



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ECOLOGIA
ANA MARIA ALVES DA SILVA

**ATRIBUTOS ESPACIAIS E TEMPORAIS DO
ZOOPLÂNCTON (ROTIFERA, CLADOCERA) EM UM
ESTUÁRIO TROPICAL HIPERSALINO, RIO GRANDE
DO NORTE, BRASIL**

CAMPINA GRANDE, PB

2008



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ECOLOGIA
ANA MARIA ALVES DA SILVA

**ATRIBUTOS ESPACIAIS E TEMPORAIS DO
ZOOPLÂNCTON (ROTIFERA, CLADOCERA) EM UM
ESTUÁRIO TROPICAL HIPERSALINO, RIO GRANDE
DO NORTE, BRASIL**

CAMPINA GRANDE, PB

2008

ANA MARIA ALVES DA SILVA

**ATRIBUTOS ESPACIAIS E TEMPORAIS DO
ZOOPLÂNCTON (ROTIFERA, CLADOCERA) EM UM
ESTUÁRIO TROPICAL HIPERSALINO, RIO GRANDE
DO NORTE, BRASIL**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental na área
de concentração Ecologia do Semi-Árido, como
requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

CAMPINA GRANDE – PB

2008

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

S586a Silva, Ana Maria Alves da.
Atributos espaciais e temporais do zooplâncton (rotifera, cladocera) em um estuário tropical hipersalino, Rio Grande do Norte, Brasil [manuscrito] / Ana Maria Alves da Silva. – 2009.
66 f. : il. color.

Digitado
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 2009.

“Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Biologia”.

1 Zooplâncton – Variações Ambientais - Brasil. 2. Cladocera. 3. Estuário Hipersalino. 4. Rotífera. I. Título.

22. ed. CDD 595.3

ANA MARIA ALVES DA SILVA

**ATRIBUTOS ESPACIAIS E TEMPORAIS DO
ZOOPLÂNCTON (ROTIFERA, CLADOCERA) EM UM
ESTUÁRIO TROPICAL HIPERSALINO, RIO GRANDE
DO NORTE, BRASIL**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental na área
de concentração Ecologia do Semi-Árido, como
requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências
Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Guilherme Fulgêncio de Medeiros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dra. Beatriz Susana Ovruski de Ceballos
Universidade Estadual da Paraíba

Prof. Dr. José Etham Lucena Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba

Campina Grande, 19 de Dezembro de 2008

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a realização desse trabalho a Deus, que me deu a vida e que sempre me escuta nas horas de alegria e tristeza. Obrigada meu Pai.

A meu santo de devoção, São José que guardo dentro do meu coração e que guia meus passos para o caminho do bem. Valei-me São José.

Aos meus pais João e Inácia por todo o apoio que me deram todos esses anos e principalmente por terem me mostrado a reconhecer que o estudo é um dos bens mais preciosos que os pais podem dar aos seus filhos.

Aos meus irmãos Beethoven e Taciano, por sempre torcer por mim, e ao mais novo membro da família, meu sobrinho Gabriel, que nas horas de estresse me fez esquecer as obrigações com um sorriso estampado no rosto.

A Paulo, meu noivo e amigo, por todo o seu carinho, companheirismo, atenção, dedicação e incentivo em todos esses anos que estamos juntos. A você meu bem, minha eterna gratidão.

A Isabel, minha prima que tem sido uma irmã em todos esses anos de convivência. Agradeço também a Karla e Sandra que sempre estiveram prontas para me escutar nas horas boas e ruins.

A Etham, por ter me aceitado como orientanda novamente, ter confiado à deposição desse trabalho em minhas mãos e ter acreditado que um dia eu realizaria esse sonho.

A Renato de Medeiros Rocha, por ter dado a oportunidade de realizar esse trabalho e também por ter confiado em mim a realização do mesmo. Também agradeço aos estagiários Adalberto, Assis, Diógenes, Lindemberg e Milton por coletarem o zooplâncton mensalmente para que eu pudesse analisar. Muito obrigada.

Aos componentes da banca Beatriz Ceballos e Guilherme Fulgêncio de Medeiros pelas sugestões que me serão passadas e por terem aceitado o convite. A Luiz Lopez, pelos comentários e sugestões feitos durante a etapa de qualificação.

