994), que identificou 28 taxa, e por Gorri (2006) que identificou 29 taxa de copépodes, ambos avaliando a composição da praia do Cassino. Dos taxa identificados no presente estudo, 16 são comuns entre os três trabalhos citados, e 26 e 23 são comuns entre o presente estudo e cada um dos outros dois, respectivamente. O maior número de taxa identificados no presente trabalho pode ter sido observado devido ao maior período de tempo estudado, e conseqüentemente, maior cobertura de variações anuais, sazonais e mensais, visto que o mesmo avaliou uma longa série de dados através de coletas mensais durante 6 anos.

No ELP o número de taxa encontrado foi 104, sendo 42 de copépodes, dos quais 19 foram registrados no trabalho pioneiro realizado neste estuário por Montú (1980), que identificou 36 taxa de copépodes. Para o grupo Cladocera, no presente trabalho foram registrados 40 taxa. Montú (1980), identificou 39 taxa, e destes, apenas 22 ocorreram no presente estudo. Essa diferença na composição se deve em parte pelo fato de que Montú (1980) estudou uma área estuarina mais abrangente que a do presente estudo, incluindo estações mais ao norte, onde ocorrem espécies diversas de origem límnic; por outro lado, outras espécies foram registradas apenas no presente estudo, provavelmente devido ao maior tempo amostrado, como já observado para a ZAPC. Além disso, variações podem ter ocorrido devido a utilização de redes de coleta com abertura de malha diferentes. Montú (1980) utilizou rede com malha de 200 μm , enquanto no presente trabalho foi utilizada malha de 300 μm . A malha de 300 μm propicia melhor eficiência na captura de organismos maiores, com maior capacidade de fuga, enquanto a malha de 200 μm pode selecionar indivíduos menores. No entanto, os principais componentes de ambos os grupos, copépodes e cladóceros, foram os mesmos que os observados há 25 anos atrás.

Ao se amostrar organismos do zooplâncton, quando não há disponibilidade de uso de mais de um tamanho de malha, a subamostragem pode ocorrer em relação à determinada fração da comunidade. No presente trabalho foi utilizada rede de plâncton com 300 μm de malha (reaproveitamento de amostras capturadas para identificação de ictioplâncton), a qual é adequada para capturar os organismos maiores do mesozooplâncton, como misidáceos,

adultos de *Acartia tonsa* e *Temora turbinata*, entre outros. Organismos maiores foram eficientemente amostrados, tendo sido registradas maiores densidades de *A. tonsa* (máximo de 10.072 org. m⁻³) do que as observadas por Gorri (2006), que registrou máxima de 4.674 org. m⁻³ para esta espécie utilizando rede de 200 µm. Bersano (2004), também utilizando rede de 300 µm, observou densidade máxima de 20.672 org. m⁻³ para *A. tonsa*. Estas diferenças na densidade também podem ser devido à variações populacionais em diferentes momentos de coletas, distribuição dos organismos em manchas, entre outros fatores que podem influenciar (Raymont, 1983).

Organismos menores como o copépode *Parvocalanus crassirostris*, os cladóceros *Ceriodaphnia cornuta* e *Bosmina longirostris*, fases larvais de copépodes e juvenis de cladóceros, provavelmente tiveram sua abundância subestimada neste trabalho. Para o copépode *P. crassirostris*, a FO observada foi de apenas 13% e abundância máxima de 49 org. m⁻³, valor próximo da densidade mínima encontrada por Gorri (2006), que encontrou FO de 100% e abundância média de 1.254 (mínima e máxima de 45 e 4.726 org. m⁻³, respectivamente) para esta espécie utilizando rede de 200 µm. Muxagata (1995) encontrou densidade de 10.569 org. m⁻³ de *P. crassirostris* no ELP utilizando rede de 140 µm, esse autor indicou que apenas 10% de organismos desta espécie e de náuplios de Cirripedia são capturados com malha de 300 µm quando em comparação com malha de 140 µm. McKinnon & Klump (1998) utilizando rede de 37 µm para capturar zooplâncton em um sistema estuarino na Austrália, perceberam a subamostragem de grandes espécies de

copépodes e eficiência na captura de formas menores como *Oithona* spp e *P. crassirostris*.

Apesar de a composição básica de espécies no estuário e na praia ter se mantido estável em relação a resultados de estudos anteriores (Montú, 1980; Bersano, 1994; Muxagata, 1995 e Gorri, 2006), podemos observar variações na participação de algumas espécies importantes, como o copépode *Temora turbinata*, e o cladóceros *Bosmina longirostris*, não registrados por Montú (1980).

A espécie *T. turbinata* foi registrada pela primeira vez no litoral brasileiro em 1993 (Araújo & Montú, 1993), e no ELP por Muxagata & Gloeden (1995), em amostras coletadas em 1992. Em 1995 foi registrada densidade máxima de 637 org.m⁻³ de *T. turbinata* capturadas com rede de malha 140 µm (Muxagata, 1995). Utilizando rede de 200 µm, Gorri (2006) encontrou FO de 33% para *T. turbinata*, com densidade máxima de 129 org. m⁻³. Atualmente esta espécie exerce importante papel na composição da comunidade do estuário e da praia, atingindo FO de 37% e densidade máxima de 9.078 org.m⁻³, na ZAPC, somente sendo superada pelo copépode dominante *A. tonsa* (10.072 org.m⁻³).

Os resultados destes estudos indicam uma introdução gradativa da espécie, tornando-se atualmente uma das principais espécies de copépodes da ZAPC e ELP, em termos de frequência de ocorrência e abundância. Na Baía de Suape, Pernambuco, nordeste do Brasil, a espécie *T. turbinata* está entre os copépodes mais importantes da região, atingindo densidade máxima de 2.532 org. m⁻³, e 70% de FO, e supõe-se que a espécie tenha sido adicionada à

comunidade da região através de água de lastro de navios que entram no porto de Suape (Silva *et al.*, 2004).

Entre os cladóceros, o presente trabalho registrou pela primeira vez a presença de *Bosmina longirostris* na porção estuarina da Lagoa dos Patos, estando a mesma entre os principais cladóceros em termos de FO no ELP, sendo a quarta espécie mais freqüente (28%). Esta espécie foi registrada na área norte da Lagoa dos Patos por Boher *et al.* (1988), e como sua presença pode estar associada às condições de eutrofização de ambientes (Hutchinson, 1967; Zago, 1976), o surgimento desta espécie no ELP pode indicar condições eutróficas no mesmo.

Em alguns casos, a inclusão de espécies exóticas causa mudanças na estrutura da comunidade e diminuição na abundância de espécies nativas. No estuário de Bahía Blanca, Argentina, a inclusão do copépode *Eurytemora americana* e do cirripédio *Balanus glandula* causaram decréscimo na população da espécie chave local, o copépode *A. tonsa* (Hoffmeyer, 2004). No estuário de Gironde, França, a introdução de *A. tonsa* mudou os padrões sazonais dos copépodes autóctones do estuário, *A. bilifosa* e *Eurytemora affinis*, limitando suas abundâncias sazonais sem afetar a estabilidade das populações a longo prazo. Além disso, o sucesso de ocupação dessa espécie na região levou a modificação na produção sazonal de zooplâncton, através da indução ao aparecimento de um segundo período de alta produção zooplânctônica neste estuário (David *et al.*, 2007).

Em termos de abundância, o ciclo anual do mesozooplâncton foi caracterizado por oscilações mensais que ocorreram de forma distinta de um ano para outro. Na ZAPC, os maiores picos ocorreram no verão e inverno, e picos menos pronunciados foram observados na primavera e outono. No ELP, grandes picos ocorreram no verão e primavera nas estações Prainha e Franceses, e maiores picos no inverno na estação Marambaia. Essas diferenças podem ter sido ocasionadas por diferenças na produção primária, que é regida por fatores distintos nos diferentes ambientes. No ELP maiores valores de produção primária estão associados a períodos de primavera e verão (Abreu *et al.*, 1994). Na ZAPC, grandes concentrações de diatomáceas são propiciadas por fatores meteorológicos como a passagem de frentes frias, que promovem o aumento da intensidade dos ventos e das ondas na zona de arrebentação permitindo a ressuspensão das microalgas que se encontram em grande parte aderidas aos sedimentos (Odebrecht *et al.*, 1995; Odebrecht *et al.*, *in press*). Ventos que sopram em direção à costa, representam um fator importante na acumulação e produtividade de diatomáceas em zonas de arrebentação de praias arenosas (Brown & Mclachlan, 1990; Rörig *et al.*, 2003; Tedesco, 2006).

A composição dos picos de abundância foi condicionado às condições halinas e térmicas. Quando as salinidades foram muito baixas (< 4) os picos foram compostos pelo cladóceros *Moina micrura* e pelo copépode *N. incompositus*, em situações de salinidades elevadas (> 20) foram compostos por *A. tonsa*, *T. turbinata*, *M. elongata atlantica* e *P. avirostris*, enquanto em salinidades intermediárias (4 a 20) por *A. tonsa* e náuplios de Cirripedia.

No final da primavera de 2002, período com ocorrência de El Niño (NOAA, 2009), ocorreu um pico de densidade na estação Franceses (5.117 org.m^{-3}), composto na maioria pelo cladóceros *Moina micrura* e pelo copépode *N. incompositus*; já durante a primavera de 2003, quando baixas salinidades ocorreram por período prolongado em todas as estações estuarinas, ocorreu um pico de densidade na estação Prainha (5.451 org.m^{-3}), composto majoritariamente por *N. incompositus*, tendo sido registrada a maior densidade dessa espécie nessa ocasião.

O maior pico de abundância total ocorreu no ELP, na estação Marambaia ($12.927 \text{ org.m}^{-3}$), no final do inverno de 2005. Foi composto 99,7% por copépodes, 78% representados por *A. tonsa* e 15% por *P. parvus*, espécies importantes na comunidade mesozooplanctônica de inverno do ELP. Esse pico de densidade ocorreu em salinidade baixa, 4,3 e temperatura de $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, após um período de maiores salinidades, quando provavelmente as espécies puderam se reproduzir. No ELP o segundo maior pico de densidade ocorreu na estação Franceses no período de verão, em fevereiro de 2002 ($10.771 \text{ org.m}^{-3}$), determinado na maior parte por náuplios de Cirripedia (78%) e por *A. tonsa* (17%). Situação parecida foi observada durante o terceiro maior pico de densidade ocorrido no ELP, em março de 2002 na estação Prainha, onde observou-se densidade máxima de 8.134 org.m^{-3} , composta 92% por náuplios de Cirripedia e 7% por *A. tonsa*

Na ZAPC, o maior pico de abundância ocorreu em período de verão ($11.843 \text{ org.m}^{-3}$), sendo 78% relativa a copépodes (97,6% de *T. turbinata*) e 18,5% a cladóceros (94% *P. avirostris*). Nesta estação de coleta, a segunda maior

densidade ocorreu no inverno de 2003 (9.853 org.m⁻³), também composta principalmente por copépodes (92%), majoritariamente pela espécie *A. tonsa* (96%). Na ZAPC foi observada a maior abundância média de zooplâncton (1.182 org.m⁻³).

Em geral os picos de abundância foram dominados por uma ou duas espécies ou grupos de organismos, sendo acompanhada de fauna diversa em menores proporções de densidade, fato este corroborando com o verificado anteriormente por Bersano (1994) para a zona de arrebentação da praia do Cassino. Esta característica de dominância de poucas espécies foi observada em outras localidades. No sistema estuarino de Itamaracá, Brasil, picos de abundância são dominados por *Acartia lilljeborgi*, copépode dominante na região (Silva *et al.*, 2003). Em sistemas estuarinos do Japão, no Rio Ohashi, os picos anuais de zooplâncton são atribuídos principalmente ao copépode *Sinocalanus tenellus*, já no lago Nakaumi, são constituídos basicamente pelos copépodes *Acartia hudsonica*, *Eurytemora pacifica* e *Pseudodiaptomus inopinus* (Uye *et al.*, 2000).

Em média, os copépodes representaram mais de 50% da composição zooplanctônica, sendo a menor participação observada na ZAPC, onde a média de salinidade é maior e o grupo Mysidacea representa grande parcela da composição em muitas ocasiões. Em estudos anteriores já foi verificada a importância do grupo Copepoda no ELP (Montú, 1980; Muxagata, 1995), e na ZAPC, onde esse grupo divide a dominância com Mysidacea (Bersano 1994). A dominância de copépodes na comunidade zooplanctônica é um fato já verificado em diversas localidades. Nos sistemas estuarinos do Japão também

foi observada uma diminuição da participação de copépodes na comunidade zooplancônica com o aumento da salinidade, variando de 96,9% nas áreas mais doces para 79,1% nas áreas mais salobras (Uye *et al.*, 2000). No Brasil, Pernambuco, os copépodes dominaram o mesozooplâncton da Baía de Suape, representando acima de 73% da abundância total (Silva *et al.*, 2004), e do sistema estuarino de Itamaracá, compreendendo 58% do zooplâncton (Silva *et al.*, 2003). Na Baía do Espírito Santo, sistema costeiro no sudeste brasileiro, os copépodes representaram mais que 85% do zooplâncton total (Dias & Bonecker, 2008).

Em relação ao número de taxa identificados, a riqueza encontrada no ELP no presente estudo (104) é maior que a observada no sistema estuarino de Itamaracá, no nordeste do país, onde foram registrados 65 taxa (Silva *et al.*, 2003), e na Baía do Suape (45 taxa), esta considerada sobre estresse ambiental grave (Silva *et al.*, 2004).

Os resultados do presente estudo demonstram que no decorrer das últimas décadas, as principais espécies dominantes permanecem as mesmas (*A. tonsa*, *N. incompositus*, *M. elongata atlantica*) e a abundância é marcada por picos de densidade pronunciados durante o ano, especialmente no inverno e verão. Como os picos de inverno foram principalmente compostos por copépodes, podem ter ocorrido devido a uma menor pressão predatória por larvas de peixes e outros invertebrados nesse período, sendo que as larvas do meroplâncton e zooplancóntes carnívoros (Hydromedusae e Chaetognata) foram mais abundantes no verão. Picos anuais de abundância no inverno também foram observados em sistemas salobros do Japão, onde os autores

atribuíram o fato a uma possível escassez de predadores nesse período (Uye *et al.*, 2000).

Já os picos observados durante o verão, além de sugerirem a existência de padrões reprodutivos sazonais, com maiores temperaturas oferecendo condições propícias para a reprodução de muitas espécies, podem demonstrar o aproveitamento de um incremento na produção fitoplanctônica durante a primavera no ELP (Abreu *et al.*, 1994; Odebrecht & Abreu, 1998), que para espécies com padrão de reprodução contínua, como *T. turbinata* e *A. tonsa* (Kaminski & Montú, 2005), levam ao crescimento de várias gerações de uma mesma espécie no verão.

A influência da salinidade foi observada, indicando alterações dos padrões de dominância das principais espécies de copépodes e fauna acompanhante. No ano de 2000 (La Niña), a salinidade no estuário foi maior durante os primeiros meses do ano, resultando em uma composição mais semelhante com a da praia, o que foi visualizado nos gráficos das análises MDS interanuais entre estações de coleta. Já no ano de 2003 (El Niño), os gráficos das análises MDS interanuais sazonais mostraram que a comunidade do verão se sobrepôs a da primavera, o que se deve provavelmente a menores salinidades observadas no ELP no verão daquele ano.

Neste trabalho foi observada uma maior participação da espécie-chave *A. tonsa* na comunidade do mesozooplâncton do ELP e da ZAPC durante o ano de 2000 (La Niña), e menor participação da mesma na comunidade do ELP durante os anos de 2002 e 2003 (El Niño), anos em que o copépode *N.*

incompositus exerceu a maior participação na determinação na comunidade do estuário. Essas informações sugerem a influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña sobre a abundância de *A. tonsa* e *N. incompositus* no ELP, reforçando informações anteriores sobre as mesmas. Durante primavera de 1976, período sob influência de La Niña (NOAA, 2009), foram registrada maiores densidades de *A. tonsa* no ELP no trabalho de Montú (1980) o qual registrou menores densidades percentuais de *A. tonsa* e maiores de *N. incompositus* durante a primavera de 1977, período com índices ENSO positivos (NOAA, 2009). Durante o episódio de El Niño de 1997, também verificou-se diminuição de *A. tonsa* e maior abundância de *N. incompositus* no ELP (Rudorff, 2002). Apesar de ter havido apenas uma ocorrência destes fenômenos durante o período estudado no presente trabalho, os dados coincidem com informações anteriores, sendo importantes para comparação futuramente, sobre mudanças climáticas e variações de diversidade.

Concluindo, o estudo possibilitou identificar as principais espécies determinantes da comunidade zooplancônica do Estuário da Lagoa dos Patos (*N. incompositus*, *A. tonsa* e *M. micrura*) e da Zona de Arrebentação da praia do Cassino (*M. elongata atlantica*, *A. tonsa*, *S. pileatus*, *T. turbinata* e Chaetognata), bem como permitiu observar suas variações sazonais e interanuais.

Comparações com estudos anteriores realizados na região sugerem que estas comunidades tem se mantido estáveis em relação às principais espécies ao longo do tempo, com inclusão de algumas novas espécies, como o copépode *T. turbinata* e o cladóceros *Bosmina longirostris*. Além disso, foi

possível verificar a influência da salinidade sobre a comunidade zooplanctônica, alterando a abundância das espécies chave *A. tonsa* e *N. incompositus*, e a variação sazonal e espacial da comunidade como um todo.

CAPÍTULO II

Distribuição e variação sazonal e interanual (2000 a 2005) dos copépodes *Acartia tonsa*, *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus* no estuário da Lagoa dos Patos e praia do Cassino – Rio Grande - RS.

1- INTRODUÇÃO

O zooplâncton possui fundamental importância ecológica e econômica, a qual pode ser destacada pela posição chave que os organismos deste grupo ocupam na cadeia alimentar pelágica, transferindo a energia produzida pelos produtores primários para os níveis tróficos superiores, incluindo os peixes pelágicos explorados economicamente e consumidos pela humanidade (Mauchline, 1998; Hopcroft & Roff, 1998; Lenz, 2000; Lopes *et al.*, 2006).

Variações na composição e na disponibilidade do zooplâncton para a alimentação de larvas de peixes, podem influenciar em flutuações dos estoques pesqueiros (Mauchline, 1998; Lenz, 2000; Lopes *et al.*, 2006). Através da predação sobre o fitoplâncton, os organismos zooplanctônicos podem de certa forma controlar a produtividade primária e conseqüentemente a dinâmica de sistemas pelágicos (Banse, 1995).

Dentre os componentes do zooplâncton, os copépodes são as formas predominantes, presentes em todos os oceanos e geralmente compreendendo

70% ou mais dos organismos coletados através de arrastos de rede de plâncton (Lally & Parsons, 1993).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos com organismos desse grupo, tanto de ordem sistemática, como análises experimentais, relacionando a ocorrência das espécies com variáveis bióticas e abióticas do ambiente (Berggreen *et al.*, 1988; Kiørboe & Sabatini, 1994; Mauchline, 1998; Cervetto *et al.*, 1999; Castro-Longoria, 2003; Cook *et al.*, 2007). O conhecimento da frequência de distribuição de adultos e copepoditos, bem como das proporções entre machos e fêmeas, fornece informações importantes para o conhecimento de diversos aspectos das populações de copépodes, como identificação de gerações, e análises demográficas das mesmas (Mauchline, 1998).

No estuário da Lagoa dos Patos (ELP) e também na zona de arrebentação da praia do Cassino (ZAPC), o copépode *A. tonsa* é considerado espécie dominante, sendo o responsável pela constituição dos maiores picos de densidade destes ambientes (Montú *et al.*, 1998; Bersano, 1994; capítulo I deste trabalho). Esta espécie apresentou a maior frequência de ocorrência (74%) entre os Copepoda na área de estudo durante 6 anos consecutivos, seguida por *N. incompositus* (50%), *P. richardi* (45%) e *T. turbinata* (37%) (capítulo I).

Em ambientes marinhos costeiros e estuarinos, os organismos do zooplâncton sofrem com as variações de salinidade, que são ocasionadas por diversos processos, e que podem levar a efeitos letais ou sub-letais (Calliari *et al.*, 2008). Nestas áreas, a distribuição e abundância do zooplâncton são determinadas em grande parte pelas variações de salinidade e temperatura do ambiente, de acordo

com preferências e graus de tolerância dos organismos (Montú, 1980; Uye *et al.* 2000; Coyle & Pinchuk, 2003; Hoffmeyer, 2004; Chinnery & Williams, 2004).

No ELP as variações de salinidade são ocasionadas principalmente pelos sistemas de vento e taxas de precipitação (Costa *et al.*, 1988; Garcia, 1998) uma vez que as marés astronômicas exercem influência mínima no litoral do Rio Grande do Sul, devido a proximidade de um ponto anfidrômico (Herz 1977; Castelo & Möller Jr. 1977; Möller *et al.*, 1996).

Já as variações de temperatura seguem a sazonalidade do clima local. A ocorrência de fenômenos climáticos como o ENSO, pode alterar as taxas de precipitação e os valores de descarga de água doce pelos rios tributários da Lagoa dos Patos, influenciando nas variações de salinidade do ELP (Garcia, 1998; Vaz *et al.*, 2006). Como consequência, podem ocorrer variações na composição e abundância de organismos associados a este, como observado para as assembleias de peixes, que tiveram seu recrutamento, imigração e emigração modificados durante episódio da La Niña 1995-96, e do El Niño 1997-8 (Garcia *et al.* 2001).

Em várias localidades foram observadas variações na abundância, distribuição e padrões de dominância de espécies do zooplâncton em decorrência da atuação de fenômenos climáticos ENSO (Piontkovski & Landry, 2003; Park *et al.*, 2004; Jiménez-Pérez & Lavaniegos, 2004).

Variações na temperatura e salinidade podem afetar diretamente o crescimento, a taxa de eclosão de ovos, a duração dos diferentes estádios de vida e a estrutura populacional de copépodes, como observado para a espécie *Acartia sinjiensis* (Milione & Zeng, 2008). Os estádios foram mais uniformemente

distribuídos na salinidade 30, enquanto que nas salinidades de 15 e 45, a proporção de náuplios foi mais alta.

A abundância de *N. incompositus* e de *A. tonsa* no ELP parece estar relacionada com as mudanças de salinidade. Nos períodos mais salinos (enchente), predomina *A. tonsa*, enquanto que em salinidades mais baixas (vazante) as maiores densidades são de *N. incompositus* (Montú 1980, Rudorff, 2002, capítulo I). O copépode *P. richardi*, também é importante no estuário e, apesar de ocorrer em densidades máximas menores que *A. tonsa* e *N. incompositus*, pode ser registrado em todas as estações do ano no ELP e ZAPC (capítulo I).

Estudos de laboratório procurando identificar a influência de parâmetros ambientais na ecologia e dinâmica populacional de diferentes espécies de copépodes, podem auxiliar na compreensão dos padrões de distribuição das mesmas no ambiente, assim como resultados de campo podem sugerir novos experimentos e fundamentações teóricas (Skjodal *et al.*, 2000).

A influência da salinidade sobre *Acartia tonsa* foi testada, evidenciando que este parâmetro afeta o seu potencial reprodutivo (Castro-Longoria 2003, Cardozo 2004; Peck & Holse, 2006), a sobrevivência de seus náuplios e copepoditos (Tester & Turner, 1991; Cervetto *et al.*, 1999), e a eficiência de seu crescimento e custo energético (Calliari *et al.*, 2006). Além disso, mudanças halinas bruscas podem acarretar altas taxas de mortalidade e comprometer severamente a alimentação desta espécie (Calliari *et al.*, 2008). Para outras espécies também já foi demonstrada a influência da salinidade sobre a

sobrevivência e produção de ovos, como *Pseudodiaptomus annandalei* (Chen *et al.*; 2006) e *N. incompositus* (capítulo III).