A Jany, por todas as vezes que precisei e recebi o seu apoio.

A Celina, Patrícia e Rosa pelo carinho e atenção nos momentos de alegria e de tristeza e aos demais estagiários e colegas do LEAq (Laboratório de Ecologia Aquática): Adriano, Alessandra, Altíeres, Aluska, Aretuza, Bráulio, Daniel, Eline, Flávia, Franklin, Gabi, Gil, Neto, Klívia, Raquel, Rogério, Ruceline e Thaise. A todos vocês o meu 'muito obrigada'.

A Ana Catarina pela sua amizade e atenção em todos os momentos que precisei.

A Jac que foi a pessoa que me incentivou com o presente trabalho e que me passou dicas sobre o estuário do Rio Mossoró.

Às minhas amigas do mestrado, em especial Danuza, Sílvia e Rita, pela atenção, amizade e força para a conclusão desse trabalho.

Aos demais colegas do mestrado, Carol, Chico, Dinho, Fabricio, Raynner, Silene, Wanessa, e a todos os outros colegas que ingressaram na primeira turma deste mestrado.

À professora Cristina Crispim, que me deu o pontapé para que eu conhecesse melhor o grupo zooplanctônico, objeto do meu estudo.

Aos professores do mestrado, Beatriz Ceballos, Célia Regina, Etham, Fidelis, Lourivaldo, Tavares, Valderí, e ao secretário do curso Rodrigo, que sempre estiveram a minha disposição quando eu precisei.

Aos demais familiares e amigos que não foram citados, mas que tiveram também sua participação direta ou indireta na realização desse estudo.

E por fim, ao estuário do Rio Mossoró.

Dedicatória

Dedico esse trabalho ao meu noivo Paulo e aos meus pais João e Inácia que torceram, incentivaram e me ajudaram incondicionalmente, cada qual à sua maneira, na realização deste estudo. Amo muito vocês.

Sim, felicidade e amor me acompanham todos os dias da minha vida, minha morada é a casa do Senhor, por dias sem fim.

Salmo 23

Resumo

Estuários negativos e hipersalinos são ambientes raros de elevada importância científica, devido às suas particularidades. Apesar disto, estes ambientes têm recebido pouca atenção científica, especialmente no tocantes as avaliações à nível de comunidade. Este estudo procurou investigar a influência das variáveis ambientais sobre a composição espacial e temporal do zooplâncton (Rotifera e Cladocera) em um estuário tropical hipersalino. Um total de 288 amostras do zooplâncton e as variáveis ambientais foram coletadas em doze estações permanentes durante todo o período de dois anos (Setembro de 2005 a Setembro de 2007). Um total de vinte espécies (*Brachionus urceolaris*, *B. plicatilis*, *B. calyciflorus*, *B. leydigi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Epiphanes macrourus*, *Hexarthra mira*, *Keratella tropica*, *Filinia opoliensis*, *B. falcatus*, *B. caudatus*, *Moina minuta*, *F. longiseta*, *B. patulus*, *B. angularis*, *Polyarthra vulgaris*, *K. valga*, *Diaphanosoma spinulosum*, *Anuraeopsis fissa* e *K. cochlearis*) foram detectados ao longo de todo o estudo, com dez espécies representando 97% de todos os indivíduos. A média de riqueza das espécies (S) e a abundância (N) foram significativamente maiores no período chuvoso (Média±EP: S=2,63±0,27; N=333,7±76,4) comparado com a época seca (S=1,26±0,08; N=923,8±156,7) e os pontos mais altos, nas proximidades da foz. De acordo com análises de regressão múltipla, e análise de correspondência canônica efetuadas, salinidade, nutrientes, pluviometria e transparência foram as mais importantes preditoras nos números do zooplâncton. A baixa diversidade e dominância das espécies tolerantes à poluição como o gênero *Brachionus* (representou 81% de todos os indivíduos), apóia a idéia de que só espécies plásticas são capazes de lidar com as duras condições observadas no estuário do Rio Mossoró.

Palavras-chave: Cladocera, Comunidade, estuário hipersalino, Rotifera, Brasil

Abstract

Negative, hypersaline estuaries are rare environments of high scientific importance due to their particular features. Despite this, these environments have received very little scientific attention, especially regarding community-level assessments. This study investigated the influence of environmental variables on the spatial and temporal composition of zooplankton (Cladocera and Rotifera) in a tropical hypersaline estuary. Zooplankton samples and twelve environmental variables were collected at twelve permanent stations throughout a two-year period (Sep 2005 to Sep 2007). A total of twenty species (*Brachionus urceolaris*, *B. plicatilis*, *B. calyciflorus*, *B. leydigi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Epiphanes macrourus*, *Hexarthra mira*, *Keratella tropica*, *Filinia opoliensis*, *B. falcatus*, *B. caudatus*, *Moina minuta*, *F. longiseta*, *B. patulus*, *B. angularis*, *Polyarthra vulgaris*, *K. valga*, *Diaphanosoma spinulosum*, *Anuraeopsis fissa* and *K. cochlearis*) were detected throughout the study span with the former ten species accounting for 97% of all individuals. Mean species richness (S) and abundance (N) were significantly higher during the rainy season (mean±SE: S=2.63±0.27; N=333.7±76.4) compared to the dry season (S=1.26±0.08; N=923.8±156.7) and at the uppermost stations, nearby the river mouth. According to the multiple regression and canonical correspondence analyses performed, salinity, nutrients, water discharge and transparency were the most important predictors of zooplankton numbers. The low diversity and dominance of species of the pollution-tolerant *Brachionus* genus (81% of all individuals) support the idea that only plastic species are able to cope with the harsh conditions observed at the MRE estuary.

Key Words: Cladocera, Community, Hypersaline estuary, Rotifera, Brazil

SUMÁRIO

1 Introdução	18
2 Referencial teórico	20
3 Objetivos	22
4 Área de Estudo	23
4.1 Características gerais e aspectos hidrológicos	23
4.2 Aspectos econômicos	24
5 Material e Métodos	26
5.1 Desenhos amostrais	26
5.2 Amostragens do zooplâncton	27
5.3 Parâmetros ecológicos	27
5.3.1 Riqueza	28
5.3.2 Índice de Shannon (H')	28
5.3.3 Índice de Simpson (D)	28
5.3.4 Índice de Pielou (J')	28
5.3.5 Índice de Margalef (I)	28
5.3.6 Abundância (n)	28
5.3.7 Abundância relativa ($A\%$)	28
5.3.8 Frequência de ocorrência ($F\%$)	29
5.4 Categorias das espécies	29
5.4.1 Espécies comuns (EC)	29
5.4.2 Espécies ocasionais (EO)	29
5.4.3 Espécies raras (ER)	29
5.5 Amostragens de fatores hidrológicos e variáveis ambientais	29
5.5.1 Pluviometria	29
5.5.2 Salinidade	30
5.5.3 Temperatura da água	30
5.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)	30
5.5.5 Transparência da água	30
5.5.6 Oxigênio dissolvido	30

5.5.7 Amônia, nitrito, nitrato e fósforo total.....	30
5.5.8 Clorofila e feofitina.....	30
5.6. Análises estatísticas	30
5.6.1 Análise de variância de Friedman (ANOVA)	31
5.6.2 Teste de Kruskal-Wallis (ANOVA)	31
5.6.3 Teste U de Mann Whitney	31
5.6.4 Análise de regressão múltipla <i>stepwise</i> (ARM)	31
5.6.5 Análise de correspondência canônica (ACC)	31
6 Resultados	32
6.1 Composição e distribuição das espécies	32
6.2 Variação espacial e sazonal do zooplâncton.....	32
6.3 Variação sazonal do zooplâncton	33
6.4 Variação espacial e sazonal das variáveis ambientais	41
6.5 Associações do zooplâncton com as variáveis ambientais	51
7 Discussão	55
8 Considerações Finais	59
9 Referências	60

Lista de Tabelas

Tabela 6.1 Abundancia total (n), abundância relativa (AR) e frequência relativa (FR) do zooplâncton coletados ao longo do estuário do Rio Mossoró. 33