O presente trabalho teve como objetivos: **1.)** descrever os padrões de distribuição e abundância de três espécies de copépodes freqüentes no ELP e ZAPC, sendo elas *Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi*, procurando relacioná-los com variações de temperatura e salinidade; **2.)** observar as variações na densidade e estrutura populacional (machos, fêmeas e copepoditos) das três espécies, nas diferentes estações de coletas e sazonalmente ; **3.)** verificar possíveis influências de fenômenos climáticos El Niño e La Niña sobre os padrões de distribuição e abundância das espécies.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Área de Estudo e obtenção das amostras de zooplâncton e dados abióticos

Métodos já descritos no capítulo I, páginas 18 a 21.

2.2- Identificação e quantificação do zooplâncton

Para a identificação e quantificação dos organismos foram retiradas alíquotas representativas de acordo com abundância dos mesmos nas amostras (de 1,5 a 100% da amostra), permitindo obter um número mínimo de 200 indivíduos contados, a fim de se obter uma ótima definição da composição

das amostras. Segundo Frontier (1981), a identificação de 100 indivíduos já é suficiente para caracterizar uma amostra de zooplâncton. As contagens foram feitas sob microscópio estereoscópico utilizando placas de contagem tipo Bogorov (Boltovskoy, 1981). Foram contados machos, fêmeas e copepoditos das principais espécies encontradas, sendo elas: *Acartia tonsa*, *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus*. A identificação foi feita de acordo com Björnberg (1981), Montú & Gloeden (1986), e Bradford-Grieve *et al.* (1999).

2.3- Dados climáticos

Informações referentes a períodos de ocorrência dos fenômenos climáticos globais La Niña e El Niño (ENSO) foram obtidos no site da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - Fonte: <http://www.cdc.noaa.gov>) e do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>). Dados de precipitação foram fornecidos pela estação meteorológica da furg (www.meteorologia.furg.br).

2.4- Análise estatística

A abundância de cada espécie, e suas densidades de fêmeas, machos e copepoditos em cada estação de coleta, e também de acordo com variação sazonal, foram submetidos à Análise de Variância sobre Classes (Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks). Quando observadas diferenças significativas sobre as médias das categorias populacionais, foi

aplicado o teste de Dunn com nível de significância de 95% (Cervetto *et al.*, 1999). Séries temporais cruzadas (STC) foram plotadas para cada uma das espécies, nas diferentes estações de coleta, com dados de abundância (org. m⁻³) em relação a zooplâncton total (ZT), temperatura (T°C) e salinidade (S).

Os dados foram plotados nas STC com identificação de períodos com ocorrência de episódios El Niño e La Niña.

3. RESULTADOS

3.1. Variáveis ambientais

As oscilações de temperatura seguiram padrões sazonais definidos com médias de 25,5 (\pm 2,9) no verão, 18,9 (\pm 2,8) no outono, 14,6 (\pm 3,) no inverno e 21,4 (\pm 3,1) na primavera. Considerando-se a variação espacial, a temperatura máxima (34,1°C) ocorreu na Marambaia, e a mínima (5,5 °C) na Prainha. Sazonalmente, a menor temperatura média foi registrada na ZAPC, durante o inverno (13,6 °C), e a mais alta na Marambaia (27 °C), durante o verão (Figura 1). No ELP, menores salinidades ocorreram no inverno e primavera, e em relação à variação espacial, maiores salinidades foram observadas na estação 1 (Figura 1).

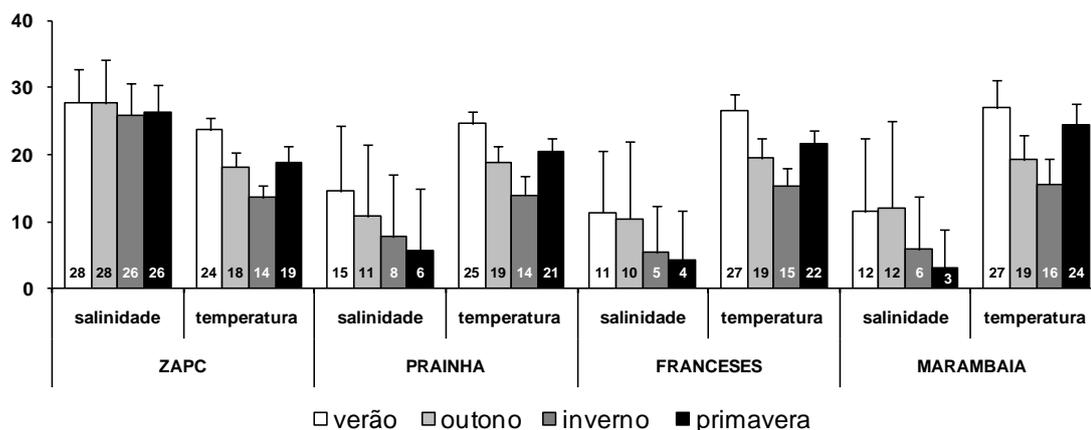


Figura 1. Médias sazonais de temperatura (°C) e salinidade nas diferentes estações de coleta. Média e desvio padrão.

Durante o verão de 2000 (La Niña) a salinidade foi elevada na maioria das estações, fato também verificado no verão de 2005. No verão de 2003 (El Niño), nas estações estuarinas (2, 3 e 4) a salinidade média foi menor que nos demais anos (Figura 2- A).

Em relação aos valores de precipitação na região, as taxas mais elevadas (mm mensais) ocorreram em janeiro de 2002 (368 mm) e em maio de 2004 (355 mm), e valores mínimos foram registrados em janeiro de 2000 e 2005, 17 e 20 mm, respectivamente (Figura 2- B). Maiores médias sazonais ocorreram no verão de 2002 (253 mm) e no outono de 2004 (181 mm). Em 2004 também foi registrada a menor média sazonal (32 mm), durante o verão (Figura 3).

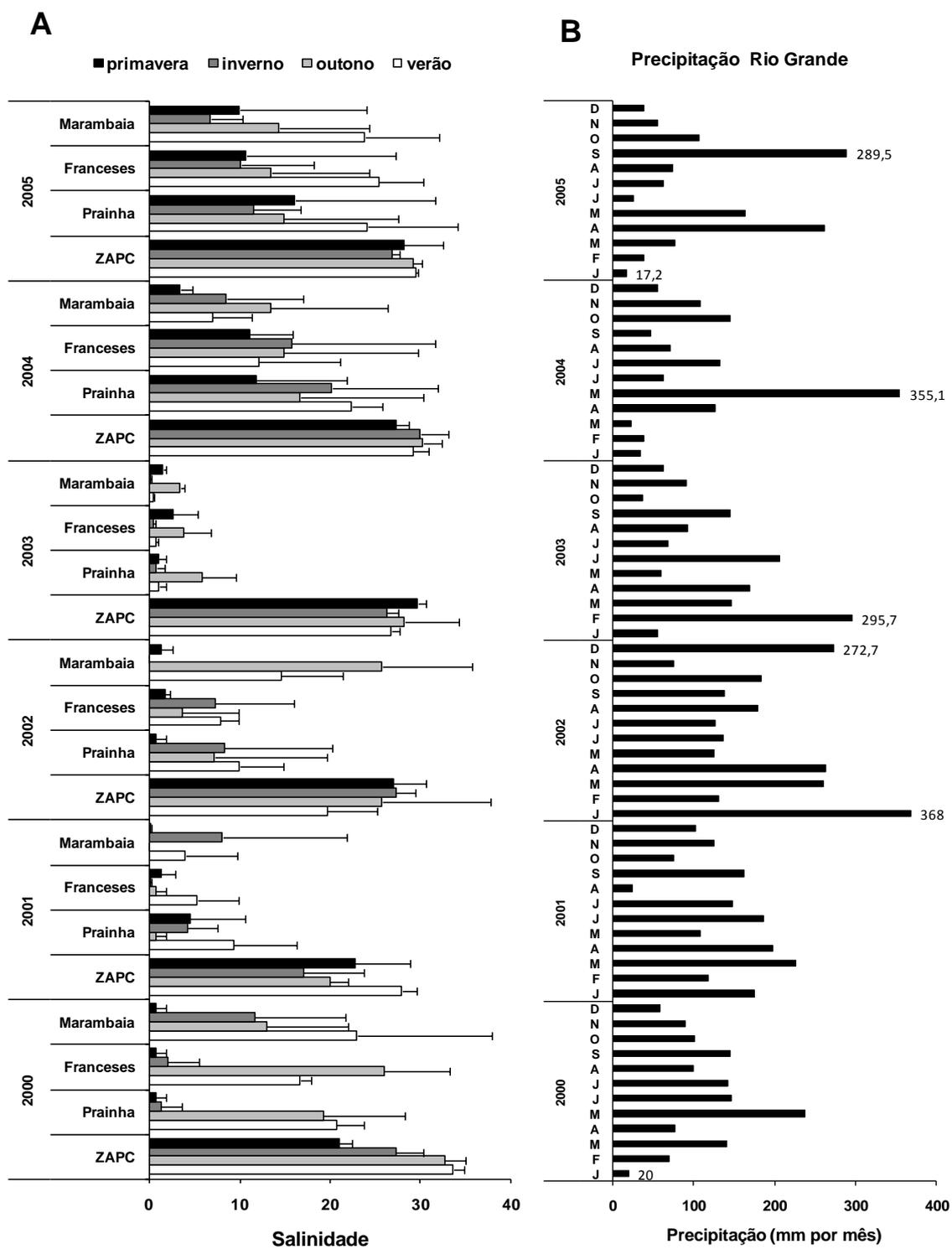


Figura 2. A. Médias Sazonais de Salinidade para as diferentes estações de coleta. Médias e Desvio Padrões. **B.** Precipitação (mm por mês) na região de Rio Grande – RS (dados disponibilizados pela estação meteorológica da FURG a partir do site: www.meteorologia.furg.br).

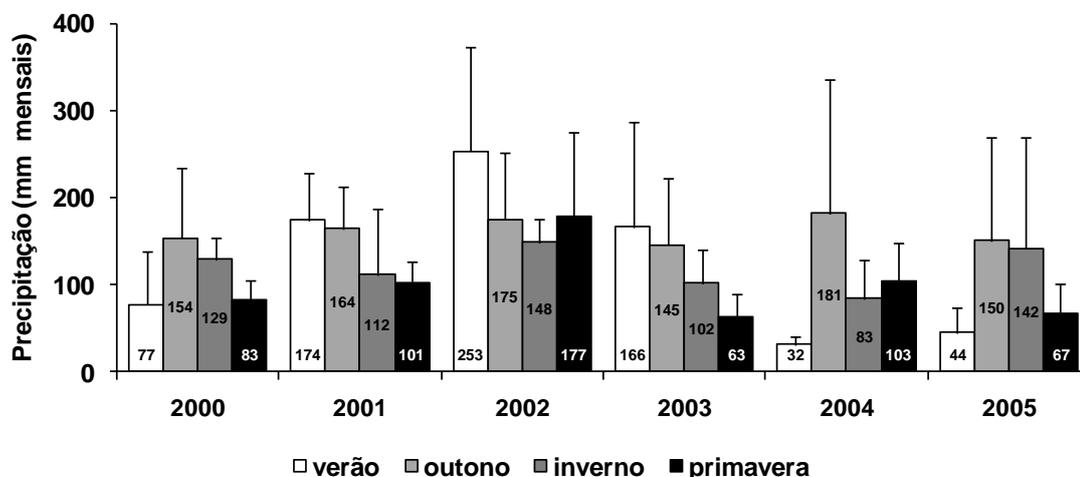


Figura 3. Médias sazonais de precipitação (mm mensais) na região de Rio Grande – RS. Médias e desvios padrões calculadas a partir de dados disponibilizados pela estação meteorológica de Rio Grande (www.meteorologia.furg.br).

3.2. Estação 1 (ZAPC)

Na ZAPC, o copépode *A. tonsa* apresentou Frequência de Ocorrência (FO) de 74% (Tabela 1), os maiores picos de densidade ocorreram em período de final de inverno, setembro de 2003 e 2005, ambos em salinidade 27 e temperatura 14,7 e 12,7, respectivamente (Figura 4- A).

Tabela 1. Frequência de Ocorrência (FO) e densidade média (organismos. m⁻³) das espécies *Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi*, nas diferentes estações de coleta considerando os 6 anos estudados. Letras minúsculas diferentes denotam diferenças estatísticas de densidade nas diferentes estações de coleta.

Estação	1 (ZAPC)	2 (Prainha)	3 (Franceses)	4 (Marambaia)
Frequência de Ocorrência (FO)				
<i>A. tonsa</i>	74%	74%	79%	68%
<i>P. richardi</i>	45%	37%	48%	51%
<i>N. incompositus</i>	5%	65%	64%	68%
Densidade organismos. m⁻³ (média e desvio padrão)				
<i>A. tonsa</i>	317 (± 1.234) ^a	145 (± 225) ^a	214 (± 571) ^a	387 (± 1.482) ^a
<i>P. richari</i>	33 (± 223) ^a	2,4 (±6) ^a	6 (±18) ^a	7 (±20) ^a
<i>N. incompositus</i>	0,07 (± 0,34) ^a	160 (± 615) ^b	91 (± 217) ^b	67 (± 217) ^b

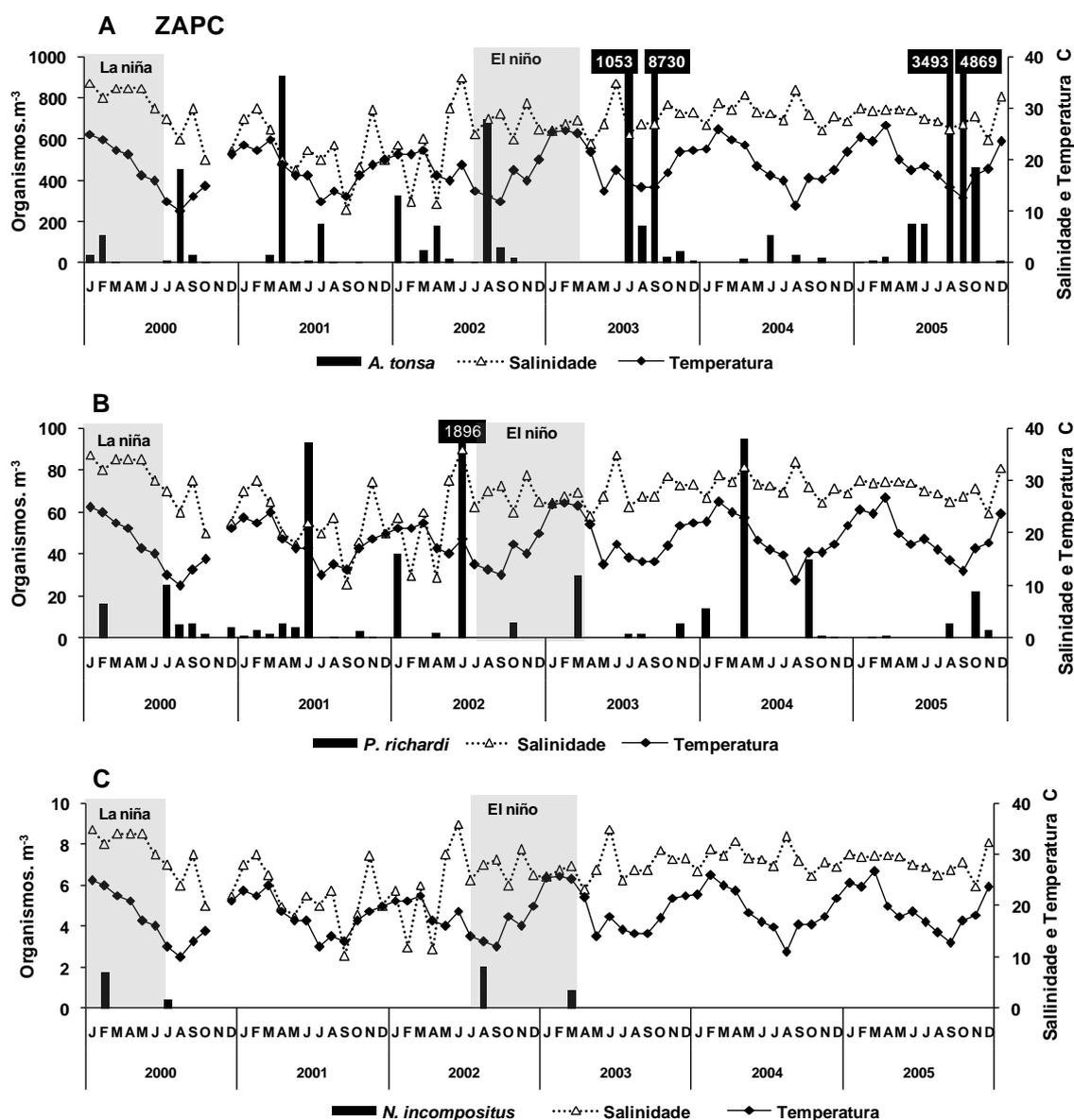


Figura 4. Variação da Salinidade, Temperatura °C e Densidade (org.m⁻³) dos copépodes *A. tonsa* (A), *P. richardi* (B) e *N. incompositus* (C) na estação 1 (Zona de Arrebentação da Praia do Cassino) durante o período de 2000 a 2005. Diferentes escalas de densidade de acordo com abundância dos organismos (1000, 100 e 10).

Em relação a composição por categoria populacional, ocorreram diferenças estatísticas ($p < 0,05$). As fêmeas de *A. tonsa* foram as mais representativas (média 77 %) da população, seguidas pelos machos (18 %) e copepoditos (4%), tendo essa categoria sido menos representativa ($p < 0,05$) que as demais (Tabela 2 e Figura 5- A).

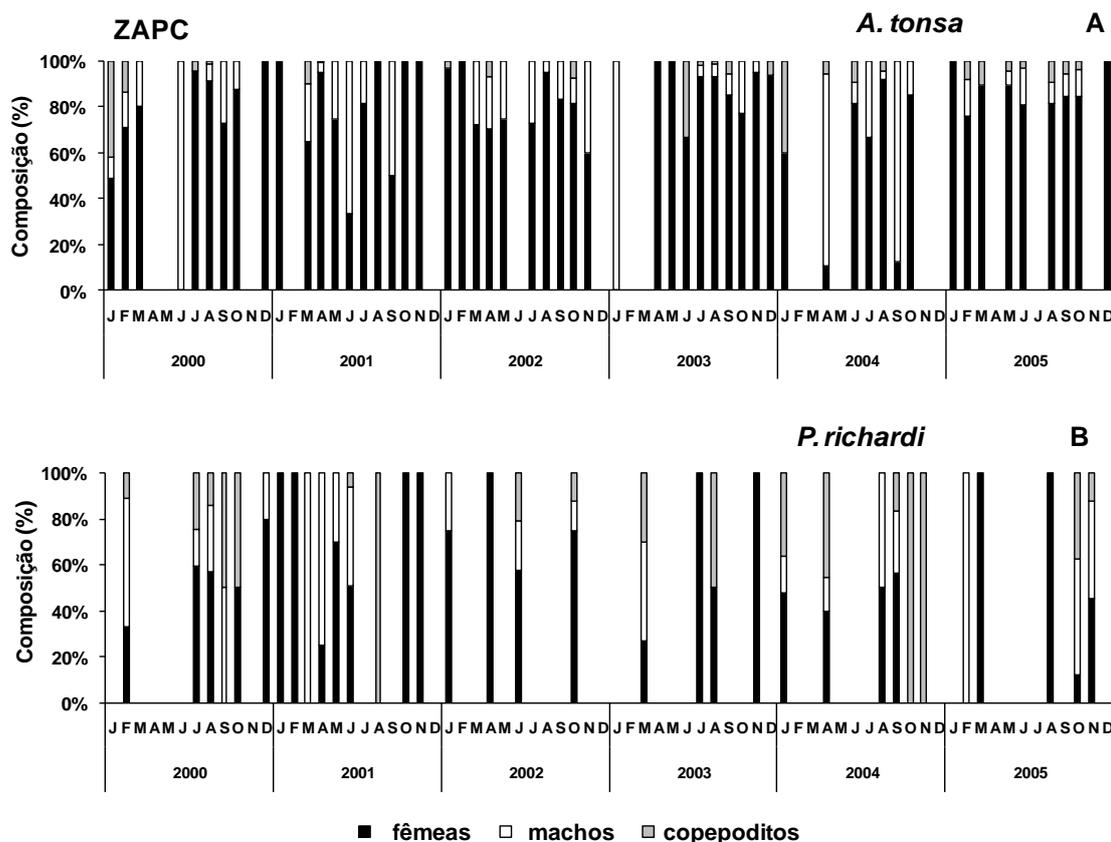


Figura 5. Composição por categorias populacionais (percentual na composição) na estação 1, ou ZAPC (Zona de arrebenção da praia do Cassino). *Acartia tonsa* (A) e *Pseudodiaptomus richardi* (B).

Tabela 2. Médias percentuais e desvio padrão das categorias populacionais (fêmeas, machos e copepoditos) dos copépodos *Acartia tonsa*, *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi*, nas diferentes estações de coleta (2000 – 2005). Letras minúsculas diferentes denotam diferenças estatísticas entre as categorias em cada estação de coleta.

Estação	1 (ZAPC)	2 (Prainha)	3 (Franceses)	4 (Marambaia)
Composição por categorias populacionais (média percentual e desvio padrão)				
<i>A. tonsa</i> ♀	77 % (± 25) a	72 % (± 22) a	76 % (± 22) a	79 % (± 25) a
<i>A. tonsa</i> ♂	18 % (± 25) b	19 % (± 20) b	14 % (± 15) b	14 % (± 23) b
<i>A. tonsa</i> copep.	4,4 % (± 9) c	9 % (± 14) b	10 % (± 16) b	7 % (± 9) b
<i>P. richardi</i> ♀	56 % (± 36) a	41 % (± 36) a	40 % (± 39) a	39 % (± 34) a
<i>P. richardi</i> ♂	24 % (± 28) b	19 % (± 27) a	25 % (± 32) a	21 % (± 27) a
<i>P. richardi</i> copep.	21 % (± 30) b	40 % (± 41) a	35 % (± 36) a	39 % (± 37) a
<i>N. incompositus</i> ♀	-	53 % (± 20) a	52 % (± 23) a	51 % (± 25) a
<i>N. incompositus</i> ♂	-	33 % (± 17) b	36 % (± 20) b	33 % (± 24) b
<i>N. incompositus</i> copep.	-	14 % (± 15) c	11 % (± 14) c	16 % (± 21) c

A maior densidade de *Pseudodiaptomus richardi* ocorreu no início do outono, em junho de 2002, em salinidade 36 e T°C 19, atingindo 1.896 org.m⁻³ (Figura 4- B). A FO de *P. richardi* na ZAPC foi de 45 % (Tabela 1).

O percentual médio de fêmeas de *P. richardi* (56%) foi estatisticamente ($p < 0,05$) superior ao dos machos (24%) e copepoditos (21%), semelhantes entre si (Figura 5- B e Tabela 2).

A ocorrência de *Notodiaptomus incompositus* foi pontual, FO de 5,4% (Tabela 1), com densidades menores que 3 org. m⁻³ (Figura 4- C). Esta espécie demonstrou não ser adaptada à salinidade mais elevada desse ambiente. Devido ao seu pequeno número de organismos, não foi possível avaliar composição das categorias populacionais, sendo que a presença da espécie não foi representativa.

3.3. Estação 2 (Prainha).

Acartia tonsa foi registrada entre salinidades 0 e 33, apresentando picos de densidade em diferentes salinidades (1,8 a 24) e em temperatura acima de 16°C (Figura 6- A). A maior FO foi observada em 2005, período caracterizado por intensas variações de salinidade (entre 3,1 e 33,3), com maiores densidades registrada em salinidade entre 5 e 15 (Figura 6- A). Nesta estação a FO de *A. tonsa* para os 6 anos estudados também foi de 74% (Tabela 1).