Tabela 6.2 Análises de regressão múltipla entre os valores do zooplâncton (variáveis dependentes) e as variáveis ambientais (preditores) coletados em 12 pontos permanentes em um período de dois anos ao longo do estuário do Rio Mossoró..... 54

Lista de Figuras

Figura 4.1 Vista aérea do estuário do Rio Mossoró, Rio Grande do Norte, RN.	23
Figura 4.2 Despejo do lixo nas proximidades do estuário. Atividade que ameaça a integridade do ecossistema.	24
Figura 5.1 Localização geográfica e desenho amostral das estações de coleta no estuário do Rio Mossoró	26
Figura 6.1 Média (\pm EP) dos valores de cinco índices ecológicos do zooplâncton coletados em 12 pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: *significativo para $p < 0,05$ e ** significativo para $p < 0,001$	34
Figura 6.2 Média (\pm EP) dos valores de abundância das espécies agrupadas na categoria das espécies comuns. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$	35
Figura 6.3 Média (\pm EP) dos valores de abundância das espécies agrupadas na categoria das espécies ocasionais. Teste ANOVA KW, resultados: * significativo para $p < 0,05$ e ** significativo para $p < 0,001$	35
Figura 6.4 Média (\pm EP) dos valores de abundância das espécies agrupadas na categoria das espécies raras.	36
Figura 6.5 Média (\pm EP) dos valores de densidade do zooplâncton coletado em 12 pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$	36
Figura 6.6 Média (\pm EP) dos valores de cinco índices ecológicos do zooplâncton amostrados durante dois anos ao longo do estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso	37

Figura 6.7 Média (\pm EP) dos valores das espécies zooplanctônicas na categoria das espécies comuns distribuídas ao longo de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso. 37

Figura 6.8 Média (\pm EP) dos valores das espécies zooplanctônicas na categoria das espécies ocasionais distribuídas ao longo de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: * significativo para $p < 0,05$ e ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso. 38

Figura 6.9 Média (\pm EP) dos valores das espécies zooplanctônicas na categoria das espécies raras distribuídas ao longo de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso. 38

Figura 6.10 Média (\pm EP) da densidade do zooplâncton coletados em 12 pontos no período de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso. 39

Figura 6.11 Média (\pm EP) das variações sazonais entre as estações seca e chuvosa dos cinco índices ecológicos ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW. 39

Figura 6.12 Média (\pm EP) dos valores de abundância de 20 espécies do zooplâncton por pontos de amostragem e entre as estações seca e chuvosa no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW. 40

Figura 6.13 Média (\pm EP) dos valores de abundância do zooplâncton entre as estações seca e chuvosa no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW. 40

Figura 6.14 Média (\pm EP) da riqueza do zooplâncton entre as estações seca e chuvosa ao longo dos doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças *significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.	42
Figura 6.15 Média (\pm EP) da densidade do zooplâncton entre as estações seca e chuvosa ao longo dos doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.	42
Figura 6.16 Média (\pm EP) da precipitação pluviométrica medida ao longo de doze pontos no estuário do Rio Mossoró.	43
Figura 6.17 Média (\pm EP) da precipitação pluviométrica medida ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	43
Figura 6.18 Média (\pm EP) da salinidade coletadas ao longo de doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$	44
Figura 6.19 Média (\pm EP) da salinidade ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	44
Figura 6.20 Média (\pm EP) dos valores de cinco variáveis ambientais entre as estações seca e chuvosa ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.	45
Figura 6.21 Média (\pm EP) da temperatura coletadas ao longo de doze pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW. Resultados: *significativo para $p < 0,05$	45
Figura 6.22 Média (\pm EP) da temperatura ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	46

Figura 6.23 Média (\pm EP) dos valores de pH em doze pontos no estuário do Rio Mossoró....	46
Figura 6.24 Média (\pm EP) do pH ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman. Resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	47
Figura 6.25 Média (\pm EP) da transparência coletadas ao longo de doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$	47
Figura 6.26 Média (\pm EP) da transparência ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	48
Figura 6.27 Média (\pm EP) dos valores de oxigênio dissolvido coletados em doze pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: *significativo para $p < 0,05$	48
Figura 6.28 Média (\pm EP) dos valores de oxigênio dissolvido coletados ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	49
Figura 6.29 Média (\pm EP) dos nutrientes coletadas ao longo de doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: *significativo para $p < 0,05$	49
Figura 6.30 Média (\pm EP) dos valores dos nutrientes ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.	50
Figura 6.31 Média (\pm EP) dos valores de cinco nutrientes entre as estações seca e chuvosa ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.	50