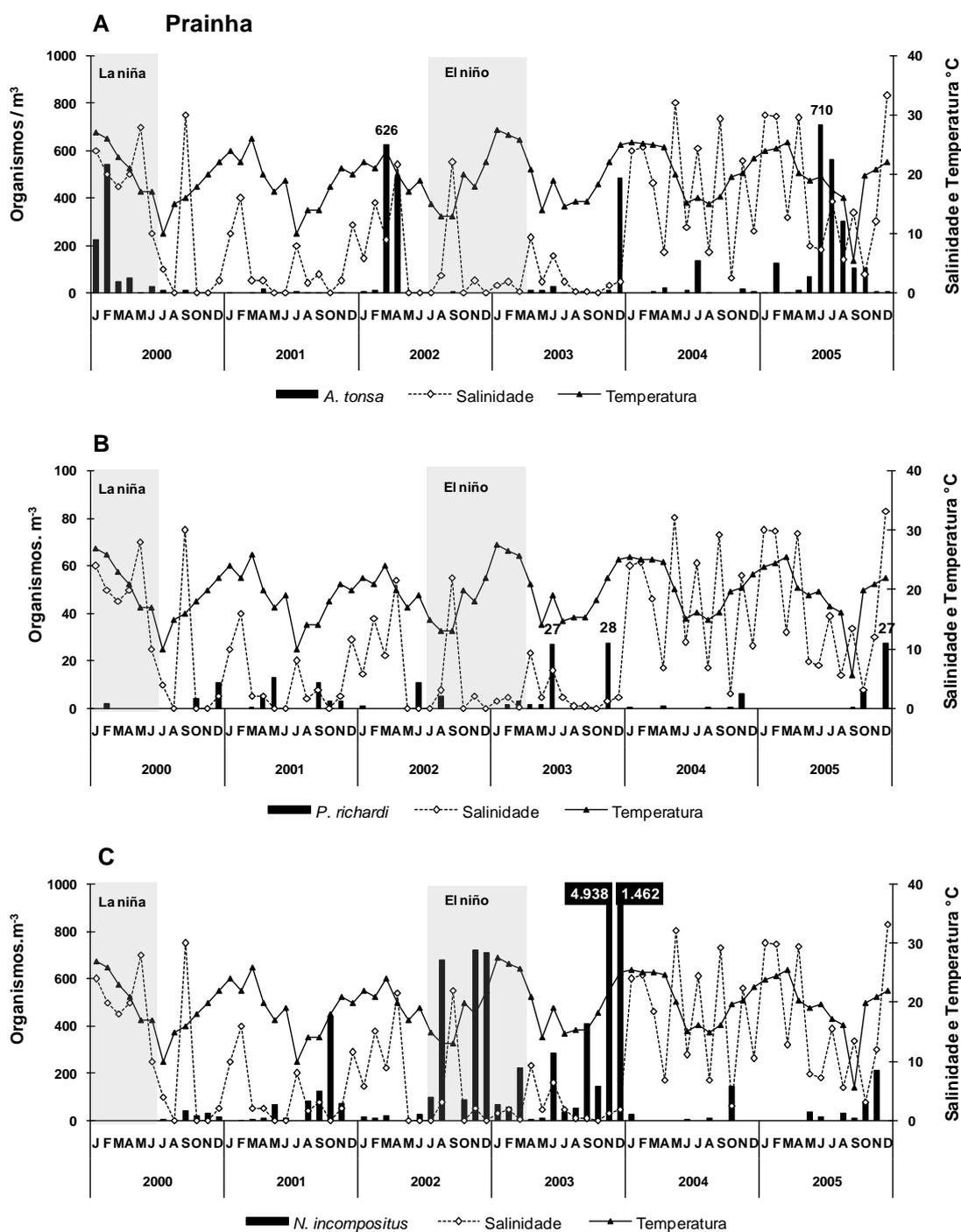


Figura 6. Variação da Salinidade, Temperatura °C e Densidade (org.m⁻³) dos copépodes *A. tonsa* (A), *P. richardi* (B) e *N. incompositus* (C) na estação 2 (Prainha) durante o período estudado (2000 a 2005). Diferentes escalas de densidade de acordo com abundância dos organismos (1000, 100 e 1000).

As fêmeas de *A.tonsa* representaram a maioria (72%) na composição populacional da Prainha (estação 2), sendo significativamente ($p < 0,05$) mais

abundantes que machos (19%) e copepoditos (9%), que apresentaram densidades estatisticamente iguais (Tabela 2 e Figura 7- A).

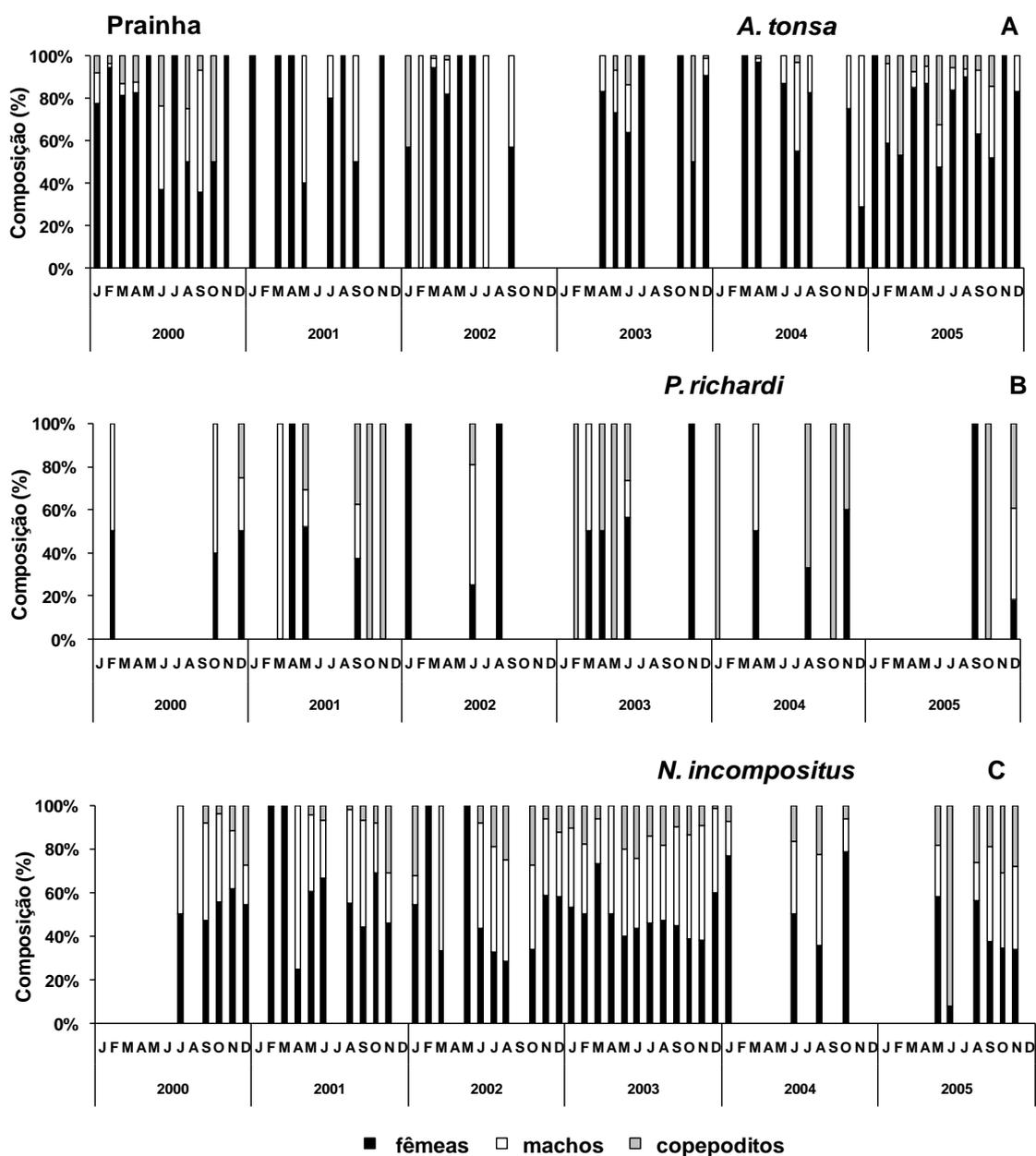


Figura 7. Composição por categorias populacionais (percentual na composição) na estação 2 (Prainha). *Acartia tonsa* (A), *Pseudodiaptomus richardi* (B) e *Notodiaptomus incompositus* (C).

Para o copépode *P. richardi*, também foram observados picos de abundância em salinidades variadas, entre 0 e 33 (Figura 6- B). Na maioria das ocasiões os

picos de densidade de *P. richardi* foram assíncronos com os de *A. tonsa*, e em novembro de 2003, foi sincrônico com *N. incompositus* (Figura 6- A, B e C). Nesta estação de coleta a FO de *P. richardi* foi de 37% (Tabela 1). Em relação a composição das categorias populacionais, nesta estação não foram observadas diferenças estatísticas ($p= 0,06$) entre as médias de densidade de fêmeas (41%), machos (19%) e copepoditos (40%) de *P. richardi*, apesar de em duas das ocasiões com maiores densidades (junho e novembro de 2003) as fêmeas terem representado a maioria (Figura 7- B).

A FO de *N. incompositus* na Prainha foi de 65% (Tabela 1), esta espécie ocorreu em menor amplitude de salinidade do que *A. tonsa* e *P. richardi*, registrada no intervalo halino de 0 a 12, e tendo sido responsável pelos maiores picos de densidade nesta estação de coleta (Figura 6- C). Em novembro de 2003, ocorreu a maior abundância desta espécie (4.938 org.m^{-3}), após um período prolongado de baixa salinidade. *N. incompositus* esteve ausente em 2000 (La Niña), já por ocasião de 2002-2003 (El Niño), apresentou maior FO, e substituiu *A. tonsa* na dominância (Figura 6- A e C). Foram observadas diferenças estatísticas ($p < 0,05$) na composição das categorias populacionais de *N. incompositus*. As fêmeas representaram em média 53% da população, os machos 33%, e os copepoditos 14% (Tabela 2 e Figura 7- C).

3.4. Estação 3 (Franceses)

Para a espécie *A. tonsa* o maior pico de densidade (3.965 org.m^{-3}) ocorreu no inverno de 2005, em salinidade 7,2 e T°C 20, seguida pelo verão, em fevereiro de

2002 (1.857 org.m^{-3}), com salinidade 9,7 e T°C 26 (Figura 8- A). Outros picos de densidade de *A. tonsa* menos pronunciados ocorreram em períodos de inverno em 2000, 2001 e 2004, em salinidades entre 0 e 32 e T°C entre 11 e 26 (Figura 8- A). Na estação Franceses, *A. tonsa* apresentou FO de 79% (Tabela 1), a qual foi mínima durante a ocorrência do El Niño de 2002-2003 (Figura 8- A).

A composição das categorias populacionais de *A. tonsa* seguiu o padrão das demais estações (Tabela 2), sendo as fêmeas (76%) estatisticamente ($p < 0,05$) mais abundantes que os machos (14%) e copepoditos (10%). Porém, durante o maior pico de abundância, em junho de 2005, os machos compuseram 44% frente a 27% de fêmeas e 28% de copepoditos (Figura 9- A).

Maiores picos de densidade das espécies *P. richardi* e *N. incompositus* ocorreram no mesmo momento, em dezembro de 2002, período sob influência do fenômeno El Niño, com predomínio de baixas salinidades e ausência da espécie *A. tonsa* (Figura 8- A, B e C). A FO foi de 48% para *P. richardi* e 64% para *N. incompositus* (Tabela 1).

Durante o ano de 2001 a salinidade se manteve baixa por longo período, e *N. incompositus* foi a espécie mais freqüente e abundante. Já durante o ano de 2004 e início de 2005, quando ocorreram amplas variações de salinidade, a espécie esteve praticamente ausente nesta localidade (Figura 8- C). Em julho de 2001 as três espécies coexistiram apresentando picos conjuntos, fato pouco comum durante todo o período analisado (Figura 8- A, B e C).

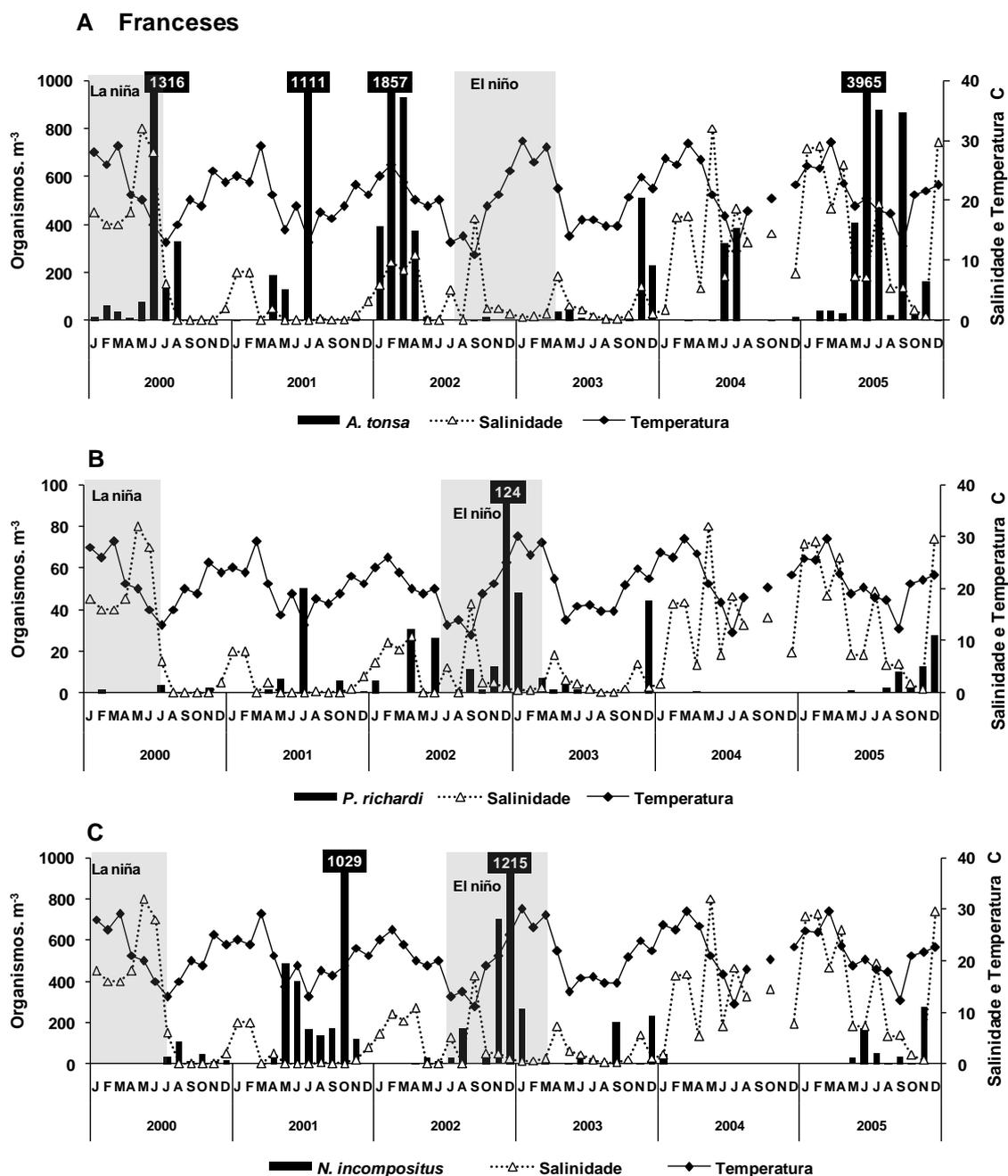


Figura 8. Variação da Salinidade, Temperatura °C e Densidade (org.m^{-3}) dos copépodes *A. tonsa* (A), *P. richardi* (B) e *N. incompositus* (C) na estação 3 (Franceses) durante o período de 2000 a 2005. Diferentes escalas de densidade de acordo com abundância dos organismos (1000, 100 e 1000).

As categorias populacionais, assim como na estação Prainha, foram estatisticamente homogêneas ($p= 0,229$) para *P. richardi*. Em média, as fêmeas compreenderam 40%, os machos 25% e os copepoditos 35% da população (Tabela 2). Durante o maior pico de densidade (dezembro de 2002),

as fêmeas compreenderam a maioria, já na segunda maior abundância desta espécie (julho de 2001), os machos eram mais abundantes (Figura 9- B).

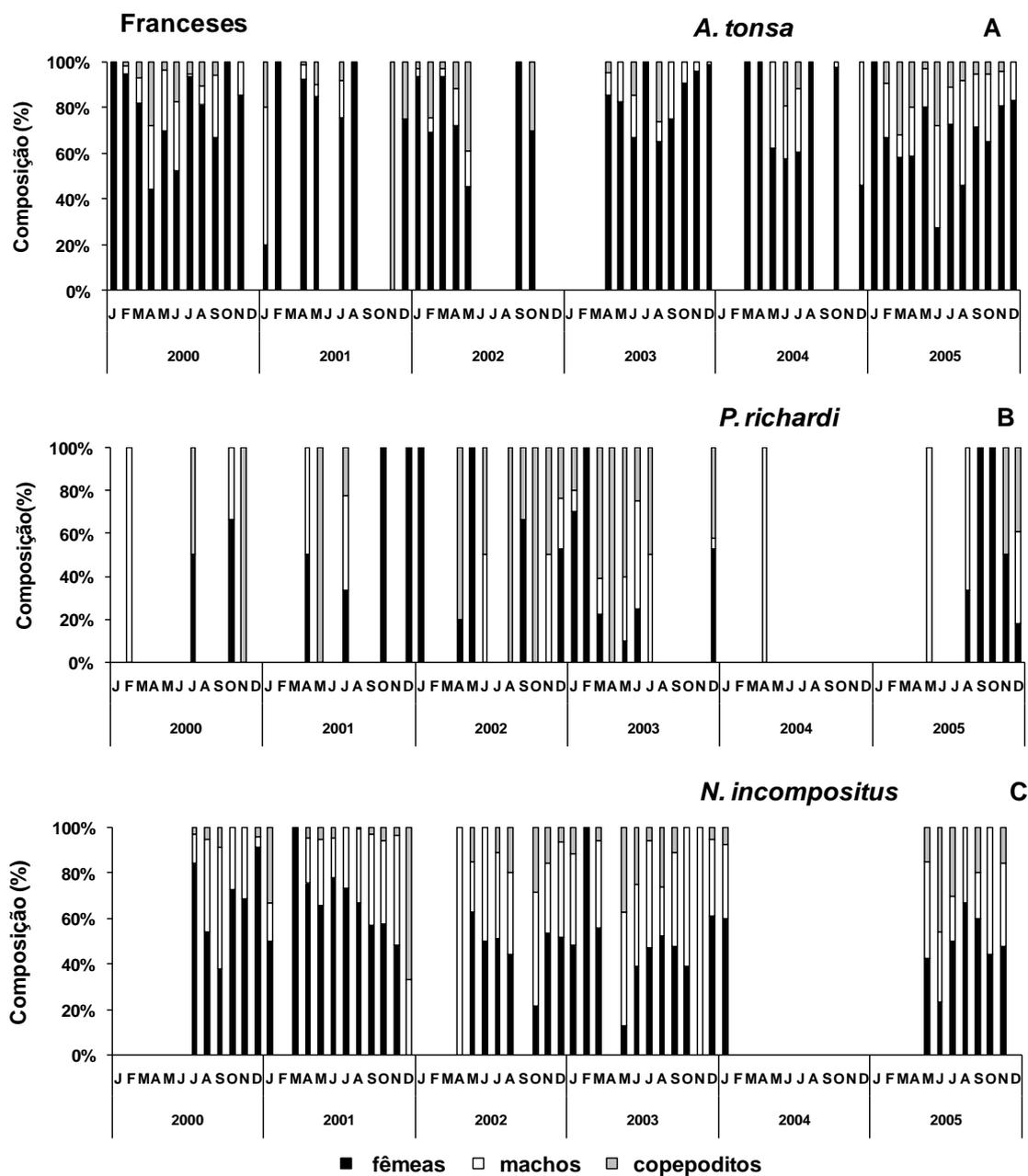


Figura 9. Composição por categorias populacionais (percentual na composição) na estação 3 (Franceses). *Acartia tonsa* (A), *Pseudodiaptomus richardi* (B) e *Notodiaptomus incompositus* (C).

Para *N. incompositus*, assim como na estação Prainha, a composição das categorias populacionais diferiu estatisticamente ($p < 0,05$). As fêmeas representaram em média 52%, os machos 36%, e os copepoditos 11% da população desta espécie (Tabela 2 e Figura 9- C).

3.5. Estação 4 (Marambaia)

Na estação Marambaia, observou-se FO de 68% para *A. tonsa* (Tabela 1). Em 5 dos 6 anos analisados, a espécie teve sua ocorrência nula ou diminuída durante meses de setembro a dezembro quando a salinidade se manteve abaixo de 5 (Figura 10- A). Os maiores picos de abundância ocorreram nos meses de julho (2001 e 2005) onde a salinidade era 20 e 05, e a temperatura 14 e 24 °C, respectivamente (Figura 10- A). Durante a ocorrência do maior pico de densidade de *A. tonsa* na Marambaia, em julho de 2005, as espécies *N. incompositus* e *P. richardi* estiveram ausentes (Figura 10- A, B e C).

Os padrões de composição das categorias populacionais seguiram as mesmas tendências observadas nas demais estações de coleta. A espécie *A. tonsa* apresentou estatisticamente ($p < 0,05$) maior proporção de fêmeas (79%) na sua população, do que machos (14%) e copepoditos (7%) (Tabela 2). Os maiores picos de densidade (julho de 2001 e 2005) foram compostos na sua grande maioria por fêmeas (95 e 93%, respectivamente), e os machos foram mais abundantes em maio de 2005, quando representam 75% da população (Figura 11- A), situação onde se observou queda da temperatura e salinidade (Figura 10- A).