Figura 6.32 Média (\pm EP) dos valores dos pigmentos (clorofila e feofitina) em doze pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$ 52

Figura 6.33 Média (\pm EP) dos valores dos pigmentos (clorofila e feofitina) ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso. 52

Figura 6.34 Média (\pm EP) dos valores dos pigmentos (clorofila e feofitina) entre as estações seca e chuvosa ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças *significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW. 53

Figura 6.35 Biplotagem das 20 espécies zooplanctônicas (pontos) e das 12 variáveis ambientais (setas) coletadas em 12 pontos permanentes de amostragem durante um período de dois anos ao longo do estuário do Rio Mossoró. 53

1 Introdução

O Zooplâncton é composto por organismos microscópicos que desempenham um importante papel nos diversos sistemas aquáticos, representando o principal elo de transferência de energia entre a base produtiva da cadeia alimentar e os níveis tróficos superiores (ARAÚJO e LUCAS, 2003). Diversas espécies zooplanctônicas são reconhecidas como importantes bioindicadoras das condições hidrológicas do meio, e respondem a fatores como variações da vazão afluente, precipitação pluviométrica, salinidade, evaporação, radiação solar e temperatura (ESKINAZI, 1996). Além disso, a composição da comunidade zooplanctônica geralmente difere entre um ambiente com forte pressão antropogênica e um ambiente bem preservado. Segundo Attayde e Bozelli (1998), o gênero de rotíferos *Brachionus*, é um bioindicador da qualidade da água podendo ser avaliado em monitoramentos ambientais, já que costumam ser identificados em ambientes com elevada descarga de matéria orgânica.

Estuário pode ser considerado um corpo d'água costeiro que se encontra permanentemente ou periodicamente aberto ao mar no qual existe variação de salinidade devido à mistura de água salgada com a água doce proveniente da drenagem continental (PRITCHARD, 1967). Assim, os estuários, apresentam mudanças periódicas de amplitudes das marés e conseqüentes alterações das condições hidrológicas (principalmente salinidade). A comunidade zooplanctônica é um bom exemplo de organismos que apresentam adaptações especiais para a sua sobrevivência nesses ambientes, como a capacidade de resistir às variações de salinidade (espécies eurialinas) (NEWELL e NEWELL, 1963).

Apesar da importância do zooplâncton nas cadeias tróficas e como bioindicadores, esses organismos receberam pouca atenção científica até o presente momento, particularmente nas áreas estuarinas do Nordeste do Brasil, onde somente alguns estudos foram realizados na região (e.g. MEDEIROS, 1983; MEDEIROS *et al.*, 2002; LUCAS, 2006). De forma geral, esses estudos com os organismos planctônicos mostram como alterações na qualidade da água, causadas por distúrbios de origem antrópica, podem ser potencialmente suficientes para modificar toda a estrutura da comunidade zooplanctônica, acarretando em conseqüências para toda a cadeia superior.

O estuário do Rio Mossoró é um ambiente que vem sofrendo fortes modificações ambientais recentemente devido ao aumento de atividades econômicas, principalmente a extração de sal (salinas) e a cultura de camarões, desenvolvidas nas proximidades do estuário (ROCHA, 2007). Devido à importância do estuário, as atividades antrópicas desenvolvidas

nesse ambiente precisam ser monitoradas utilizando-se como ferramenta os organismos bioindicadores ali existentes, visto que muitos são extremófilos, ou seja, que vivem em condições extremas de temperatura, acidez ou salinidade suportando, dessa forma, amplas variações nas condições ambientais (TORTORA et al, 2003).