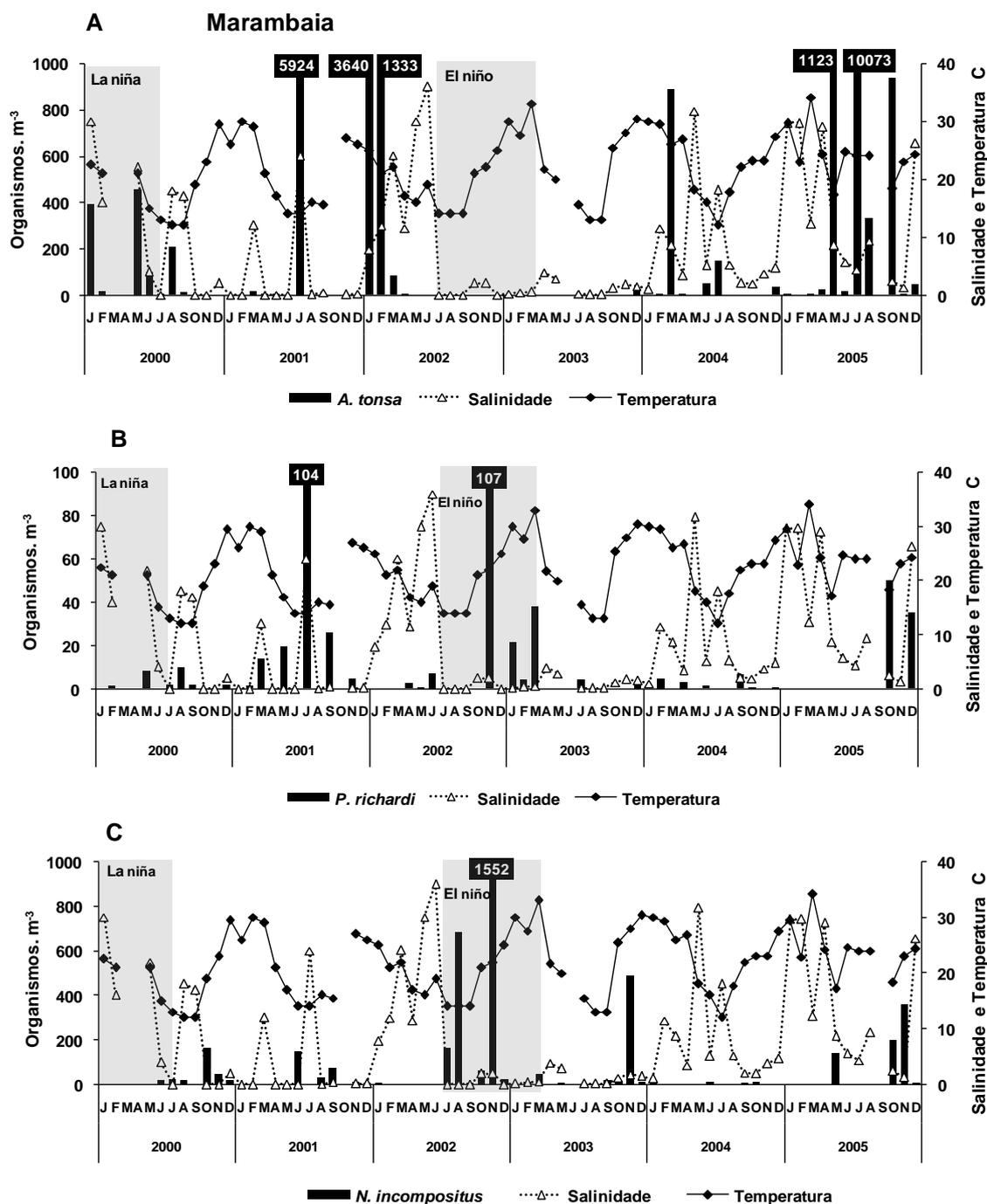


Figura 10. Variação da Salinidade, Temperatura °C e Densidade (org.m^{-3}) dos copépodes *A. tonsa* (A), *P. richardi* (B) e *N. incompositus* (C) na estação 4 (Marambaia) durante o período de 2000 a 2005. Diferentes escalas de densidade de acordo com abundância dos organismos (1000, 100 e 1000).

Na Marambaia ocorreu a maior FO de *P. richardi* e *N. incompositus*, alcançando 51% e 68%, respectivamente (Tabela 1). Os picos de densidade de *P. richardi* ocorreram em salinidades 24 e 2, o primeiro em sincronia com *A. tonsa* e o outro com *N. incompositus*, respectivamente (Figura 10- A, B e C).

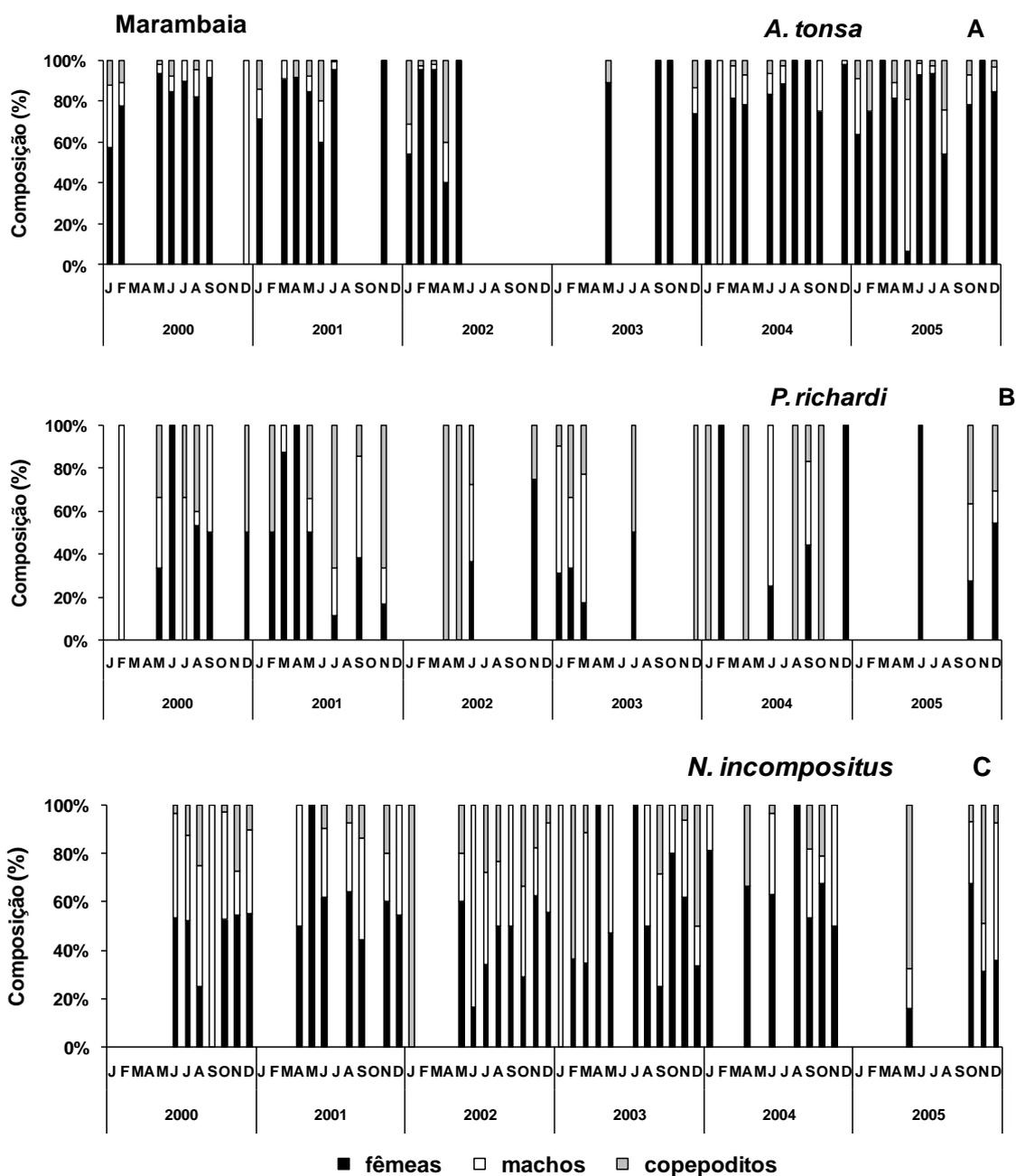


Figura 11. Composição por categorias populacionais (percentual na composição) na estação 4 (Marambaia). *Acartia tonsa* (A), *Pseudodiaptomus richardi* (B) e *Notodiaptomus incompositus* (C).

A ocorrência de *N. incompositus* apresentou clara relação com mudanças de salinidade, as maiores densidades coincidiram com períodos de inverno e primavera, caracterizados por baixas salinidades. Em novembro de 2002 e 2003, ocorreram picos de abundância após períodos relativamente prolongados de baixas salinidades (Figura 10- C).

Nesta estação de coleta, também não foram observadas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre as categorias populacionais de *P. richardi*. Em média, fêmeas, machos e copepoditos de *P. richardi* representaram, 39, 21 e 39%, respectivamente (Tabela 2 e Figura 11- B).

Para *N. incompositus* foram observadas diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as categorias populacionais. As fêmeas representaram a maioria, em média 51%, seguida pelos machos, com 33%, e pelos copepoditos, com 16% (Tabela 2). Durante o maior pico de densidade (novembro de 2002), as fêmeas representaram 75 e 62%, para *P. richardi* e *N. incompositus*, respectivamente (Figura 11- B e C).

3.6. Variação da densidade das espécies em relação a temperatura e salinidade.

Diagramas de Densidade em relação a Temperatura e Salinidade utilizando dados de todas as estações de coleta permitiram observar que *Acartia tonsa* apresenta densidades elevadas em diferentes combinações de temperatura e salinidade. As maiores concentrações foram registradas em temperatura 14,7 e 24 e salinidade 27 e 4,3, respectivamente (Figura 12).

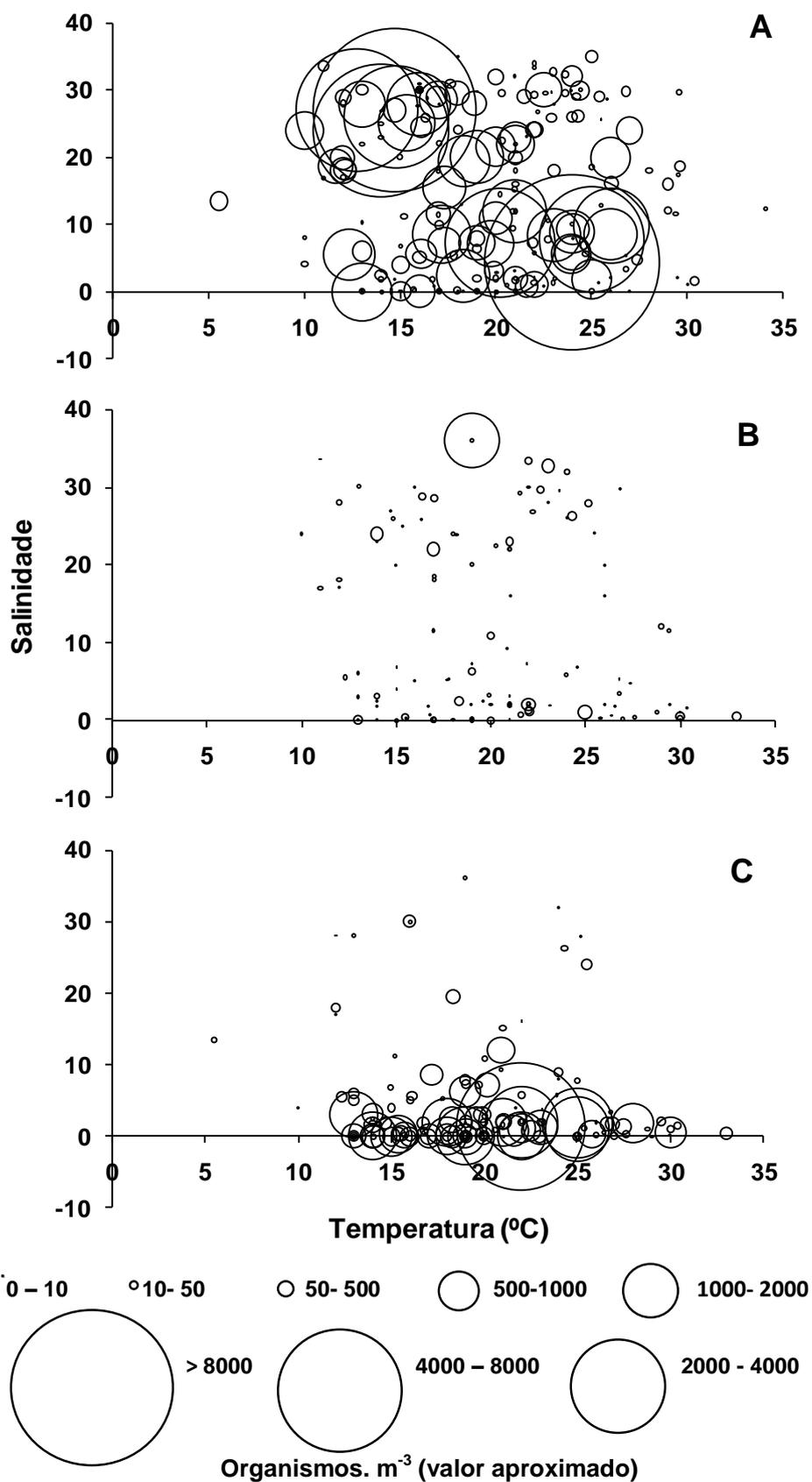


Figura 12. Diagrama da Abundância – Temperatura - Salinidade para os copépodes *A. tonsa* (A), *P. richardi* (B) e *N. incompositus* (C). Círculos representam a abundância de indivíduos. m³.

O copépode *Pseudodiaptomus richardi*, também ocorreu em um amplo intervalo halino e térmico, em densidades menores que *A. tonsa* e *N. incompositus*. A sua maior densidade ocorreu em temperatura 19 e salinidade 36 (Figura 12- B). As maiores densidades de *Notodiaptomus incompositus* ocorreram em salinidade menor que 10 e em temperatura entre 20 e 25 (Figura 12- C).

As espécies *A. tonsa* e *P. richardi* não apresentaram diferenças significativas ($p= 0,22$ e $0,26$, respectivamente) de abundância org.m^{-3} entre diferentes estações de coleta, já *N. incompositus* apresentou menor abundância org.m^{-3} ($p < 0,05$) na estação 1 que nas demais estações, semelhantes entre si (Tabela 1).

3.7. Variação sazonal das categorias populacionais

Analisando a composição das categorias populacionais das espécies de acordo com a variação sazonal, o mesmo padrão de dominância de fêmeas de *A. tonsa* em relação aos machos e copepoditos ($p < 0,05$) foi observado em todas as estações sazonais. Os machos apresentaram proporção semelhante ($p > 0,05$) aos copepoditos, com excessão do inverno, onde os copepoditos, foram estatisticamente ($p < 0,05$) menos representativos (Figura 13- A).

P. richardi apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) na composição das categorias populacionais de acordo com as estações do ano. As fêmeas são mais representativas que os machos em períodos de inverno e primavera, já durante verão e outono, não se observa diferença estatística ($p > 0,05$) entre as duas categorias (Figura 13- B).

Para *N. incompositus* não verificou-se diferença estatística entre a proporção de machos e fêmeas de acordo com a variação sazonal, sendo as fêmeas mais representativas ($p < 0,05$) que os machos em todas as estações do ano; porém, observou-se que a proporção de machos foi maior ($p < 0,05$) no inverno do que no verão (Figura 13- C).

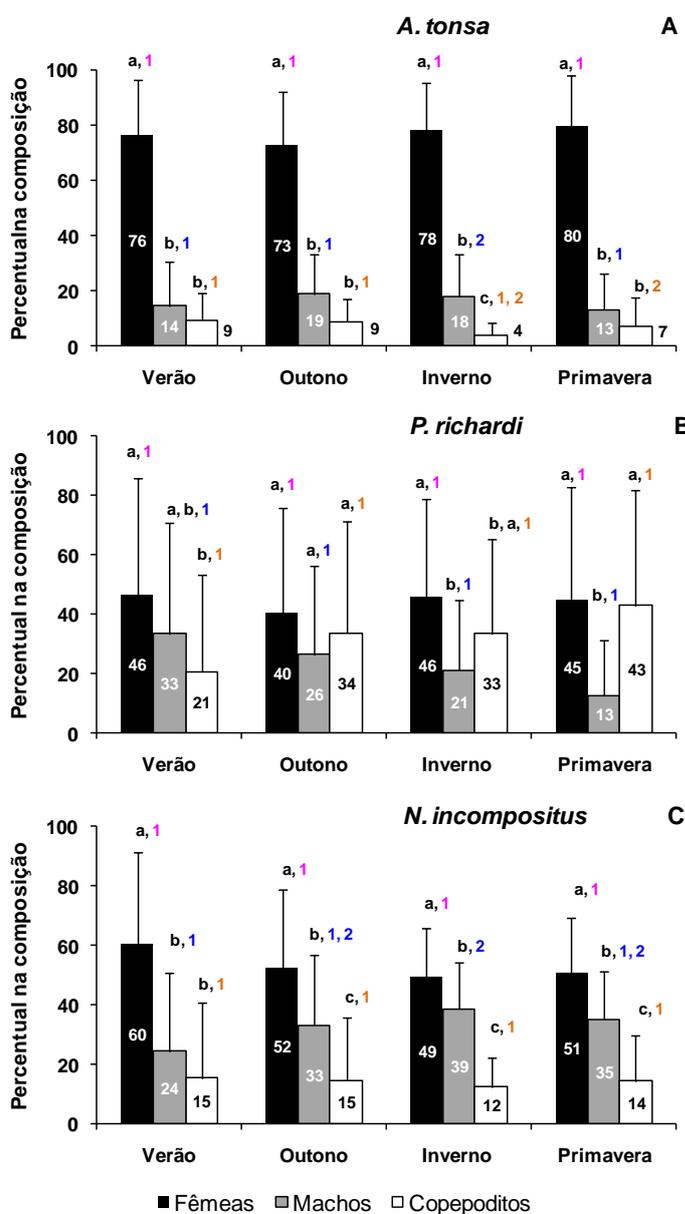


Figura 13. Composição de categorias populacionais nas diferentes estações do ano para os copépodes *A. tonsa* (A), *P. richardi* (B) e *N. incompositus*. (C). Letras minúsculas diferentes denotam diferenças estatísticas entre as categorias em uma mesma estação do ano; e números diferentes, entre uma mesma categoria nas diferentes estações sazonais (rosa: fêmeas, azul: machos; laranja: copepoditos).

4. DISCUSSÃO

Espécies que habitam ambientes estuarinos geralmente apresentam boa tolerância a variações de salinidade e temperatura (Gaudy *et al.*, 2000; Castro-Longória, 2003; Chinnery & Williams, 2004). Os resultados do presente trabalho demonstraram que as espécies *A. tonsa* e *P. richardi* são eurihalinas e euritéricas, com ampla distribuição na ZAPC e no ELP, corroborando com a classificação proposta por Montú, (1980) e capítulo III deste trabalho. Entretanto, para *P. richardi*, ocorreu um grande pico de densidade, em temperatura 19 e salinidade 36, o qual se sobressaiu em relação aos demais, podendo indicar uma preferência da espécie por maiores salinidades e temperatura amena.

Embora *N. incompositus* também tenha apresentado características euritéricas, esta espécie demonstrou ser mais sensível às variações de salinidade e temperatura, com ocorrência significativamente mínima na ZAPC, e maiores abundâncias no ELP coincidindo com períodos prolongados de baixa salinidade. As maiores densidades desta espécie ocorreram em salinidade menor que 10 e em temperatura entre 20 e 25, indicando pequena tolerância à variações de salinidade e preferência por intervalo térmico definido.

A. tonsa foi muito abundante e freqüente em todas as estações de coleta e períodos sazonais, geralmente alternando picos de densidade com *N. incompositus* no ELP. Esta espécie apresentou índices de contribuição elevados na determinação da comunidade zooplânctônica da ZAPC e do ELP, principalmente durante períodos de inverno e outono (capítulo I). Porém, *N.*

incompositus não foi freqüente nem abundante na ZAPC, bem como nos períodos de verão no ELP. Na determinação dos principais organismos representantes do zooplâncton do ELP nos diferentes períodos sazonais, *N. incompositus* foi importante nos períodos de primavera e inverno, diminuindo sua importância durante o verão (capítulo I). *P. richardi* apresentou valores de contribuição intermediários na ZAPC e ELP, em todas as estações do ano (capítulo I).

Em um estudo de laboratório realizado com populações de *Acartia* de Southampton Watter (UK), Chinnery & Williams (2004) observaram que *A. tonsa* foi tolerante a diluições de salinidade num intervalo entre 15 e 33, apresentando alto sucesso de eclosão de náuplios em temperatura de 20°C. Naquela região, estes autores classificaram *A. tonsa* como espécie de verão. Tester & Turner (1991) concluíram que *A. tonsa* pode ser mais restrita a habitats estuarinos devido à melhor sobrevivência de seus náuplios em salinidade menor que 25 e temperatura maior que 15°C. Estudando a distribuição de *A. tonsa* na lagoa de Berre, na França, Cervetto *et al* (1999) determinaram que copepoditos são menos adaptados a variações bruscas na salinidade do que os adultos, sofrendo maiores mortalidades. Já entre os adultos, os machos são mais sensíveis. Esses autores também determinaram que *A. tonsa* apresenta ótima adaptação no intervalo halino entre 15 e 22.

Através de experimentos laboratoriais, foi possível observar que o copépode *P. richardi* não é afetado por variações de salinidade entre 5 e 30, no que diz respeito ao tempo de crescimento, sobrevivência e produção de ovos (capítulo III). Já *Pseudodiaptomus annandalei*, tem sua produção de ovos e sobrevivência reduzidos em salinidades acima de 30-35 (Chen *et al.*; 2006).

Avaliando os efeitos de variações halinas sobre a reprodução e sobrevivência de *P. annandeli*, Chen *et al.* (2006) determinaram a salinidade 15 como ótima para a espécie, com reprodução favorecida em salinidades entre 10 e 20, e maior sobrevivência no intervalo entre 5 e 15. Esses autores também observaram que as fêmeas apresentaram melhores valores de sobrevivência do que os machos em salinidades extremas. O copépode *N. incompositus* também é afetado por variações halinas, sofrendo mortalidade total quando cultivado em salinidade 15, além de apresentar baixa sobrevivência de adultos e produção de ovos nula em salinidade 10 (capítulo III).

No presente trabalho os maiores picos de densidade de *A. tonsa* e *P. richardi* ocorreram em período de inverno (14, 7 e 19°C), respectivamente, e as maiores densidades de *N. incompositus* ocorreram na primavera (22 e 25 °C). Estudando a ocorrência de copépodes na zona de arrebentação da praia do Cassino, Gorri (2006) encontrou maiores densidades de *A. tonsa* em temperatura menor que 20°C, e de *P. richardi* e *N. incompositus* em T°C maior que 20.

As maiores densidades de *A. tonsa* em períodos de inverno, podem estar associadas as passagens de frentes frias vindas de SE e conseqüente aumento na salinização do estuário. Além disso, mesmo que em menor escala, fatores bióticos também devem ser considerados, como por exemplo a redução da pressão predatória exercida por espécies termófilas.

A salinidade e a temperatura não são os únicos fatores que determinam distribuição ou dominância das espécies. A concentração de alimento ou pressão predatória podem vir a limitar a dominância de espécies eurihalinas. O copépode

Gladioferes imparipes é extremamente eurihalino, mas seus náuplios são fortemente predados por *Acartia clausi*, e *Sulcanus conflictus*, espécies menos eurihalinas (Hodgking & Rippingale, 1971). *A. tonsa* pode preda sobre náuplios de outras espécies, fato que pode influenciar nas mudanças de dominância de copépodes (Fultom III, 1984). Em ambientes onde a diversidade é baixa, com dominância de poucas espécies, a população de copépodes pode ser controlada por predadores, os quais freqüentemente selecionam categorias específicas de tamanho de presa exercendo pressão diferente sobre cada espécie, modificando a ordem de dominância entre a população de copépodes (Mauchline, 1998).

No que diz respeito a composição das categorias populacionais, ou da estrutura populacional, o predomínio de fêmeas na população de *A. tonsa* foi contínuo, não sendo identificadas variações em função de salinidade ou temperatura, como também observado por Duarte (1986). No presente trabalho, machos e copepoditos apresentaram densidades semelhantes na maioria das estações de coleta, cabendo observar, no entanto, que as coletas foram mensais, e variações podem ocorrer dentro do período de um mês, podendo alguns padrões terem sido mascarados. Além disso, os menores copepoditos foram subamostrados devido a malha utilizada, que é mais eficiente na captura de copepoditos avançados e indivíduos adultos (Muxagata, 1995). A menor proporção de copepoditos em relação aos adultos de *N. incompositus* também pode ser decorrência deste fato (figura 13- C).

O maior número de fêmeas observado na população de *A. tonsa* pode estar relacionado a uma estratégia para maior produção de ovos e náuplios. Copépodes que desovam livremente apresentam alta fecundidade para compensar a grande

mortalidade dos ovos (Kiørboe & Sabatini, 1994). A longevidade dos machos parece ser mais curta que a das fêmeas para muitos copépodes Calanoida, fato que pode ser parcialmente responsável pela maior proporção de fêmeas observada para muitas espécies (Mauchline, 1998).

Mudanças na razão entre sexos de *A. tonsa* podem ocorrer em relação a densidade populacional e taxas de predação (Heinle, 1969 e 1970). Para a espécie *A. sinjiensis*, a proporção entre adultos e copepoditos pode variar de acordo com mudanças de salinidade, entretanto, nesse trabalho os adultos não foram diferenciados em machos e fêmeas (Millione & Zeng, 2008). As fêmeas de *A. tonsa* são mais resistentes a variações bruscas de salinidade do que os machos (Cervetto *et al.*, 1999), o que também poderia levar a uma maior proporção de fêmeas na população desta espécie.

N. incompositus também apresentou maior proporção de fêmeas na sua população, o que corrobora com Kiørboe & Sabatini (1994) que observou que copépodes que carregam ovos apresentam maior proporção de fêmeas, como uma possível estratégia reprodutiva à alta vulnerabilidade destas aos predadores visuais. Já o copépode *P. richardi*, apresentou proporções semelhantes entre as diferentes categorias populacionais (média anual), diferindo desse padrão. Ao ser cultivado massivamente em laboratório, *P. richardi* apresentou valores semelhantes entre machos e fêmeas, mas com elevado número de copepoditos e náuplios na sua população (Kaminski *et al.*, 2007), o que evidencia que os organismos dessas categorias foram subamostrados no presente trabalho, onde copepoditos geralmente foram menos representativos que as fêmeas (Figura 13-B). Ao final de um experimento de crescimento de *P. richardi* em diferentes

salinidades, também foram observadas proporções semelhantes entre os sexos (capítulo III), concordando com os dados de campo observados no presente trabalho. Analisando a composição de machos e fêmeas de *Pseudodiaptomus marinus* em uma enseada eutrófica interna no mar do Japão, Liang & Uye (1997) observaram que a proporção de machos e fêmeas varia irregularmente de acordo com as estações do ano, sendo as fêmeas geralmente mais numerosas que os machos, compreendendo 61,4% da média anual. No presente trabalho, apesar de machos e fêmeas de *P. richardi* apresentarem proporções semelhantes na média anual, durante inverno e primavera as fêmeas representaram maioria, já no verão e outono não se verificou diferença estatística entre essas duas categorias (Figura 13- B).

A determinação da razão entre sexos de uma população pode conter fontes de erro, como por exemplo, possíveis diferenças comportamentais de machos e fêmeas, os quais podem ocupar posições distintas horizontal e verticalmente, e formar agregações de machos e fêmeas. Além disso, mudanças sazonais na razão entre sexos ocorrem especialmente em espécies com tempo de geração longo, de meses a semanas (Mauchline, 1998). Diferenças nas proporções entre machos e fêmeas podem ser determinadas por fatores sazonais (Ferrari & Hayek, 1990), densidade e hábitos alimentares (Kouwenberg, 1993), assim como por fatores genéticos, ambientais e respostas de diferentes espécies a estes (Moore & Sander, 1983).

Com relação aos padrões de distribuição e abundância das espécies *A. tonsa*, *N. incompositus* e *P. richardi* no ELP e praia adjacente, ficou evidente que os mesmos podem estar condicionados principalmente pelas condições halinas.

Variações de salinidade influenciaram nas populações destas espécies através de pressão competitiva e fatores fisiológicos relacionados com limites da capacidade de osmorregulação (capítulo III).

Aparentemente o copépode *P. richardi* tem melhor sucesso na ocupação de determinadas áreas, quando *A. tonsa* não ocorre em densidade elevada. Os maiores picos de *P. richardi* no ELP foram geralmente assincrônicos com os de *A. tonsa* e foram registrados principalmente em situações de menor salinidade. Esse fato não parece ter sido relacionado a uma melhor capacidade reprodutiva da espécie em baixa salinidade, pois em experimentos laboratoriais, *P. richardi* sobreviveu e se desenvolveu com igual sucesso desde náuplio até adulto nas salinidades de 5, 15 e 30 (capítulo III); mas sim por menor pressão competitiva com *A. tonsa*, seu equivalente ecológico de origem marinha.

A pressão competitiva em decorrência da diferença nas taxas reprodutivas de *P. richardi* e *A. tonsa* pode ser um fator importante no sucesso de ocupação dos ambientes em diferentes condições halinas. As taxas de produção de ovos de *P. richardi* não apresentam variações significativas no intervalo halino entre 5 e 30, mas são relativamente baixas (médias entre 6,38 e 6,71 ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹) em função do tempo de incubação demorado (em média 72 horas), uma vez que a espécie incuba seu ovos em sacos ovígeros até o momento da eclosão dos náuplios, e não pode produzir uma nova massa de ovos até que os primeiros sejam liberados (capítulo III). O potencial reprodutivo de *A. tonsa*, por sua vez, é bem maior entre salinidades de 15 e 30 (média entre 17 e 40 ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹), mas reduzido em salinidade 5 (média de 12 ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹). Além disso, seus náuplios não conseguem completar seu desenvolvimento em salinidade 5

(Cardozo, 2004), o que indica limitação por fatores fisiológicos em baixas salinidades (≤ 5).

Cabe ressaltar, que além do fator competitivo, *P. richardi* também pode ter sua capacidade reprodutiva alterada quando exposto a variações súbitas de salinidade. No presente estudo observou-se que a espécie apresentou menores densidade e ocorrência no ELP em períodos com amplas variações de salinidade. Em experimentos de produção de ovos com esta espécie, observou-se que copépodes cultivados na salinidade testada apresentaram maiores taxas de produção de ovos do que indivíduos que passaram por aclimação (capítulo III), o que sugere a ocorrência de estresse osmótico a curto prazo, com menor energia direcionada para a reprodução nos períodos onde são expostos a súbitas mudanças na salinidade. De acordo com Chen *et al.* (2006) a espécie *P. annandalei*, apesar de suportar grande variação halina, apresenta maiores valores de fecundidade e sobrevivência naupliar em salinidade 15.

Em muitas ocasiões *P. richardi* apresentou picos de densidade sincrônicos com *N. incompositus*, sugerindo menor pressão competitiva com esta espécie, talvez devido a possuírem padrão reprodutivo semelhante, ou provavelmente possam não competir pelos mesmos ítems alimentares. Em laboratório *P. richardi* pareceu se alimentar bem com microalgas consideradas adequadas para a alimentação de *A. tonsa*, sendo que o mesmo não ocorreu para *N. incompositus* (capítulo III).

Assim como *A. tonsa*, *N. incompositus* também parece ter sua abundância e distribuição limitada por fatores fisiológicos, sendo que a espécie apresentou baixa tolerância à variações de salinidade. Os adultos não sobrevivem por muito tempo

em condições de salinidade prolongada, ocorrendo mortalidade total de indivíduos da espécie após 72 horas em S 15 e com produção de ovos nula em S 10 (capítulo III). No presente estudo foram observadas maiores abundâncias de *N. incompositus* relacionadas a condições límnicas, principalmente durante períodos de primavera, caracterizados por baixa salinidade, já em situações e áreas onde ocorre salinidade maior, como na ZAPC, as ocorrências ao longo dos seis anos de estudo foram pontuais e com densidades muito baixas ($< 5 \text{ org. m}^{-3}$).

Em estudos anteriores também foram registradas maiores ocorrências e abundâncias de *N. incompositus* no ELP em períodos ou áreas de menor salinidade. Esta espécie foi dominante na comunidade zooplânctônica em áreas do ELP onde as condições são predominantemente límnicas (Montú 1980, Duarte *et al.*, 1991), e em situações de vazante no regime hídrico do estuário (Montú, 1980; Rudorff, 2002).

Estas informações nos levam a concluir que nos casos onde foi observada a presença desta espécie em salinidade maior, podem ser referidas apenas a ocorrências de curto prazo quando carregadas pelo fluxo de vazante, e não indicariam portanto permanência da espécie nessas salinidades.

Levando-se em conta os resultados de experimentos de laboratório obtidos no capítulo III, conjuntamente com os dados de distribuição no campo durante seis anos consecutivos observados no presente trabalho, pode-se dizer que *N. incompositus* deve ser classificado como oligohalino (0,5 -5 ‰) em relação a sua tolerância a variações de salinidade, e não eurihalino como proposto por Montú (1980).

Avaliando uma possível influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a abundância das espécies estudadas, acredita-se que a ocorrência destes fatores climáticos interferiu nos padrões de abundância e distribuição das mesmas, principalmente no ELP, com efeitos menos visíveis na ZAPC. Durante o inverno de 2002 até final de verão de 2003, período sob influência do fenômeno El Niño (NOAA, 2009), quando ocorreram menores salinidades por período prolongado, a espécie *A. tonsa* esteve praticamente ausente no ELP, com ocorrências pontuais e em menores densidades.

Ao contrário, as espécies *N. incompositus* e *P. richardi* foram favorecidas durante esse período. Fato semelhante foi observado no verão de 1997-98, também durante episódio de El Niño, quando a espécie *A. tonsa* esteve ausente no ELP e *N. incompositus* ocorreu em maiores densidades (Rudorff, 2002). No verão de 2000, quando sob influência de La Niña (NOAA, 2009), ocorreram médias maiores de salinidade e notou-se incremento na FO de *A. tonsa* enquanto ocorreu diminuição expressiva de *N. incompositus*. Analisando informações de estudo realizado por Montú (1980), observou-se que esse mesmo padrão foi observado, com maiores densidades de *A. tonsa* no ELP durante primavera de 1996, ano com ocorrência de La Niña (NOAA, 2009), contrastando com menores densidades percentuais de *A. tonsa* e maiores de *N. incompositus* durante a primavera de 1977, período com índices ENSO positivos (Figura 14).

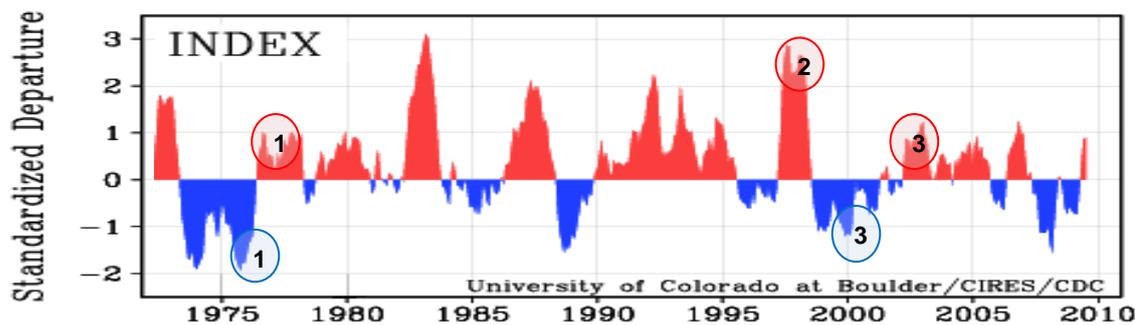


Figura 14. Série temporal com valores de índices Multivariados de ENSO. Imagem adaptada a partir de imagem do site: <http://www.cdc.noaa.gov/enso/enso.current.html#indices>. Em destaque episódios de El Niño (vermelho) e La Niña (azul) em que se tem dados sobre a abundância das espécies alvo no ELP: **1)** Montú, 1980. **2)** Rudorff, 2004 e **3)** Presente trabalho.

A influência de fenômenos climáticos sobre a comunidade zooplancônica tem sido verificada em diferentes localidades. No oceano Atlântico Tropical foi observado que maiores média de diversidade correspondem a altos valores de ENSO (Piontkovski & Landry, 2003), enquanto no sudeste do Alaska foi observada menor abundância de copépodes durante anos com ocorrência de El Niño, além de verificado que copépodes grandes e com longo tempo de vida são mais sensíveis a variações climáticas (Park *et al.*, 2004).

Na costa do Oregon, a ocorrência do episódio El Niño de 98 influenciou na estruturação da comunidade zooplânctônica, diminuindo barreiras de distribuição entre espécies onshore – offshore durante o verão (Keister & Peterson, 2003). Na Baía da Califórnia também foi sentida a influência do El Niño 97-98, com incremento na abundância de espécies equatoriais, tropicais e subtropicais e diminuição de copépodes sub-árticos. Na fase La Niña 99 ocorreram condições inversas, com poucos copépodes com afinidades equatoriais, tropicais e subtropicais e incremento de espécies sub-árticas (Jiménez-Pérez & Lavaniegos, 2004).

Concluindo, podemos especular, que assim como em outras localidades, a ocorrência de fenômenos climáticos El Niño e La Niña parecem influenciar nos padrões de distribuição e abundância das principais espécies de copépodes do ELP. El Niño aparentemente favorece *N. incompositus* e *P. richardi*, espécies de origem límnic, e prejudica *A. tonsa*, de origem marinha. La Niña, ao contrário, parece favorecer *A. tonsa* e prejudicar *N. incompositus* e *P. richardi*. O mesmo padrão de distribuição e abundância de *A. tonsa* e *N. incompositus* foi observado no ELP em três ocasiões de ocorrências de El Niño, o que foi observado avaliando informações sobre a abundância destas espécies nos estudos de Montú (1980), Rudorff (2002), e no presente trabalho, sugerindo que estas espécies possam ser utilizadas no futuro como indicadoras da influência desse fenômeno climático no ELP.

CAPÍTULO III

Efeitos da salinidade e dieta alimentar sobre os copépodes *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus* em estudos de laboratório.

Kaminski, S. M.; Bersano, J. G. F. & Amaral, W. J. A. 2009. *Brazilian Journal Aquatic Science and Tecnology*, 13 (1) 25:36.

1. INTRODUÇÃO

Diferenças geográficas na distribuição e composição de organismos zooplancctônicos podem estar associadas com a tolerância das espécies às variações de salinidade e com a preferência por determinados intervalos halinos (Uye *et al.*, 2000; Coyle & Pinckuk, 2003). Variações nos gradientes de salinidade e de temperatura podem definir a composição e a estrutura de assembléias zooplancctônicas (Hoffmeyer, 2004), bem como a abundância e a biomassa (Coyle & Pinckuk, 2003).

O Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) – Rio Grande – RS (32°00'S, 51°59'W) é caracterizado por grandes variações de salinidade, as quais são determinadas principalmente pelo regime de ventos e taxas de precipitação (Garcia, 1998). Durante descargas de água doce e fortes ventos de nordeste o sistema se torna límnico, enquanto que durante períodos dominados por ventos de sudeste e baixa precipitação ocorre salinização no ambiente (Niencheski & Baumgarten, 1998).

No ELP, a diversidade e a distribuição de espécies do zooplâncton estão intimamente ligadas às variações de salinidade (Montú, 1980; Duarte *et al.*, 1991). Assim como observado para outras áreas costeiras, o zooplâncton do ELP é freqüentemente dominado pelos copépodes (Montú, 1980). Estes crustáceos representam um importante elo entre o fitoplâncton e níveis tróficos superiores de muitos ecossistemas aquáticos (Hopcroft & Roff, 1998), além de serem atualmente visados para uso em atividades de aqüicultura, como alimento na fase larval de peixes e camarões (Schipp *et al.*, 1999; Payne *et al.*, 2001; McKinnon *et al.*, 2003; Aman & Altaff, 2004).

Os copépodes *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus*, ocorrem freqüentemente em áreas do ELP (Montú & Gloeden, 1986; Cardozo *et al.*, 2007), sendo segundo Montú (1980), espécies eurihalinas e euritéricas. Estas espécies estão entre as mais freqüentes no ELP e juntamente com *Acartia tonsa*, estão também entre as mais abundantes neste estuário (capítulo I). Quanto à reprodução, ambas as espécies pertencem ao grupo de copépodes que carregam sacos ovíferos, ao contrário de *Acartia tonsa* que é desovante livre.

Estudos realizados em outros estuários do Brasil têm mostrado que a salinidade é um fator importante na regulação da composição, densidade e distribuição de espécies. No estuário do Rio Caeté (Região Amazônica, Norte do Brasil) *P. richardi* ocorre nas estações seca e chuvosa e apresenta correlação negativa entre salinidade e densidade, indicando que a espécie prefere águas pouco salinas (Magalhães *et al.*, 2006). Gradientes longitudinais deste parâmetro também podem ser parcialmente responsáveis pela segregação espacial de

certas espécies, assim como verificado por Lopes (1994) para *P. richardi* no estuário do Rio Guaraú (São Paulo – Brasil).

No ELP, a espécie *Acartia tonsa* é predominante em períodos mais salinos, enquanto *N. incompositus* apresenta suas maiores densidades em salinidades mais baixas (Montú, 1980; Rudorff, 2002), especialmente em situações onde esta condição se mantém por períodos prolongados (ver capítulo II). Na área norte do Estuário, predominantemente límnic, *Notodiaptomus incompositus* é o copépode dominante (Duarte *et al.*, 1991). Já *P. richardi* pode dominar várias áreas do estuário em condições mixohalinas (capítulo II).

A salinidade pode influenciar diretamente no tempo de desenvolvimento larval dos copépodes (Payne & Rippingale, 2001; Devreker *et al.*, 2007) e também afetar a fecundidade e a produção de ovos de algumas espécies de *Acartia* (Castro-Longoria, 2003; Cardozo, 2004; Milione & Zeng, 2008).

Além dos fatores abióticos, um fator bastante importante a ser considerado quando se estuda a produção de ovos de copépodes é o tipo de dieta alimentar, que pode exercer influência direta sobre a taxa de reprodução de copépodes (Kleppel, 1992; Irigoien *et al.*, 2000).

Ao testar diferentes dietas para se determinar a produção máxima de ovos do Calanoida estuarino *Gladioferens imparipes*, Payne & Rippingale (2000) encontraram bons resultados com as microalgas *Isochrysis galbana* e *Chaetoceros muelleri*, em vários critérios observados. Estas microalgas, juntamente com *Thalassiosira weissflogii*, vêm sendo bastante utilizadas em estudos de laboratório.

Informações acerca do tempo de desenvolvimento e medidas de crescimento são essenciais para se avaliar a dinâmica de populações e as taxas de produção dos copépodes (Uye, 1991). Estas informações podem ser obtidas principalmente através de bioensaios laboratoriais, que permitem uma maior compreensão sobre fatores bióticos e abióticos que afetam a distribuição de espécies de copépodes em diferentes ambientes.

O presente estudo teve por objetivos: **1.)** avaliar em laboratório a influência de diferentes salinidades sobre o número de ovos produzidos por postura dos copépodes *Pseudodiaptomus richardi* e *Notodiaptomus incompositus* e também, sobre as taxas de crescimento de *P. richardi*; **2.)** determinar o efeito de diferentes dietas algais sobre o número de ovos produzidos por postura para as duas espécies em questão, a fim de verificar o potencial reprodutivo das mesmas sob condições de laboratório.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Obtenção dos estoques de fitoplâncton e zooplâncton

Neste estudo foram utilizadas as microalgas *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira weissflogii* e *Chaetoceros muelleri*, cujos inóculos foram fornecidos pelo Laboratório de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos da Universidade Federal de Rio Grande (FURG). As três microalgas foram cultivadas no Laboratório de Zooplâncton da FURG segundo o método “Batch” de cultivo. Este método consiste em diluições sucessivas durante a fase exponencial de crescimento para a

obtenção de grande volume de cultivo em alta densidade celular. Para cada diluição as células foram contadas diariamente em câmara de Neubauer sob microscópio óptico, sendo os cultivos sempre mantidos em fase exponencial de crescimento.

Os copépodes utilizados neste estudo foram obtidos ao longo de várias coletas realizadas em diferentes áreas do Estuário da Lagoa dos Patos, com rede de zooplâncton de 1,5 m de comprimento, 0,3 m de diâmetro de boca e malha de 200 µm com copo cego, mediante arrastos horizontais superficiais de 3 a 5 min. Todos os indivíduos capturados foram levados para o Laboratório de Zooplâncton da FURG e mantidos em água do ambiente, com aeração suave, até o momento da triagem. Após cada coleta, centenas de indivíduos machos e fêmeas adultos de *Notodiaptomus incompositus* e *Pseudodiaptomus richardi* foram separados individualmente com pipeta de Pasteur sob microscópio estereoscópico, a fim de se iniciar os estoques de copépodes para os experimentos. A espécie *N. incompositus* foi coletada principalmente em áreas com salinidade próxima a 0 e 5, enquanto *P. richardi* foi coletada em salinidades que variaram entre 0 e 30, especialmente entre 10 e 20.

Os organismos separados foram estocados inicialmente em frascos de 2 L, com água do mar filtrada em 3 µm e/ou diluída até a salinidade do ambiente de coleta com água mineral (Pedras do Sul – Pedras Altas, RS), e mantidos em uma sala de cultivo com temperatura de 20°C, cada frasco recebendo suave aeração e alimento em excesso, composto por mistura das microalgas cultivadas. A salinidade (S) foi aumentada ou diminuída gradativamente para S 15 e S 30 nos cultivos de *P. richardi* e para S 5 nos cultivos de *N. incompositus*, sendo estas as

salinidades mantidas nos cultivos estoques. À medida que começaram a se reproduzir, os copépodes foram sendo transferidos para baldes (20 L inicialmente e após para 80 L). Periodicamente, outras coletas no ambiente foram realizadas para a captura de novos organismos, sendo esses também isolados e adicionados aos cultivos para manutenção da diversidade genética.

2.2- Experimentos

2.2.1- Crescimento do copépode *Pseudodiaptomus richardi*

O experimento de crescimento foi realizado nas salinidades 30 (S 30), 15 (S 15) e 5 (S 5). Foram utilizadas unidades experimentais (UE) constituídas de recipientes cilíndricos de vidro, com capacidade de 2,5 L. Estas foram mantidas dentro de uma sala de cultivo com temperatura e fotoperíodo controlados, 20°C e 12:12 L/E (luz /escuro), respectivamente. As UE receberam aeração individual e a salinidade foi controlada de acordo com o tratamento testado, sendo três repetições para cada tratamento (9 UE). A partir dos resultados deste teste foi definida a melhor salinidade para a espécie a ser utilizada nos testes de alimentação. Os organismos foram alimentados com *I. galbana* ($16 \cdot 10^4$ cel mL⁻¹), e a partir do 5º dia de cultivo foi adicionada também *T. weissflogii* ($2 \cdot 10^4$ cel mL⁻¹) até o último dia de cultivo. As concentrações foram definidas a fim de fornecer no mínimo 1 mg C L⁻¹, concentração considerada suficiente para garantir uma boa nutrição dos copépodes (Kjørboe *et al.*, 1985). As microalgas foram escolhidas em função da adequabilidade de tamanho durante diferentes fases de desenvolvimento dos copépodes (Berggreen *et al.*, 1988), bem como tendo em

vista sucesso no cultivo de outras espécies com a utilização das mesmas (Cardozo, 2004; Kaminski, 2004).

Os cultivos experimentais foram iniciados a partir de náuplios obtidos dos estoques monoespecíficos mantidos anteriormente. Copépodes adultos foram separados do cultivo massivo com auxílio de peneira com malha de 300 μm , e colocados em baldes de 20 L contendo água na salinidade a ser testada e alimento em excesso. Após 24 horas foram coletados os náuplios eclodidos durante esse período, sendo separados dos adultos com tela de 150 μm , e após concentrados com tela de 45 μm para separação sob microscópio estereoscópico, sendo separados 500 náuplios para cada UE contendo 2 L de água, obtendo-se uma densidade inicial de estocagem de 250 náuplios L^{-1} .

Para acompanhar o desenvolvimento dos organismos da fase naupliar até a adulta, diariamente foram retiradas alíquotas das UE com amostrador tipo colher sueca. Do primeiro ao 12º dia de cultivo foram retiradas alíquotas de 60 mL, e do 13º dia até o final as alíquotas foram aumentadas para 160 mL (3% e 8% do volume da UE, respectivamente), para obtenção de um número de indivíduos suficiente para a estimativa de densidade e medidas de comprimento e largura. O tempo médio de desenvolvimento (TMD) foi estimado quando 50% dos organismos passaram para a fase adulta (Leandro *et al.*, 2006).