2 Referencial teórico

Estuários negativos também chamados de estuários invertidos ou atípicos apresentam elevados níveis de salinidade devido às elevadas taxas de evaporação, o que faz exceder o escoamento superficial da água doce que entra no estuário (McLUSKY e ELLIOTT, 2004; SAVENIJE, 2006). Estes estuários podem ainda ser separados em duas categorias refletindo um gradiente de salinidade marinha: os eusalinos que são os estuários que têm salinidade e regimes semelhantes às do oceano em torno, e os hipersalinos que são os que estuário que têm concentrações de sal nas áreas terrestres que excedem as do oceano (McLUSKY e ELLIOTT, 2004; SAVENIJE, 2006).

A salinidade está entre os mais importantes fatores ambientais com potencial para influenciar significativamente às comunidades estuarinas (SAVENIJE, 2006). Assim, as flutuações de salinidade, sobretudo devido à sazonalidade, desempenham um importante papel ecológico no controle da composição e distribuição das espécies estuarinas (PRADO-POR e LANSAC-TÔHA, 1984; LANSAC-TÔHA e LIMA, 1993). Isto é verdade, visto que apenas algumas espécies têm o potencial de tolerar variações ambientais bruscas (HAMMER, 1993).

Comparativamente, ambientes hipersalinos englobam uma parcela muito pequena do dos ecossistemas aquáticos continentais do mundo (COTNER, *et al.*, 2004), mas são de grande interesse para as comunidades científica e econômica devido às suas características únicas (HAMMER, 1986; McLUSKY e ELLIOTT, 2004) e o seu potencial financeiro (COETZEE *et al.*, 1996; LAMBERTH e TURPIE, 2003), respectivamente. Para superar as condições relacionadas à salinidade, os organismos que habitam os ambientes hipersalinos possuem adaptações singulares, particularmente fisiológicas (BAYLY, 1969), mas também comportamentais (BAYLY, 1972), para permitir sua ocorrência nesses habitats. Dessa forma, o elevado gradiente osmótico desses ambientes, limita os organismos, fazendo com que as comunidades ali existentes sejam bastante únicas (HAMMER, 1993). Além disso, a importância econômica dessas áreas pode ser simplesmente ilustrada pela extração mineral (por exemplo, sal e magnésio) e a produção na aquicultura (McLUSKY e ELIOTT, 2004).

Mesmo se conhecendo a importância dos ambientes hipersalinos, muitos processos ecológicos realizados em estuários ainda são pouco conhecidos e, como sugerido por muitos autores, têm de ser preliminarmente, ou, pelo menos, mais cuidadosamente investigados, especialmente as que dizem respeito à avaliações à nível de comunidades (HAMMER, 1986; BOS *et al.*, 1996; WILLIAMS, 1998; DERRY *et al.*, 2003). Além disso, embora

investigações tenham sido realizadas em ambientes salinos em todo o mundo (e.g., REMANE e SCHLIEPER, 1971; BAYLY, 1972; BEADLE, 1981; TIMMS, 1983; HAMMER, 1986; COLBURN, 1988; WOOD e TALLING, 1988; ALONSO, 1990), estudos sobre a comunidade zooplanctônica em estuários tropicais hipersalinos são extremamente escassos e os processos que influenciam potencialmente na presença desses organismos ainda não são totalmente compreendidos. O plâncton de estuário é composto por indivíduos que ocorrem em sistemas costeiros, suscetíveis às constantes variações de salinidades e que podem variar na sua composição dependendo do grau de trofia em que se encontra o ambiente. Daí a importância do zooplâncton em ser utilizado como bioindicadores de alterações nos ecossistemas aquáticos, principalmente em áreas de estuários sujeitas a elevados níveis de degradação devido às atividades humanas, e que precisam antes de tudo ser investigadas em programas de monitoramento (MATSUMURA TUNDISI e TUNDISI, 2003).

O presente estudo fornece informações sobre a distribuição espacial e temporal, riqueza e abundância do zooplâncton (Cladocera e Rotifera) e sua relação com as variáveis ambientais utilizando a comunidade no nível de abordagens em um estuário hipersalino e tropical do Brasil, localizada em uma área que, historicamente, recebeu um elevado nível de impacto humano, devido, sobretudo, à indústria do sal.

3 Objetivos

3.1 Geral

- Avaliar os atributos espacial e temporal do zooplâncton (Rotifera, Cladocera) ao longo do estuário do Rio Mossoró.