Diariamente uma pequena amostra da água das UE era retirada para contagem de residual de algas e cálculo da quantidade a ser adicionada para manter a concentração desejada. A renovação de água foi feita diariamente, em torno de 30% do volume total, sendo sifonada água do fundo das UE utilizando-se

um cano com malha de 100 μm na parte inferior, evitando assim a passagem dos náuplios. Em seguida água nova era adicionada, na salinidade de cada tratamento, contendo microalgas na concentração desejada, para manter o volume e a concentração algal nas UE.

Organismos das alíquotas foram fixados em formalina a 4%, contados e guardados para posteriores medições. O experimento teve duração de 17 dias, sendo ao final todo conteúdo fixado em solução de formalina a 4%, para cálculo de sobrevivência e da proporção de fêmeas e machos. Para cálculo da sobrevivência final foram considerados os organismos retirados nas alíquotas durante o experimento, sendo o valor de organismos retirados de cada UE somado ao número de organismos obtidos ao final do experimento.

As medições e contagem dos organismos foram realizadas sob microscópio estereoscópico provido de ocular micrométrica. Foram tomadas as medidas de comprimento total para os náuplios e do prossoma (cefalotórax) para copepoditos e adultos. Foram medidos de 10 a 90 organismos para cada dia de cultivo em cada tratamento, de acordo com sua abundância nas alíquotas.

Neste experimento foi observado o crescimento, a sobrevivência, a proporção de fêmeas e machos e o percentual de fêmeas ovígeras ao final do cultivo.

2.2.2- Experimentos para determinar o Número de Ovos Produzidos por Postura (NOP) e as taxas de Produção de Ovos (PO).

Para determinar o tempo médio de incubação dos ovos pelas fêmeas (TI), foram realizados testes preliminares com duração de 120 horas, nas salinidades 5, 15 e 30, sendo alimentados com 2.10^4 cel mL⁻¹ de *Thalassiosira weissflogii*, e posteriormente, na salinidade 15 variando a alimentação, conforme especificado mais adiante nos testes sob diferentes dietas. Foram utilizadas 10 repetições para cada tratamento. Fêmeas e machos adultos foram separados a partir dos cultivos estoques, sendo incubados um casal por UE de 200 mL, contendo água na salinidade, e um tubo de PVC com volume de 100 mL forrado com malha de 200 µm, permitindo a passagem dos náuplios mas não dos adultos, a fim de facilitar a observação. Foi observada a presença ou não de sacos ovígeros e de náuplios a cada 24 horas, quando observados náuplios e fêmeas ovadas no mesmo dia, considerou-se que ocorreu uma desova e uma nova postura nesse intervalo de 24 horas. A alimentação e a troca de água foram feitas diariamente no momento da observação.

O valor da taxa de Produção de Ovos (PO) foi obtido a partir do método de proporção de ovos, utilizando fórmula sugerida por Harris *et al.*(2000):

$$PO = NOP/NF.TI$$

Onde a PO é igual ao quociente do número de ovos por postura (NOP) pelo produto do número de fêmeas (NF) e o tempo médio de incubação (TI).

Para o copépode *P. richardi*, a PO das fêmeas cultivadas desde ovos até adultas nas salinidades testadas, foi determinada a partir da contagem dos ovos

dos sacos ovígeros das fêmeas ao final do experimento de crescimento. Neste experimento a alimentação consistiu de 16.10^4 cel mL⁻¹ de *I. galbana* mais 2.10^4 cel mL⁻¹ de *T. weissflogii*, a qual estava sendo fornecida para os organismos ao final do experimento de crescimento, descrito anteriormente.

O NOP das fêmeas que passaram por aclimação (na salinidade ou alimentação) foi determinado para as duas espécies. Para estes testes foram utilizados UE consistindo de frascos de vidro contendo 1000 e 600 mL de água, para *P. richardi* e *N. incompositus*, respectivamente, com temperatura e fotoperíodo controlados, 20°C e 12:12 L/E, e recebendo suave aeração em cada UE. Foram estocados de 10 a 15 fêmeas adultas e de 5 a 10 machos em cada unidade experimental, respectivamente, sendo feitas 3 repetições para cada tratamento.

Nos testes de NOP em diferentes salinidades, a alimentação consistiu de *T. weissflogii* (2.10^4 cel mL⁻¹), foram testadas 3 salinidades para cada espécie (9 UE por experimento). Para *P. richardi* foram testadas as salinidades 30, 15 e 5 e para *N. incompositus*, devido a não sobrevivência da espécie nas salinidades 15 e 30, foram testadas as salinidades 1, 5 e 10.

Nos testes de NOP sob diferentes dietas, a salinidade para *P. richardi* foi S 15 e para *N. incompositus* foi S 1, tendo sido estas as melhores salinidades verificadas nos testes de salinidade para cada espécie. Foram testados quatro diferentes tratamentos (12 UE por experimento): dieta com *Isochrysis galbana* (16.10^4 cel mL⁻¹), dieta com *Thalassiosira weissflogii* (2.10^4 cel mL⁻¹); dieta com *Chaetoceros muelleri* (14.10^4 cel mL⁻¹) e dieta mista com as três espécies (5.10^4 cel mL⁻¹ + 7.10^3

cel mL⁻¹ + 5.10⁴ cel mL⁻¹, respectivamente). A concentração do alimento foi determinada de acordo com o biovolume das microalgas utilizadas e oferecida em volumes equivalentes (Hillebrand *et al.*, 1999), sendo estimada para fornecer no mínimo 1 mg C L⁻¹ (Kjørboe *et al.*, 1985).

Nos experimentos com *P. richardi*, fêmeas e machos adultos foram retiradas do cultivo estoque mantido a S 30, contendo organismos de idades variadas. Para a realização dos experimentos com *N. incompositus* foram utilizados organismos coletados no ambiente, visto que os organismos que estavam sendo mantidos no cultivo estoque com sucesso em S 5 (várias categorias populacionais) por 40 dias, morreram repentinamente devido a uma causa desconhecida.

As fêmeas das duas espécies foram aclimatadas nas diferentes salinidades ou dietas por um período de 72 horas (3 dias), tempo suficiente para completar o tempo de uma postura, conforme determinado nos testes preliminares. Após esse período, os organismos passaram por nova separação sob lupa, observando-se o estado dos organismos, e foram incubados novamente. Diariamente era contado o residual das algas e adicionado mais alimento para manutenção da concentração inicial.

Após 96 horas o material foi fixado em formalina a 4% para posterior contagem dos ovos nos sacos ovígeros produzidos sob as condições de cada tratamento, sendo determinado o NOP, como ovos.saco⁻¹ fêmea⁻¹, para as duas espécies; e a PO, como ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹, para *P. richardi*.

2.3- Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA, uma via), sendo comparadas as médias obtidas para o tempo de crescimento, sobrevivência, e para o número médio de ovos produzidos por postura das espécies nos diferentes tratamentos. Quando observadas diferenças significativas entre as médias foi aplicado o teste de Tukey com nível de significância de 95% (Centeno, 1999).

3. RESULTADOS

3.1- Experimento de crescimento de *Pseudodiaptomus richardi* em diferentes salinidades: S 5, S 15 e S 30

Em todas as salinidades atingiu-se sucesso de sobrevivência até a fase adulta, o tratamento com S 15 apresentou os melhores resultados de sobrevivência, sendo significativamente superior aos da S 5 ($p < 0,05$), mas não apresentando diferença estatística em relação a S 30 (Figura 01).

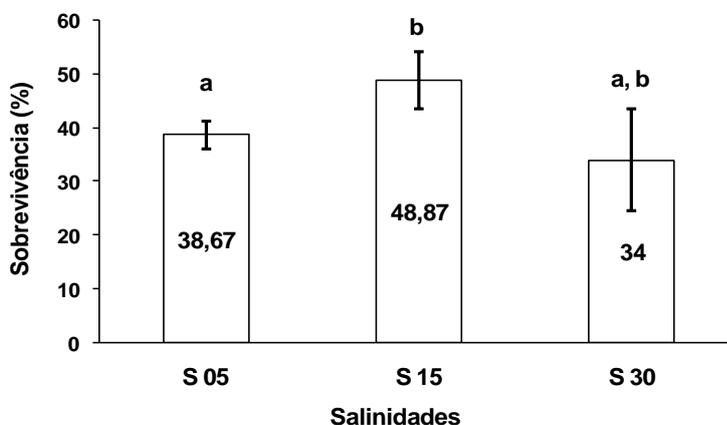


Figura 1. Sobrevivência de *Pseudodiaptomus richardi* após 17 dias de cultivo em três diferentes salinidades. Médias e desvio padrões. Letras minúsculas diferentes denotam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).

A variação na densidade dos organismos de acordo com a fase de desenvolvimento foi semelhante em todos os tratamentos (Figura 02- A, B e C).

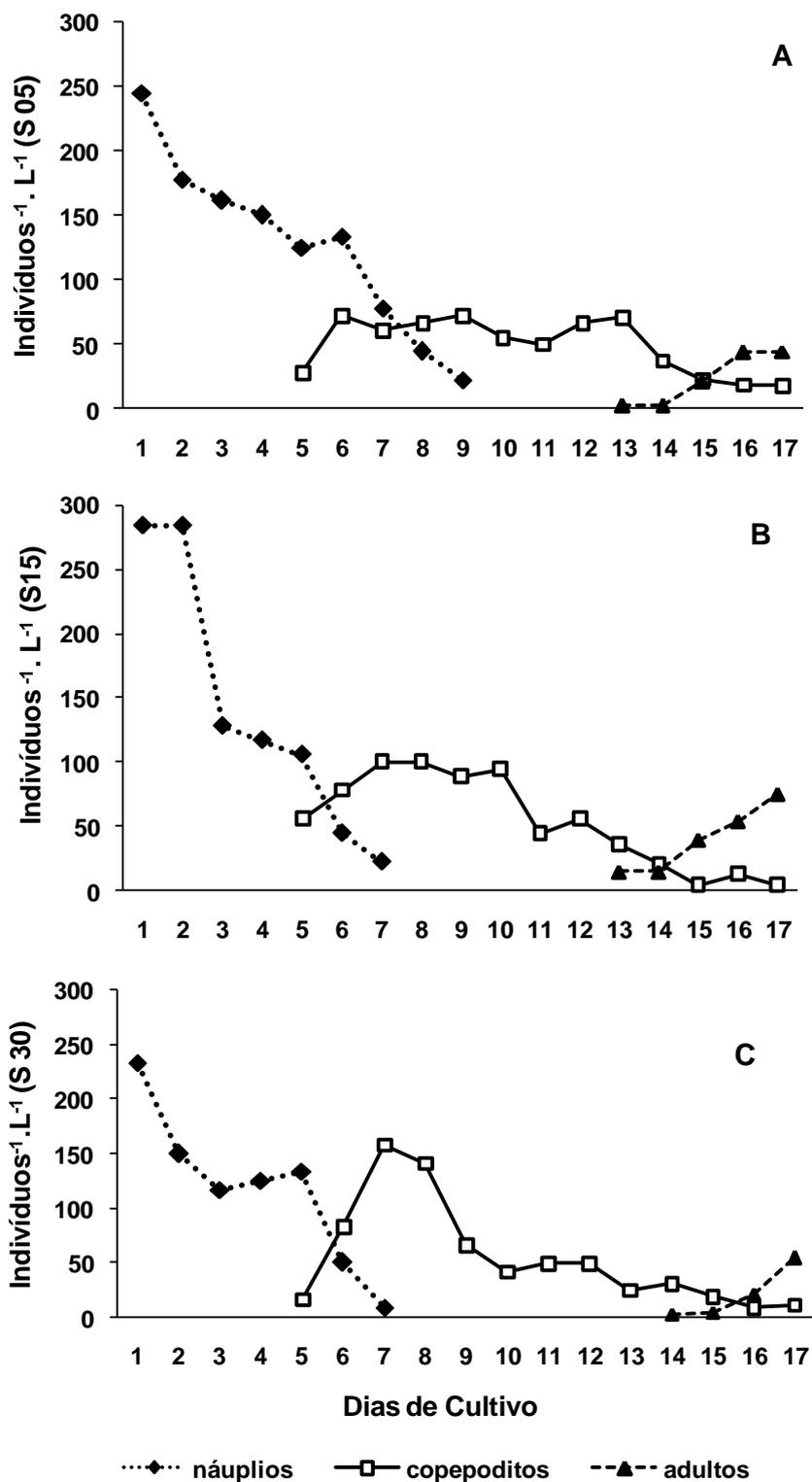


Figura 2. Variação da densidade média das fases de desenvolvimento de *Pseudodiaptomus richardi* cultivado em diferentes salinidades: **A-** S 05; **B-** S 15; **C-** S 30.

A densidade dos náuplios declinou mais abruptamente até o 3º dia de cultivo. No 5º dia começaram a ser observados os primeiros copepoditos, sendo detectada uma queda de aproximadamente 50% da densidade inicial nas UE (132 a 160 organismos L-1). Durante a fase de copepoditos o declínio na densidade foi menos acentuado, estes representaram a maioria da população do 8º ao 14º dia, nas três salinidades. Organismos na fase adulta foram observados a partir do 13º dia de cultivo e ao final do experimento representavam a maioria da população em todos os tratamentos.

Os copepoditos foram dominantes do 8º ao 14º dia (de 60 a 100%), e adultos foram encontrados a partir do 13º dia nas S 5 e S 15 e a partir do 14º dia na S 30. No tratamento de S 15, o tempo médio de desenvolvimento (TMD) de náuplio a adulto foi de 15 dias (Figura 03- B), quando mais de 50% dos organismos do cultivo atingiram a fase adulta. Nas salinidades 5 e 30 o TMD foi de 16 dias (Figura 03- A e C).

Os náuplios representaram 100% da população em todos os tratamentos até o 4º dia, predominando até o 7º dia na S 5 (55,8 %, Figura 03- A) e até o 5º dia nas salinidades 15 e 30 (65% e 88,7%, respectivamente, Figura 03- B e C).

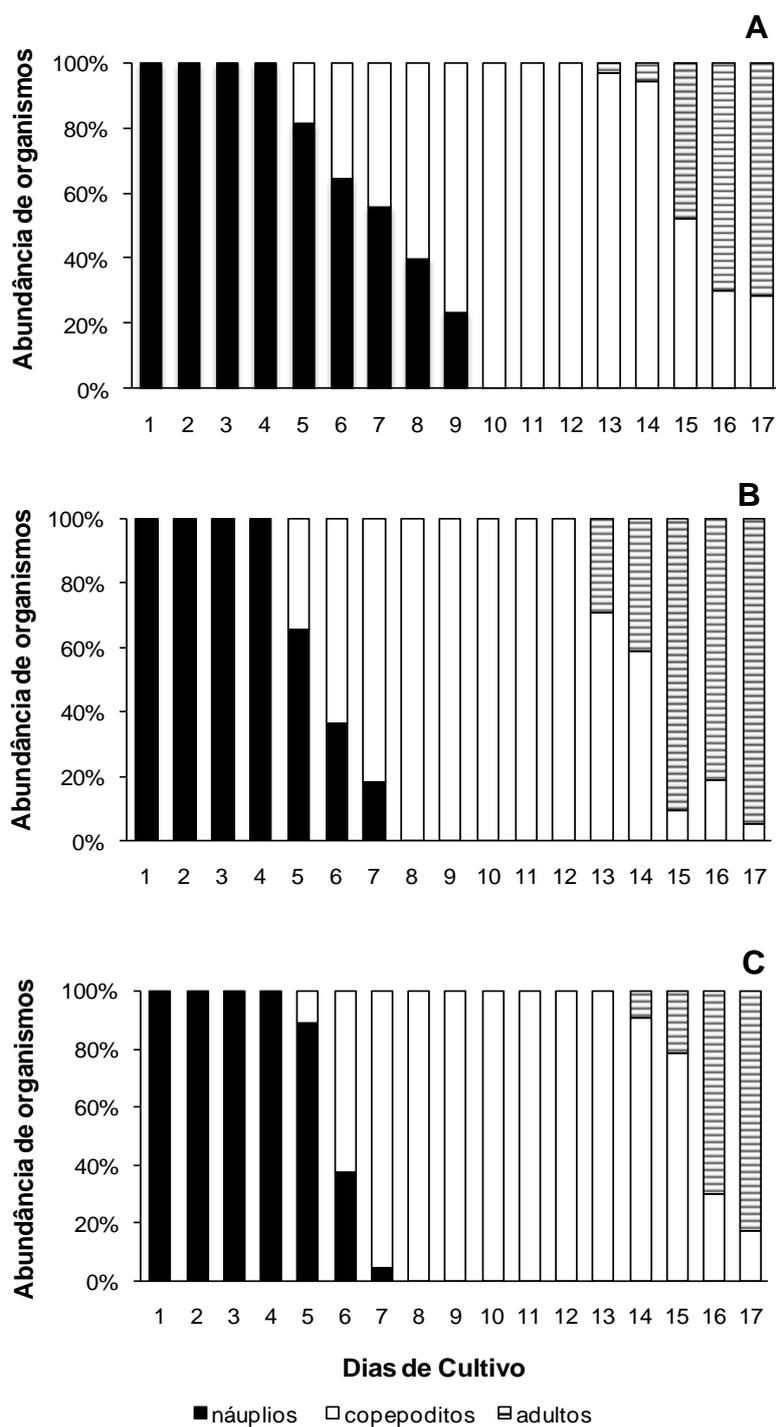


Figura 3. Percentual das diferentes fases de desenvolvimento durante o cultivo de *Pseudodiaptomus richardi*. **A-** S 5; **B-** S 15; **C-** S 30. T °C = 20 ° C.

Em relação as medidas de comprimento e largura, os valores de incremento diário durante o crescimento foram de 41,50 a 42,88 μm para o comprimento e de 13,02 a 14,34 μm para a largura, os valores de R^2 obtidos

através da curva de crescimento linear foram próximos para todos os tratamentos, oscilando entre 0,89 e 0,93 para o comprimento e entre 0,78 e 0,87 para a largura (Figura 04- A, B e C).

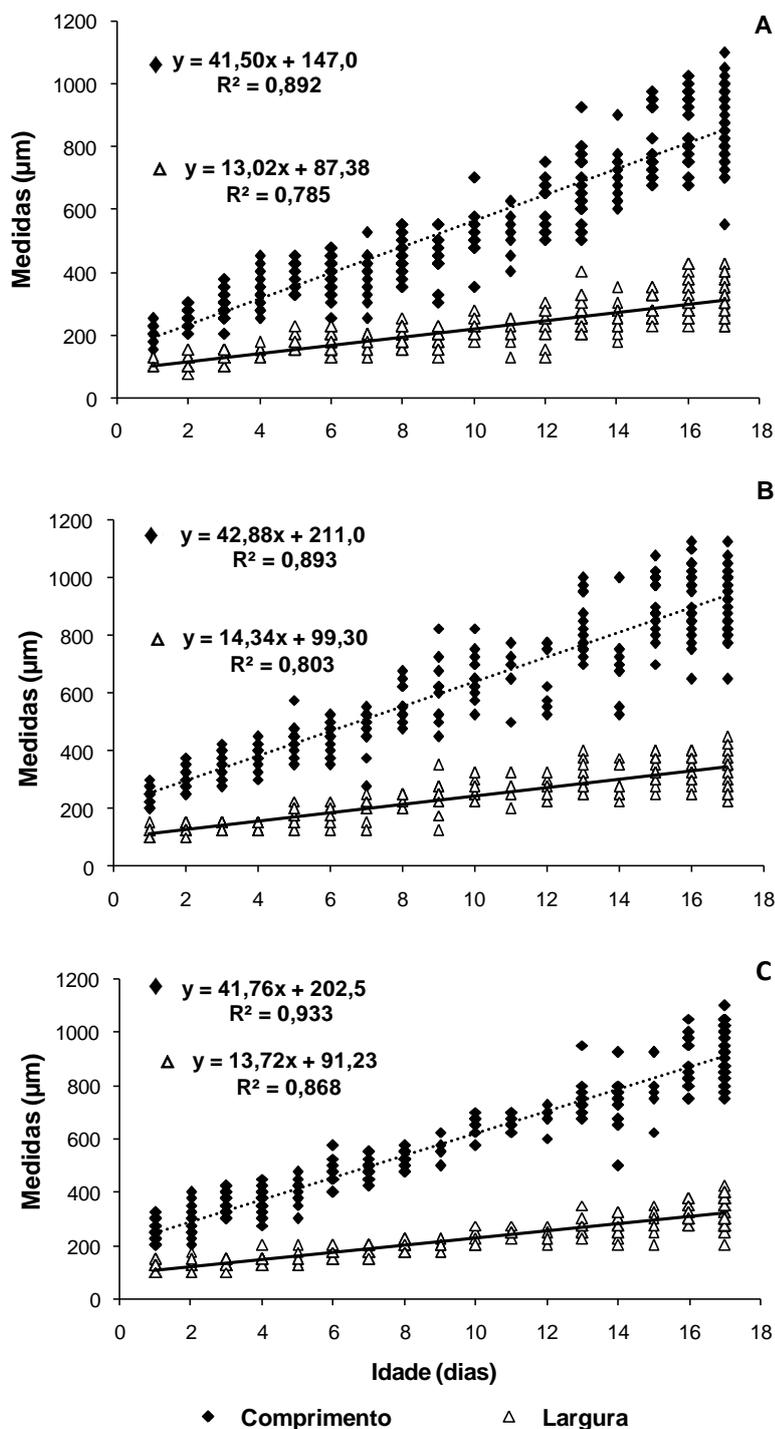


Figura 4. Regressão linear entre medidas de crescimento (comprimento e largura) e idade para o copépode *P. richardi* cultivado em diferentes salinidade **A-** S 5; **B-** S 15 e **C-** S 30.

As médias das medidas de largura e comprimento obtidas para cada fase de desenvolvimento estão descritas na tabela 1. Não houve diferença estatística entre indivíduos que cresceram nas diferentes salinidades ($p > 0,05$), mas as medidas das fêmeas são maiores que as dos machos.

Tabela 1. Valores máximo, mínimo e média (entre parênteses) das medidas para cada fase de *Pseudodiaptomus richardi*. Comprimento total para os náuplios e prossoma para copepoditos, machos e fêmeas. Valores médios entre todas as salinidades estudadas (S 5, S 15 e S 30).

	Comprimento (μm)	Largura (μm)
Náuplios	183 – 450 (318)	100 – 192 (132)
Copepoditos	350 – 950 (624)	133 – 350 (236)
Fêmeas	842 – 1108 (992)	317 – 433 (372)
Machos	709 – 908 (834)	242 – 325 (287)

Considerando-se a proporção de sexos dos adultos, não houve diferença estatística entre machos e fêmeas para os tratamentos ($p > 0,05$). O número de fêmeas e machos foi estatisticamente igual em cada tratamento e entre os tratamentos (Figura 05- A). Quantificando-se o número de fêmeas ovígeras ao final dos experimentos de crescimento, não tendo sido levados em conta os sacos ovígeros que se desprenderam das fêmeas, a média percentual não apresentou diferença significativa ($p = 0,126$), mas foi aparentemente maior na salinidade 15 (Figura 05- B).

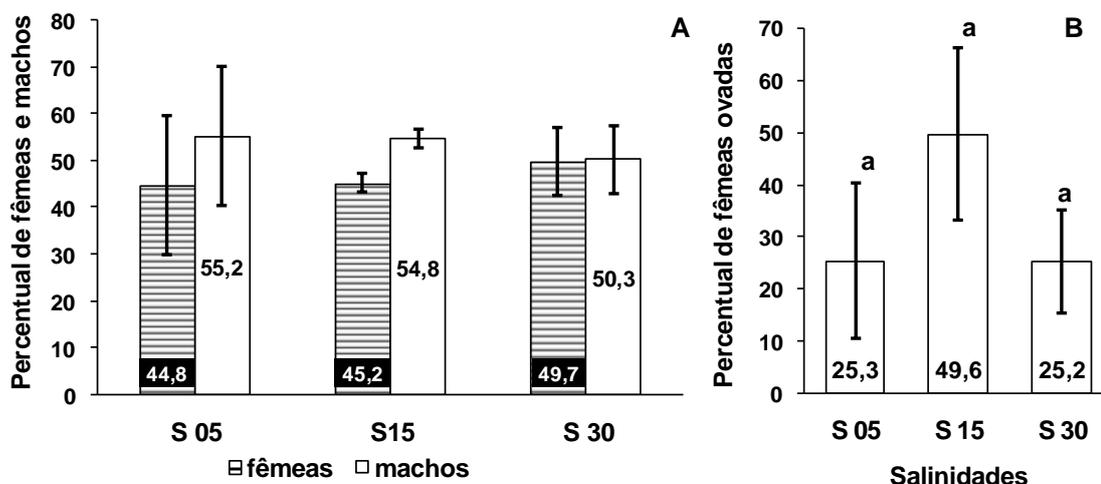


Figura 5. *Pseudodiaptomus richardi*. **A-** Percentuais de fêmeas e machos após 17 dias de cultivo. **B-** Percentual de fêmeas ovadas no 17º dia de cultivo. Salinidades 5, 15 e 30.

3.2- Experimentos para determinar o Número de Ovos Produzidos por Postura (NOP) e as taxas de Produção de Ovos (PO).

3.2.1 – Testes preliminares

O tempo de incubação dos ovos (TI) para *P. richardi*, determinado através de testes preliminares, foi em média 72 horas para todas as salinidades e dietas testadas. O número de incubações durante o experimento de 120 horas variou de acordo com o avanço da incubação inicial. Ao término do experimento algumas das fêmeas estavam no decorrer da segunda e outras no início da terceira incubação.

Para a espécie *N. incompositus* não foi possível obter resultados precisos sobre o tempo de incubação, pois as fêmeas liberavam o saco de ovos no momento em que se efetuava a observação individual diária, provavelmente devido a estresse.

Para essa espécie foram obtidos apenas valores de NOP. Além disso, ocorreu mortalidade total dos indivíduos desta espécie em S 15 e S 30.

3.2.2 – Testes de salinidades

Para fêmeas de *P. richardi* cultivadas, os valores de PO não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p > 0,05$), com médias entre 6,38 e 6,71 ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹ (Figura 06). Porém foram superiores ($p < 0,05$) aos valores encontrados para as PO das fêmeas aclimatadas, onde as médias obtidas foram de 2,51 a 4,83 ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹ (Figura 06).

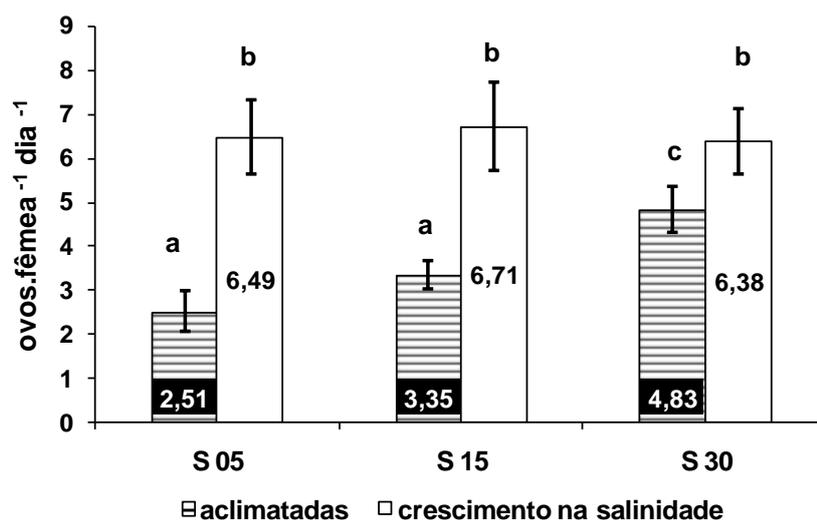


Figura 6. Produção de ovos (ovos. fêmea⁻¹ dia⁻¹) de *Pseudodiaptomus richardi* em diferentes salinidades. Média e desvio padrão. Letras minúsculas diferentes denotam diferenças significativas ($p < 0,05$). Fêmeas aclimatadas x fêmeas crescidas na salinidade.

Comparando os valores de PO das fêmeas aclimatadas, os valores encontrados na S 30 foram superiores ($p < 0,05$) aos das S 15 e S 5, que foram iguais entre si ($p > 0,05$).

Para *N. incompositus*, na S 10 não ocorreu formação de sacos ovígeros e houve pequena sobrevivência dos organismos adultos (entre 13 e 27%), significativamente inferior às salinidades 1 e 5, onde a sobrevivência observada foi

acima de 70% (Figura 7- A). Os valores de NOP obtidos na S 1 foram superiores ($p < 0,05$) aos encontrados na S 5 (Figura 7- B).

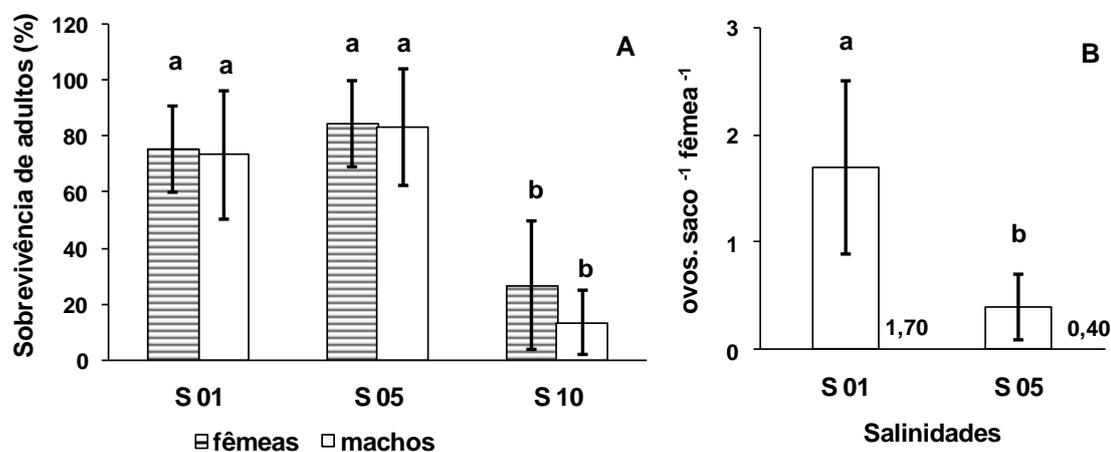


Figura 7. Experimentos de salinidade com *Notodiaptomus incompositus*. **A-** Percentual de sobrevivência de copépodos adultos (fêmeas de machos) após incubação de 72 horas. **B-** Produção de ovos.saco⁻¹ fêmea⁻¹. Média e desvio padrão. Letras minúsculas diferentes denotam diferenças significativas.

3.2.3 – Testes de alimentação

Não foram observadas diferenças estatísticas para a PO de *P. richardi* sob as diferentes dietas utilizadas (Figura 8- A) e para o NOP de *N. incompositus* ($p > 0,05$); porém, comparando os valores de NOP obtidos para as duas espécies, as médias encontradas para *P. richardi*, entre 10,04 e 13,92 ovos.saco⁻¹ fêmea⁻¹ foram maiores que as encontradas para *N. incompositus*, entre 0,76 e 1,16 ovos.saco⁻¹ fêmea⁻¹ (Figura 8- B).

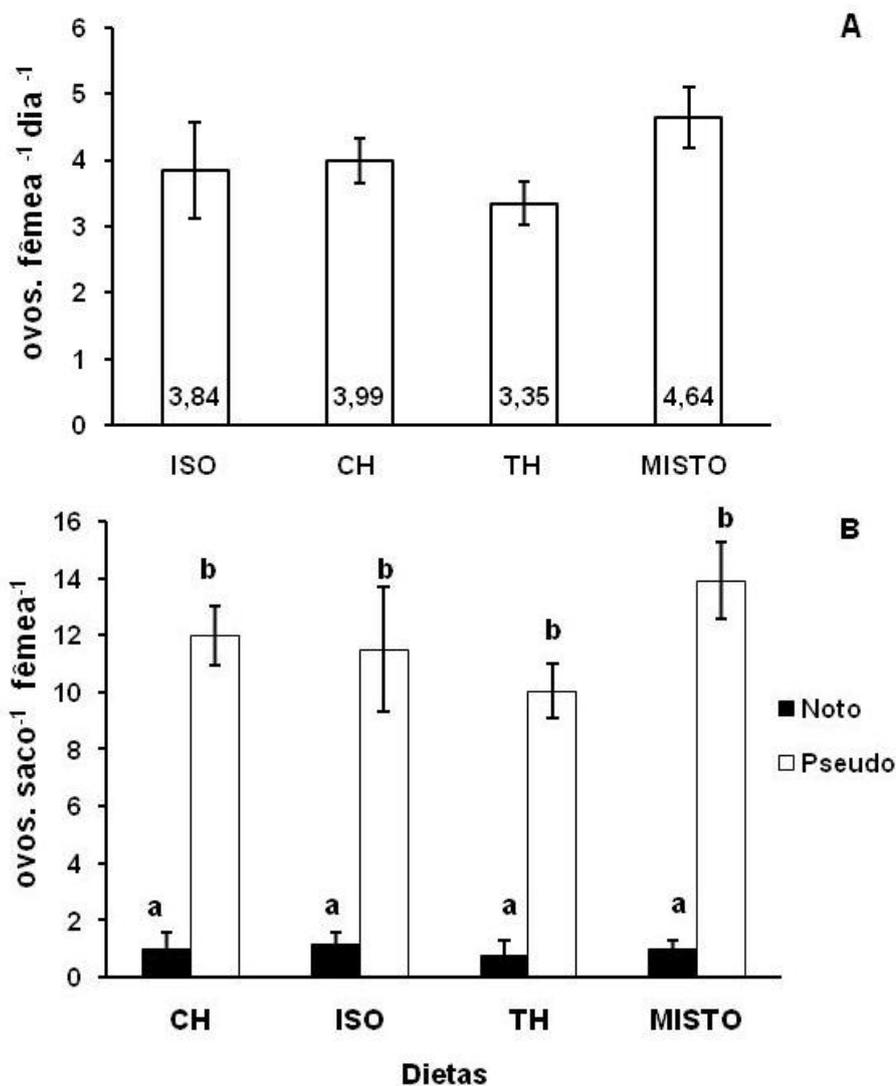


Figura 8. A- Produção de ovos (ovos. fêmea⁻¹ dia⁻¹) de *P. richardi* sob diferentes dietas algais. **B-** Valores de ovos.saco⁻¹ fêmea⁻¹ sob diferentes dietas algais para *P. richardi* (S 15) e *N. incompositus* (S 1). Média e desvio padrão. Letras minúsculas diferentes denotam diferenças significativas.

4. DISCUSSÃO

4.1- Crescimento de *Pseudodiaptomus richardi*

O sucesso no desenvolvimento do copépode *P. richardi* de náuplio até a fase adulta nas salinidades 5, 15 e 30, com tempo médio de desenvolvimento e valores de sobrevivência final semelhantes entre as três salinidades testadas, comprova

que esta é uma espécie verdadeiramente eurihalina, como sugerido por Montú (1980).

Outras espécies de copépodes consideradas eurihalinas, apresentam diferentes níveis de adaptação para variações de salinidade em estuários. *Eurytemora affinis* é bem adaptada para baixa salinidade, já em salinidade mais elevada apresenta maior tempo de desenvolvimento e mortalidade, indicando estresse sob essas condições (Devreker *et al.*, 2007). Náuplios de *Acartia californiensis* sofrem alta mortalidade quando incubados em baixa salinidades (Johnson, 1980). Indivíduos adultos do copépode *Eurytemora velox* podem sobreviver por longo tempo em água doce ou hypersalina, já os náuplios dessa espécie não conseguem completar seu desenvolvimento nessas condições (Nagajar, 1988).

Para *Eurytemora affinis* a sobrevivência alcançada no crescimento desde náuplio até adulto em salinidades entre 5 e 15 em temperatura 15°C foi entre 83 e 97,5% (Devreker *et al.*, 2007). Para *Acartia tonsa*, cultivada a S 30 e T°C 25, a sobrevivência foi entre 51 e 56% (Kaminski, 2004), valores mais próximos aos do presente estudo com *P. richardi* (40,51 ± 7,6%, alcançando 49% na S 15).

A mortalidade acentuada dos náuplios no início do crescimento, também se observa em outras espécies, indicando que durante o desenvolvimento larval os náuplios sofrem maior mortalidade do que os copepoditos (Kiørboe & Sabatini, 1995). No presente estudo, observou-se que ao final da fase de náuplios e início do surgimento dos primeiros copepoditos a sobrevivência observada foi entre 53 e 64%, no 5º dia. Para o copépode *Calanus helgolandicus* cultivado a 15°C e

alimentado com altas concentrações de *I. galbana*, a sobrevivência foi de 62,5% quando organismos atingiram o estágio de náuplio V (Cook *et al.*, 2007). Durante a fase de copepoditos também observou-se mortalidade de organismos. Devreker *et al.* (2007) verificaram que durante o desenvolvimento de *Eurytemora affinis*, as maiores taxas de mortalidade ocorreram entre o estágio de náuplio V a copepodito III.

Os maiores tamanhos do prossoma em organismos adultos ao final do experimento de crescimento encontrados para as fêmeas em relação aos machos, concordam com resultados encontrados para outras espécies de copépodes (Kaminski, 2004; Leandro *et al.*, 2006).

Os valores de R^2 obtidos nas curvas de regressão linear para as medidas de largura e comprimento durante o crescimento de *P. richardi* (0,81 e 0,9) são semelhantes aos encontrados por Kaminski (2004) para o copépode *A. tonsa* (0,83 e 0,86); indicando modelo de crescimento isocrônico para estas espécies (Mauchline, 1998). O TMD foi maior para *P. richardi* do que o encontrado para *A. tonsa* (16 dias para *P. richardi* e 7 dias para *A. tonsa*), e conseqüentemente, o valor de incremento diário de tamanho foi menor (14 e 42 μm para *P. richardi* e 23 e 84 μm para *A. tonsa*, largura e comprimento, respectivamente). Quando cultivada em T°C 20 o TMD de *A. tonsa* em salinidades 15 e 30 foi de 10 dias (Cardozo, 2004). Os resultados deste estudo corroboram a idéia de que o crescimento de copépodes é de 30 a 50% mais rápido nos desovantes livres do que nos que carregam ovos (Kjørboe & Sabatini, 1995).

O tempo de crescimento e a duração das fases de desenvolvimento podem também ser afetados pela variação da temperatura. Vários estudos observaram que o tempo de desenvolvimento de copépodes decresce com o aumento da temperatura de incubação (Leandro *et al.*, 2006; Devreker *et al.*, 2007). O copépode *Gladioferens imparipes*, espécie que carrega os ovos, leva em torno de 17 dias para se tornar maturo quando cultivado a 20°C (Payne & Rippingale, 2000), tempo semelhante ao encontrado para *P. richardi* no presente estudo. Para várias espécies do gênero *Pseudodiaptomus* o tempo de desenvolvimento pode variar entre 10 e 28 dias de acordo com a temperatura, sendo acelerado com o aumento da mesma, e em algumas espécies diferindo entre machos e fêmeas. Na temperatura de 20°C, foram observados tempos de desenvolvimento de 21 dias para *P. hessei*, 23 a 24 dias para *P. marinus* e 25 dias para *P. coronatus* (Mauchline, 1998 – Tabela 47). A espécie *P. hessei*, quando cultivada a 23°C leva 17-18 dias para completar seu desenvolvimento, mesmo tempo que *P. richardi* leva para se desenvolver quando cultivado a 20°C. Em vista destas informações, observamos que o tempo de desenvolvimento varia de acordo com a temperatura de forma única para cada espécie.

Apesar de o TMD até a fase adulta não ter apresentado diferença estatística entre as três salinidades, nossos resultados sugerem que na S 15 o crescimento é um pouco mais acelerado, pois o TMD foi de 15 dias na S 15 e de 16 dias nas S 5 e S 30. Além disso, ao final dos 17 dias de cultivo, foi observada maior média de fêmeas ovígeras na S 15. Mudanças de salinidade afetam significativamente o tempo de maturação de *Gladioferens imparipes*, este copépode atingiu 50% de

organismos maduros em 10,4 dias quando cultivado em S 27, e em 11,4 dias quando cultivado em S 9 (Payne & Rippingale, 2001).

A variação de salinidade não afetou a proporção de machos e fêmeas após 17 dias de cultivo, tendo sido observadas proporções semelhantes entre os sexos nas três salinidades testadas. A composição de adultos de *Pseudodiaptomus marinus*, em relação a proporções de machos e fêmeas, varia irregularmente de acordo com as estações do ano, e as fêmeas geralmente são mais numerosas que os machos, compreendendo 61,4% da média anual (Liang & Uye, 1997). No ambiente, a mortalidade das fêmeas ovígeras é devido a alta suscetibilidade destas aos predadores visuais, e para muitas espécies um maior número de fêmeas em relação a machos pode representar uma estratégia reprodutiva (Kiørboe & Sabatini, 1994).

4.2 Número de ovos produzidos pelas espécies (NOP e PO)

O tempo médio de desenvolvimento do ovo de *P. richardi* (três dias a 20°C) observado nesse estudo demonstra que a espécie apresenta uma taxa de fecundidade relativamente baixa, devido ao tempo de incubação relativamente longo, e o mesmo não parece ser afetado pela salinidade. Outra espécie do gênero, *P. marinus*, também apresenta tempo de incubação longo, variando de 1,2; 3,9 e até 10,9 dias em 28, 15 e 9°C, respectivamente (Liang & Uye, 1997). Uma explicação para esse fato pode ser a peculiaridade de que espécies do gênero *Pseudodiaptomus* desenvolvem seu estágio naupliar I dentro do ovo, já eclodindo como náuplios II (Mauchline, 1998).

Segundo Kiørboe & Sabatini (1994), copépodes que carregam ovos exibem baixa fecundidade e tempo de incubação longo quando comparados a espécies que desovam livremente, o que estaria relacionado a estratégias reprodutivas: Desovantes livres apresentam alta fecundidade para compensar a grande mortalidade dos ovos e os que carregam ovos apresentam baixa fecundidade para compensar a grande mortalidade das fêmeas. O tempo de incubação de ovos em fêmeas que desovam livremente é apenas um terço do tempo de incubação dos Cyclopoida que carregam ovos e os Calanoida que carregam ovos apresentam valores intermediários (Kiørboe e Sabatini, 1994). O intervalo entre uma desova e outra é maior nas espécies que carregam ovos, pois além de produzirem ovos maiores que as espécies que desovam livremente, uma segunda massa de ovos não pode ser formada até que os náuplios de uma incubação sejam liberados (Mauchline, 1998).

O valor médio de PO obtido para fêmeas *P. richardi* cultivadas nas salinidades testadas neste estudo (média de 6,5 ovos. fêmea⁻¹ dia⁻¹) foi intermediário aos encontrados por Liang e Uye (1997) para *P. marinus* (médias de 2,3 e 12,1 ovos.fêmea⁻¹ dia⁻¹, inverno e verão, respectivamente). Já para as fêmeas que passaram por aclimatação a média foi menor (3,6 ovos fêmea⁻¹ dia⁻¹), sugerindo que a espécie passa por estresse osmótico em períodos onde ocorrem mudanças na salinidade, possivelmente gastando mais energia em atividade de osmorregulação e diminuindo o gasto com a reprodução (PO). Este resultado concorda com as observações de outros estudos (Gaudy *et al.*, 2000; Kimmel & Bradley, 2001; Chinnery & Williams, 2004) que sugerem que certas espécies de copépodes ao serem expostos a variações de salinidade fora de sua faixa ótima

de tolerância, apresentam maior gasto energético devido a atividade de osmorregulação.

Para *Acartia tonsa*, Cardozo (2004) também encontrou valores menores de PO para fêmeas aclimatadas do que para fêmeas cultivadas em determinadas salinidades, concluindo que a reprodução desta espécie pode ser afetada por variações de salinidade dentro de um curto período de tempo. Por outro lado, as taxas de PO de *Acartia sinjiensis* parecem não ser afetadas por diferentes salinidades, embora este parâmetro possa exercer forte impacto negativo sobre o crescimento populacional da mesma (Milione & Zeng, 2008). Já para outras espécies do gênero *Acartia*, Castro-Longória (2003) verificou que mudanças na salinidade podem afetar a fecundidade, algumas espécies produziram menor número de ovos em menores salinidades, além de terem sido observadas diferenças no sucesso de eclosão sob variações deste parâmetro.

Para *P. richardi*, os menores valores de PO verificados para fêmeas aclimatadas, podem também estar relacionados com a idade das mesmas; sendo que as fêmeas cultivadas eram mais jovens e possuíam idades semelhantes, enquanto que as aclimatadas provinham do cultivo estoque que continha copépodes de idades variadas.

Os valores baixos de NOP encontrados para *Notodiaptomus incompositus* podem ter ocorrido devido ao fato de que os testes foram realizados com organismos coletados diretamente do ambiente. Apesar de passarem por período de adaptação e aclimatação gradativa para as outras salinidades, a NOP pode ter sido mínima devido a condições de estresse, sendo que no cultivo massivo

mantido anteriormente no laboratório por 40 dias, foi observada a presença de fêmeas com maior número de ovos incubados nas salinidades 0 e 5, tanto nas fêmeas coletadas do campo como na primeira geração cultivada (F1). Porém esses valores não foram quantificados e infelizmente o cultivo sofreu mortalidade repentina.

Por outro lado, deve-se também levar em consideração que os resultados podem simplesmente estar relacionados com uma possível baixa capacidade osmorregulatória desta espécie, sendo portanto mais característicos de água doce e não adaptados a ambientes com grande oscilação de salinidade. Os resultados deste estudo não concordam com a classificação inicial proposta por Montú (1980), que classificou *N. incompositus* como eurihalino, e sim, sugerem que a mesma seja oligohalina (intervalo halino de 0,5 a 5). Os valores de NOP aqui obtidos podem não ser representativos, uma vez que embora a espécie seja registrada no ELP com certa freqüência, tem sua distribuição fortemente limitada pela salinidade, conforme observado no capítulo II.

Ainda que a variação da alimentação não tenha exercido influência significativa na quantidade de ovos produzidos pelas duas espécies, indicando que todas as microalgas testadas tiveram a mesma eficiência nas concentrações testadas; comparando-se o NOP das duas espécies, os maiores valores foram obtidos para *P. richardi*, indicando que as microalgas utilizadas foram mais adequadas para esta espécie.

A espécie *P. richardi* demonstra bom potencial reprodutivo sob condições de laboratório. Além de ser bem adaptada as oscilações de salinidade, é também

extremamente flexível em termos de alimentação, sobretudo mostrando grande eficiência em se alimentar de partículas de diferentes tamanhos (5 a 12 μm), ao contrário de *Acartia tonsa*, que é ineficiente na captura de partículas menores que 10 μm (Berggreen *et al.*, 1988) e tem sua PO diminuída quando alimentada com microalgas relativamente pequenas como *Isocrysis* sp. (Kaminski, 2004). Para a espécie *N. incompositus*, novos estudos são necessários para avaliar com maior precisão o potencial de cultivo e reprodutivo desta espécie sob condições de laboratório.

LITERATURA CITADA

- Abreu, P. C.; Odebrecht, C. & González, A. 1994. Particulate and dissolved phytoplankton production of the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: comparison of methods and influencing factors. *J. Plankton Res.*, 16: 737-753.
- Aman, S. & Altaff, K. 2004. Biochemical Profile of *Heliodiaptomus viduus*, *Sinodiaptomus (Rhinediaptomus) indicus*, and *Mesocyclops aspericornis* and their Dietary Evaluation for Postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii*. *Zool. Stud.* 43(2):267-275.
- Araújo, H. & Montú, M. 1993. Novo registro de *Temora turbinata* (Dana, 1949) (Copepoda, Crustacea) para águas atlânticas. *Nauplius*, 1, 89-90.
- Banse, K., 1995. Zooplankton: Pivotal role in the control of ocean production. *ICES. J. Mar. Sci.*, 52: 265-277.
- Berggreen, U.; Hansen, B. & Kiørboe, T. 1988. Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: implications for determination of copepod production. *Mar. Biol.*, 99: 341-352.
- Bersano Filho, J. G. 1994. Zooplâncton da zona de arrebetação de praias arenosas, situadas ao sul de Rio Grande, RS. Primavera de 1990 verão de 1991. Tese de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 163p.
- Bohrer, M. B. C., Rocha, M. M., & Godolphin, B. F. 1988. Variações espaço-temporais das populações de Cladocera (Crustacea Branchiopoda) no Saco de Tapes, Laguna dos Patos, RS. *Acta Limnologica Brasiliensia*. II, 549-570.
- Björnberg, T. K. S. 1981. Copepoda in: Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino, editado por Boltovskoy, D. Pub. Esp. INIDEP, Mar del Plata, Argentina: 587-679.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del Atlántico Sudoccidental" métodos de trabajo com el zooplancton marino, editado por Boltovskoy, D. Pub. Esp. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 936 p.
- Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton, edited by Boltovskoy, D. Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands, 1.705 p.
- Bradford-Grieve, J. M., E. L. Markhasena, C. E. F. Rocha & B. Abiahy. 1999. Copepoda in: South Atlantic Zooplankton, edited by Boltovskoy, D. Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands, 2: 869-1098.
- Brown, A. C., Mclachlan, A. 1990. Ecology of Sandy Shores, Elsevier, 328 p.
- Busoli, R. O. & Muelbert, J. H. 1999. Composição Taxonômica e Distribuição do Ictioplâncton na Zona de Arrebetação da Praia do Cassino (32°10'S, 52°20'W). *Atlântica*. 21: 19-35.
- Calliari, L. J., Klein, A. H. F., 1993, Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí-RS, *Pesquisas, Porto Alegre*, 20(1): 48-56.

- Calliari, D.; Andersen, C. M.; Thor, P.; Gorokhova, E. & Tiselius, P. 2006. Salinity modulates the energy balance and reproductive success of co-occurring copepods *Acartia tonsa* and *A. clausi* in different ways. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 312: 177-188.
- Calliari, D.; Borg, M. C. A.; Thor, P.; Gorokhova, E. & Tiselius, P. 2008. Instantaneous salinity reductions affect the survival and feeding rates of the co-occurring copepods *Acartia tonsa* Dana and *A. clausi* Giesbrecht differently. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 362(1): 18-25.
- Cardozo, A. P. 2004. Influência de diferentes salinidades na reprodução e crescimento de *Acartia tonsa* (Copepoda Calanoida). Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, RS, Brasil. 23p.
- Cardozo, A. P.; Bersano, J. G. F. & Amaral, W. J. A. 2007. Composition, Density and Biomass of Zooplankton in Culture Ponds of *Litopenaeus vannamei* (DECAPODA: PENAEIDAE) in Southern Brazil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 2007, 11(1):13-20.
- Castello, J. P. & Möler Jr. O. 1977. Sobre as condições oceanográficas no Rio Grande do Sul. *Atlântica*, 2(2): 25-110.
- Castro-Longoria, E. 2003. Egg Production and hatching success of four *Acartia* species under different temperature and salinity regimes. *J. Crust. Biol.* 23(2):289-299.
- Centeno, A. J. 1999. Curso de estatística aplicada à biologia. 2. Ed. Goiânia, Ed. da UFG. 234 p.
- Cervetto, G.; Gaudy, R. & Pagano, M. 1999. Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 239: 33-45.
- Chen, Q.; Sheng, J.; Lin, Q. & Gao, Y. Lv. J. 2006. Effect of salinity on reproduction and survival of the copepod *Pseudodiaptomus annandalei* Swell, 1919. *Aquaculture*. 258: 575-582.
- Chinnery, F. E. & Williams, J. A. 2004. The influence of temperature and salinity on *Acartia* (Copepoda: Calanoida) nauplii survival. *Mar. Biol.* 145:733-738.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N., 2005. PRIMER: Getting started with v6. Published by PRIMER-E Ltd. 12p.
- Cook, K.B.; Bunker, A.; Hay, S.; Hirst, A.G. & Speirs, D.C. 2007. Naupliar development times and survival of the copepods *Calanus helgolandicus* and *Calanus finmarchicus* in relation to food and temperature. *J. Plankton Res.* 29 (9):757-767.
- Coyle, K. O. & Pinchuk, A. I., 2003. Annual cycle of zooplankton abundance, biomass and production on the northern Gulf of Alaska shelf, October 1997 through October 2000. *Fish. Oceanogr.* 12(4/5), 327-338.
- Costa, C. S. B., Seeliger, U. e Kinas, P. G. (1988) The effect of wind velocity and direction on the salinity regime in the Lower Patos Lagoon Estuary. *Ciência e Cultura*, 40(9), 909-912.
- David, V.; Sautour, B. & Chardy, P. 2007. Successful colonization of the calanoid copepod *Acartia tonsa* in the oligo-mesohaline area of the

- Gironde estuary (SW France) – Natural or anthropogenic forcing? *Est. Coast. Shelf Sci.*, 71: 429-442.
- Devreker, D.; Souissi, S.; Forget-Leray, J. & Leboulenger, F. 2007. Effects of salinity and temperature on the post-embryonic development of *Eurytemora affinis* (Copepoda; Calanoida) from the Seine estuary: a laboratory study. *J. Plankton Res.* 29 (supplement 1): i117-i113.
- Dias, C. O. & Bonecker, S. L. C. 2008. Inter-annual Variability of Planktonic Copepods in a Tropical Bay in Southeastern Brazil. *Brazil. Arch. Biol. Technol.*, 51(4): 731-742.
- D'Incao, F. 1991. Pesca e biologia de *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. *Atlântica*, 13:159-169.
- Duarte, A. K. 1986. Distribuição, abundância e flutuações sazonais do copépodo calanoide *Acartia tonsa* na enseada estuarina saco do Justino e canal do estuário da Lagoa dos Patos (RS – Brasil). Tese de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 102p.
- Duarte, A. K.; Gloeden, I. & Resgalla, C.Jr. 1991. Flutuações Espaciais e Temporais da Comunidade Zooplanctônica da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). *Biol. Acuática*. 15:126-127.
- Ferrari, F. D. & Hayek, L. A. C. 1990. Monthly differences in distribution of sex and asymmetry in a looking-glass copepod, *Pleuromamma xiphias*, off Hawaii. *J. Crust. Biol.* 10: 114-127.
- Frontier, S. 1981. Cálculo del error em el recuento de organismos zooplanctónicos. In- Atlas Del Zooplancton Del Atlântico Sudoccidental y métodos de trabajo com El zooplancton marino, Ed. D. Boltovskoy. INIDEP, Mar Del Plata, Argentina, PP.163-167.
- Fulton III, R. S. 1984. Predation, production and the organization of an estuarine copepod community. *J. Plankton Res.*, 6: 399-415.
- Garcia, C. A. E. 1998. Características Hidrográficas. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (eds.). Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. *Ecocientia*, Rio Grande-RS, 18-21pp.
- Garcia, A. M.; Vieira, J. P.; Winemiller, K. O. 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *J. Fish Biol.*, 59: 1218- 1238.
- Gaudy, R.; Cervetto, G.; & Pagano, M. 2000. Comparison of the metabolism of *Acartia clausi* and *A. tonsa*: influence of temperature and salinity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 247: 51-65.
- Gorri, C. 2006. Composição, Abundância e Variação Sazonal de Copépodes Capturados na Zona de Arrebentação da Praia do Cassino-Rs, Brasil (32°11's, 52°05'w), com Ênfase no Aspecto Reprodutivo e Alimentar do Calanoida *Parvocalanus crassirostris* (Dahl, 1894). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande - RS Brasil. 122p.
- Harris, R. P.; Wiebe, P. H.; Lenz, J.; Skjoldal, H. R. & Huntley, M. 2000. *Zooplankton Methodology Manual*. ICES Academic Press. London. 684p.
- Heinle, D. R. 1969. Temperature and zooplankton. *Chesapeake Science*. 10: 186-209.
- Heinle, D. R. 1970. Population dynamics of exploited cultures of calanoid copepods. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*. 20: 360-372.

- Herz, R. 1977. Circulação das águas de superfície da lagoa dos Patos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo-SP. 317p.
- Hillebrand, H.; Dürselen, C. D.; Kirschtel, D.; Pollinger, U. & Zohary, T. 1999. Biovolume Calculation for Pelagic and Benthic Microalgae. *J. Phycol.* 35:403-424.
- Hobbs, J. A.; Bennett, W. A. & Burton, J. E. 2006. Assessing nursery habitat quality for native smelts (Osmeridae) in the low-salinity zone of the San Francisco estuary. *J. Fish Biol.*, 69: 907- 922.
- Hodgking, E. P. & Rippingale, R. J. 1971. Interspecies conflict in estuarine copepods. *Limnol. Oceanogr.*, 16: 573-576.
- Hoffmeyer, M. S., 2004. Decadal change in zooplankton seasonal succession in the Bahía Blanca estuary, Argentina, following introduction of two zooplankton species. *J. Plankton Res.*, 26(2), 181-189.
- Hopcroft, R. R. & Roff, J. C. 1998. Zooplankton growth rates: the influence of size in nauplii of tropical marine copepods. *Mar. Biol.* 132: 87-96.
- Hutchinson, G. E. 1967. A treatise on limnology: introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, John Wiley, 1967. 1115 p.
- Irigoién, X.; Head, R.N.; Harris, R.P.; Cummings, D. & Harbour, D. 2000. Feeding selectivity and egg production of *Calanus helgolandicus* in the English Channel. *Limnol. Oceanogr.* 45(1): 44-54.
- Jiménez-Pérez, L. C. & Lavaniegos, B. E. 2004. Changes in dominance of copepods off Baja California during the 1997-1998 El Niño and La Niña. *Mar. Ecol. Progr. Series.* 277: 147-165
- Johnson, J. K. 1980. Effects of temperature and salinity on production and hatching of dormant eggs of *Acartia californiensis* (Copepoda) in an Oregon estuary. *Fish. Bull. (Wash DC)* 77: 567-584.
- Kaminski, S. M. 2004. Influência da Alimentação sobre a Reprodução e o Desenvolvimento do Copépode Calanoida *Acartia tonsa* Dana 1849, em Cultivo Intensivo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Santa Catarina. 55p.
- Kaminski, S. M. & Montú, M. A. 2005. Produção de ovos dos copépodes costeiros *Acartia tonsa*, *Temora stylifera* e *Temora turbinata*, da praia do Cassino – Rio Grande – RS. *Atlântica*, 27 (2): 103-111.
- Kaminski, S. M.; Bersano, J. G. F.; Amaral, W. J. A. 2007. Variação Temporal de Densidade do Copépode *Pseudodiaptomus richardi* em Cultivo de Laboratório. In XIX Semana Nacional de Oceanografia- A Evolução da Oceanografia: Mares Navegados Projetando Novas Rotas. CD-ROM, Aqüicultura, pdf nº 301
- Keister, J. E. & Peterson, W. T. 2003. Zonal and seasonal variations in zooplankton community structure off the central Oregon coast, 1998-2000. *Prog. Oceanogr.*, 57: 341-361.
- Kimmel, D. G. & Bradley, B. P. 2001. Specific protein responses in the calanoid copepod *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) to salinity and temperature variation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 266:135–149.
- Knuckey, R. M.; Semmens, G. L.; Mayer, R. J. & Rimmer, M. A. 2005. Development of an optimal microalgal diet for the culture of the calanoid copepod *Acartia sinjiensis*: Effect of algal species and feed concentration on copepod development. *Aquaculture*, 249: 339-351.

- Kjørboe, T.; Møhlenberg, F. & Hamburger, K. 1985. Bioenergetics of the planktonic copepod *Acartia tonsa*: relation between feeding, egg production and respiration, and composition of specific dynamic action. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 26:85-97.
- Kjørboe, T. & Sabatini, M. 1994. Reproductive and life cycle strategies in egg-carrying cyclopoid and free-spawning calanoid copepods. *J. Plankton Res.* 16 (10):1353-1366.
- Kjørboe, T. & Sabatini, M. 1995. Scaling of fecundity, growth and development in marine planktonic copepods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120:285-298.
- Kleppel, G. S. 1992. Environmental regulation of feeding and egg production by *Acartia tonsa* off southern California. *Mar. Biol.* 112: 57-65.
- Kouwenberg, J. H. M. 1993. Sex ration of calanoid copepods in relation to population composition in the northwestern Mediterranean. *Crustaceana.* 64: 281-299.
- Lalli C. M & Parsons, T. R. 1993. *Biological Oceanography: An Introduction*. New York. Elsevier Science. 301p.
- Leandro, S. M.; Tiselius, P. & Queiroga, H. 2006. Growth and development of nauplii and copepodites of the estuarine copepod *Acartia tonsa* from southern Europe (Ria de Aviero, Portugal) under saturating food conditions. *Mar. Biol.* 150: 121-129.
- Lenz, J. 2000. Introduction. In: *Zooplankton Methodology Manual*. Harris, R. P.; Wiebe, P. H.; Lenz, J.; Skjoldal, H. R. & Huntley, M. 2000. ICES Academic Press. London. 684p.
- Liang, D. & Uye, S. 1997. Seasonal reproductive biology of the egg-carrying calanoid copepod *Pseudodiaptomus marinus* in a eutrophic inlet of the Inland Sea of Japan. *Mar. Biol.* 128: 409-414.
- Lopes, R. M. 1994. Zooplankton distribution in the Guaraú river estuary (South-eastern Brazil). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 39: 287-302.
- Lopes, R. M.; Montú, M. A.; Gorri, C.; Muxagata, E.; Miyashita, L. K. & Oliveira, L. 2006. O Zooplâncton Marinho na região entre o cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região sudeste-Sul do Brasil*. Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. & Madureita, L.S.P. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 467p.
- Loureiro, L. M. A. E. 1997. *Manual de Identificação de Cladóceros límnicos do Brasil*. Editora Universa – UCB. 155p.
- Magalhães, A.; Costa, R. M.; Liang, T. H.; Pereira, L. C. C. & Ribeiro, M. J. S. 2006. Spatial and temporal distribution in density and biomass of two *Pseudodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté river estuary (Amazon Region – North of Brazil). *Braz. J. Biol.*, 66(2A):421-430.
- Mauchline, J. 1998. *The Biology of Calanoid Copepods*. *Advances in Marine Biology*, Academic Press, London, 710 p.
- Mann, K. H. & Lazier, J. R. N., 1996. *Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interactions in the Ocean*. Second Edition by Blackwell Science, Inc. 394p.
- McKinnon, A. D. & Klump, D. W. 1998. Mangrove zooplankton of North Queensland, Australia. I. Plankton community structure and environment. *Hydrobiologia*, 362: 127-143.

- McKinnon, A. D.; Duggan, S.; Nichols, P. D.; Rimmer, M. A.; Semmens, G. & Robino, B. 2003. The potential of paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture*. 223: 89-106
- Milione, M. & Zeng, C. 2007. The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture*. 273:656-664.
- Milione, M. & Zeng, C. 2008. The effects of temperature and salinity on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture*. 275:116-123.
- Möller, O. O., Paim, P. S. G. e Soares, J. D. 1991. Facteurs et mécanismes de la circulation des eaux dans l'Estuaire de la Lagune dos Patos (Brésil). *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 49, 15 – 21.
- Möller, O. O., J. A. Lorenzzenti, J. L. Stech & M. M. Mata. 1996. The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. *Cont. Shelf Res.*, 16(3):335-351.
- Möller, O. O., P. Casting. , J. C. Salomon & P. Lazure. 2001. The Influence of Local and Non-Local Forcing Effects on the Subtidal Circulation of Patos Lagoon. *Estuaries*, 24(2):297-311.
- Möllmann, C.; Kornilovs, G. & Sidrevics, L. 2000. Long-term dynamics of main mesozooplankton species in the central Baltic Sea. *J. Plankton Res.*, 22(11): 2015-2038.
- Montú, M. 1980. Zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos I. Estrutura e variações temporais e espaciais da comunidade. *Atlântica*. 4: 53-72.
- Montú, M. & Gloeden, I.M. 1986. Atlas dos Cladocera e Copepoda (Crustacea) do Estuário da Lagoa dos Patos (Rio Grande, Brasil), *Nerítica, Pontal do Sul*, PR. 1 (2): 1-134.
- Montú, M.; Duarte, A. K. & Gloeden, I. M. 1998-a. Zooplâncton. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. *Ecoscientia*, Rio Grande-RS.43-46pp.
- Montú, M.; Gloeden, I. M.; Duarte, A. K. & Resgalla Jr., C. 1998-b. Zooplâncton. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. *Ecoscientia*, Rio Grande-RS.123-127pp.
- Moore, E & Sander, F. 1983. Physioecology of tropical marine copepods. II. Sex ratios. *Crustaceana*. 44: 113-122.
- Muelbert, J. H. e Weiss, G., 1991. Abundance and distribution of fish larvae in the channel area of Patos Lagoon Estuary, Brazil. In Robert D. Hoyt (ed). *Larval fish recruitment and research in the Americas*. NOAA Tech. Rep. NMFS, 95, 43-54.
- Muxagata, E. 1995. Influência da Dinâmica na Composição, Distribuição e Abundância do Holo e Meroplâncton no Canal de Rio Grande (Lagoa dos Patos – RS, Brasil). Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal de Rio Grande, RS, Brasil. 74p.
- Muxagata, E. & Gloeden, I. M. 1995. Ocorrência de *Temora turbinata* Dana, 1849 (Crustacea: Copepoda) no Estuário da lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Nauplius*, 3: 163-164.

- Nagajar, M. 1988. Combined effects of temperature and salinity on the complete development of *Eurytemora velox* (Crustacea:Calanoida). *Mar Biol.* 99: 353-358.
- Niencheski, L. F. H. & Baumgarten, M. G. 1998. Química Ambiental. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. *Ecoscientia*, Rio Grande-RS. 21-25pp.
- NOAA 2009. National Climate Data Center. Em: <http://www.cdc.noaa.gov/enso/enso.current.html#indices>. Data de acesso: 14/02/2009, 20:30h.
- Odebrecht, C.; Segatto, Z. & Freitas, A. 1995. Surf-zone Chlorophyll *a* Variability at Cassino Beach, Southern Brazil. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 41: 81-90.
- Odebrecht, C. & Garcia, V. M. T. 1998. Fitoplâncton. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. *Ecoscientia*, Rio Grande-RS. 117-121pp.
- Odebrecht & Abreu, 1998. Microalgas. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. *Ecoscientia*, Rio Grande-RS. 36-40.
- Odebrecht, C.; Bergesch, M.; Rorig, L. L. & Abreu, P. C., (in press). Phytoplankton interannual variability at Cassino Beach, Southern Brazil (1992-2007), with emphasis on the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis*.
- Park, W.; Sturdevant, M.; Orsi, J.; Wertheimer, A.; Fergusson, E.; Heard, W. & Shirley, T. 2004. Interannual abundance patterns of copepod during an ENSO event in Icy Strait, southeastern Alaska. *J. Mar. Sci.*, 61: 464-477.
- Payne, M. F. & Rippingale, R. J. 2000. Evaluation of diets for culture of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*. 187:85-96.
- Payne, M.F. & Rippingale, R.J. 2001. Effects of salinity, cold storage and enrichment on the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*, 201:251-262.
- Payne, M. F.; Rippingale, R. J. & Cleary, J. J. 2001. Cultured copepods as food for West Australian dhufish (*Glaucosoma hebraicum*) and pink snapper (*Pagrus auratus*) larvae. *Aquaculture*. 194:137-150.
- Peck, M. A. & Holse, L. 2006. Effects of salinity, photoperiod and adult stocking density on egg production and egg hatching success in *Acartia tonsa* (Calanoida: Copepoda): optimizing intensive cultures. *Aquaculture*. 255: 341-350.
- Piontkovski, S. A. & Landry, M. R. 2003. Copepod species diversity and climate variability in the tropical Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanogr.*, 12 (4/5): 352-359.
- Raymont, J. E. G. 1983. Plankton and productivity in the oceans. Second Edition. Oxford. Pergamon Press. Vol. 2. Zooplankton. 824p.
- Resgalla, C. Jr. & Montú, M. 1993. Cladoceros marinhos da plataforma continental do Rio grande do Sul, Brasil. *Nauplius* 1:63-79.
- Rörig, L. R. e Garcia, V. M. T. (2003) Accumulations of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round in Cassino beach, southern Brazil, and its relationship with environmental factors. *J. Coast. Res.* 35, 167-177.

- Rudorff, F. M. 2002. Sazonalidade e biomassa dos Copépodos planctônicos *Acartia tonsa* e *Notodiaptomus incompositus* no estuário da Lagoa dos Patos e áreas costeiras próximas (RS-Brasil). Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, RS. Brasil. 52p.
- Schipp, G. R.; Bosmans, J. M. P. & Marshall, A. J., 1999. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp. *Aquaculture*. 174: 81-88.
- Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J. P. (Eds.), 1998. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. *Ecoscience*, Rio Grande-RS. 341p.
- Silva, A. P.; Neumann-Leitão, S.; Schwamborn, R.; Gusmão, L. M. O. & Silva, T. A. 2004. Mesozooplankton of Impacted bay in North Eastern Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 47 (3), 485-493.
- Silva, T. A.; Neumann-leitão, S.; Schwamborn, R.; Gusmão, L. M. O. & Nascimento-Vieira, D.A. 2003. Diel and seasonal changes in the macrozooplankton community of a tropical estuary in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(3): 439-446.
- Sinque, C. & Muelbert, J. H. 1998. Ictioplâncton. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. *Ecoscience*, Rio Grande-RS. 56-60.
- Skjoldal, H. R.; Wiebe, P. H. & Foote, K. G. 2000. Sampling and experimental design. In: *Zooplankton Methodology Manual*. Harris, R. P.; Wiebe, P. H.; Lenz, J.; Skjoldal, H. R. & Huntley, M. 2000. ICES Academic Press. London. 684p.
- Støttrup, J. G., 2000. The elusive copepods: Their production and suitability in marine aquaculture. *Aquaculture Res.*, 31: 703-711.
- Tedesco, E. C. 2006. Estudo das diatomáceas da zona de arrebentação da praia do Cururupe, Ilhéus – BA. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 82p.
- Tester, P. A. & Turner, J. T. 1991. Why is *A. tonsa* restricted to estuarine habitats? *Bull Plankton Soc Jpn (spec vol)*: 603-611.
- Uye, S. 1991. Temperature-dependent development and growth of the planktonic copepod *Paracalanus* sp. In the laboratory. *Bull Plankton Soc Jpn [spec vol]*: 627-636.
- Uye, S., Shimazu, T., Yamamuro, M., Ishitobi, Y., Kamiya, H., 2000. Geographical and seasonal variations in mesozooplankton abundance and biomass in relation to environmental parameters in Lake Shinji-Ohashi River-Lake Nakaumi brackish-water system, Japan. *J. Mar. Syst.*, 26, 193-207.
- Vaz, A. C.; Möller Jr., O. O. & Almeida, T. L. 2006. Análise quantitativa da descarga dos rios afluentes da Lagoa dos Patos. *Atlântica*, 28 (1): 13-23.
- Vieira, J. P.; Castello, J. P. & Pereira, L. E. 1998. Ictiofauna. Em: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.), *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. *Ecoscience*, Rio Grande-RS. 60-68.
- Zago, M. S. A. 1976. The planktonic Cladocera (Crust) and aspects of the eutrophication of american Reservoir, Brazil. *Bol. Zool.*, São Paulo, 1: 105-145.