3.2 Específicos

- Analisar os parâmetros limnológicos, associados à comunidade zooplanctônica.
- Correlacionar os parâmetros ecológicos verificados no ambiente, com a distribuição do zooplâncton.
- Identificar os organismos zooplanctônicos, avaliando-os como bioindicadores das alterações antrópicas ao longo do estuário de Mossoró.

4 Área de estudo

4.1 Características gerais e aspectos hidrológicos

O estudo foi realizado no estuário do Rio Mossoró, situado em uma planície com uma área de 14.276 km², localizada no Estado do Rio Grande do Norte, região nordeste da costa do Brasil (Figuras 4.1 e 5.1). O estuário apresenta 24 km de comprimento, se estendendo da porção inferior que está em contato direto com o Oceano Atlântico, delimitada pela foz do Rio Mossoró, ainda influenciada pela flutuação das marés. O estuário apresenta profundidade máxima de 10 m, com média aproximada de 7 m.



Figura 4.1 Vista aérea do estuário do Rio Mossoró, Rio Grande do Norte, RN.

A região está sob influência do clima semi-árido, recebe uma precipitação pluviométrica anual normalmente baixa (média de aproximadamente 50 mm/ano), sendo que a estação chuvosa se estende entre Fevereiro e Junho. A maior parte da região onde o estuário está situado é dominada por zonas de caatinga, com remanescentes de mata atlântica e restinga.

O estuário é um sistema no qual as taxas de evaporação diárias (aproximadamente 1 cm/m³) excedem a entrada de água doce oriunda do rio Mossoró e das chuvas. Com isto, o fluxo periódico das águas salinas do mar para dentro do estuário, pelas flutuações das marés, torna o ambiente permanentemente hipersalino. Além disso, os ventos constantes (superiores a 7 km/h durante aproximadamente 75% do ano) e a alta temperatura anual média da água (aproximadamente 29°C), faz do estuário do Rio Mossoró um dos ambientes com uma das mais elevadas taxas de evaporação do Brasil.

4.2 Aspectos econômicos

Devido à natureza hipersalina do estuário do Rio Mossoró, a indústria salineira vem explorando a área há mais de 300 anos. Atualmente, aproximadamente 25 salinas de extração de sal estão permanentemente situadas ao longo da margem do estuário e são responsáveis pela maior proporção de extração desse minério no estado do Rio Grande do Norte. O valor bruto da produção anual de sal é de cerca de 4,8 milhões de toneladas e o estado atualmente é responsável por aproximadamente 90% da produção de sal no Brasil, com a maior proporção proveniente do estuário do Rio Mossoró. Outras atividades econômicas como a carcinicultura e a agricultura em pequena escala também são desenvolvidas no entorno do estuário, porém em proporção muito menor que a da indústria salineira.

Apesar da importância dessas atividades para o desenvolvimento econômico local e do país como um todo, as consequências negativas são bastante evidentes. O desmatamento histórico dos manguezais, ecossistema de extrema importância para a colonização de invertebrados e área de desova para vários peixes, e o despejo de lixo e de esgoto no estuário tem contribuído para a diminuição da diversidade biológica do estuário (Figura 4.2).



Foto Renato M. Rocha

Figura 4.2 Despejo do lixo nas proximidades do estuário. Atividade que ameaça a integridade do ecossistema.

Como consequência do longo histórico de exploração na área, os mangues foram submetidos a numerosos tipos e graus de impactos, e cobrem, atualmente, uma área substancialmente inferior à área original (PETTA *et al*, 2007).

Apesar das características únicas e da importância econômica, o estuário do Rio Mossoró tem recebido pouca atenção científica. Poucos estudos foram realizados no passado e, conseqüentemente, as características da flora e da fauna que existiam no estuário antes do início da exploração de sal são pouco conhecidas. No entanto, em menos de uma década, a redução no número de alguns organismos, principalmente dos peixes, ficou evidente (PETTA *et al*, 2007).

5 Material e Métodos

5.1 Desenhos amostrais

Amostragens mensais foram realizadas ao longo de dois anos consecutivos (Setembro de 2005 a Setembro de 2007) em doze pontos fixos de coleta (Figura 5.1).

Os pontos de 1 a 9 de amostragem abrangeram aproximadamente 25 km de extensão

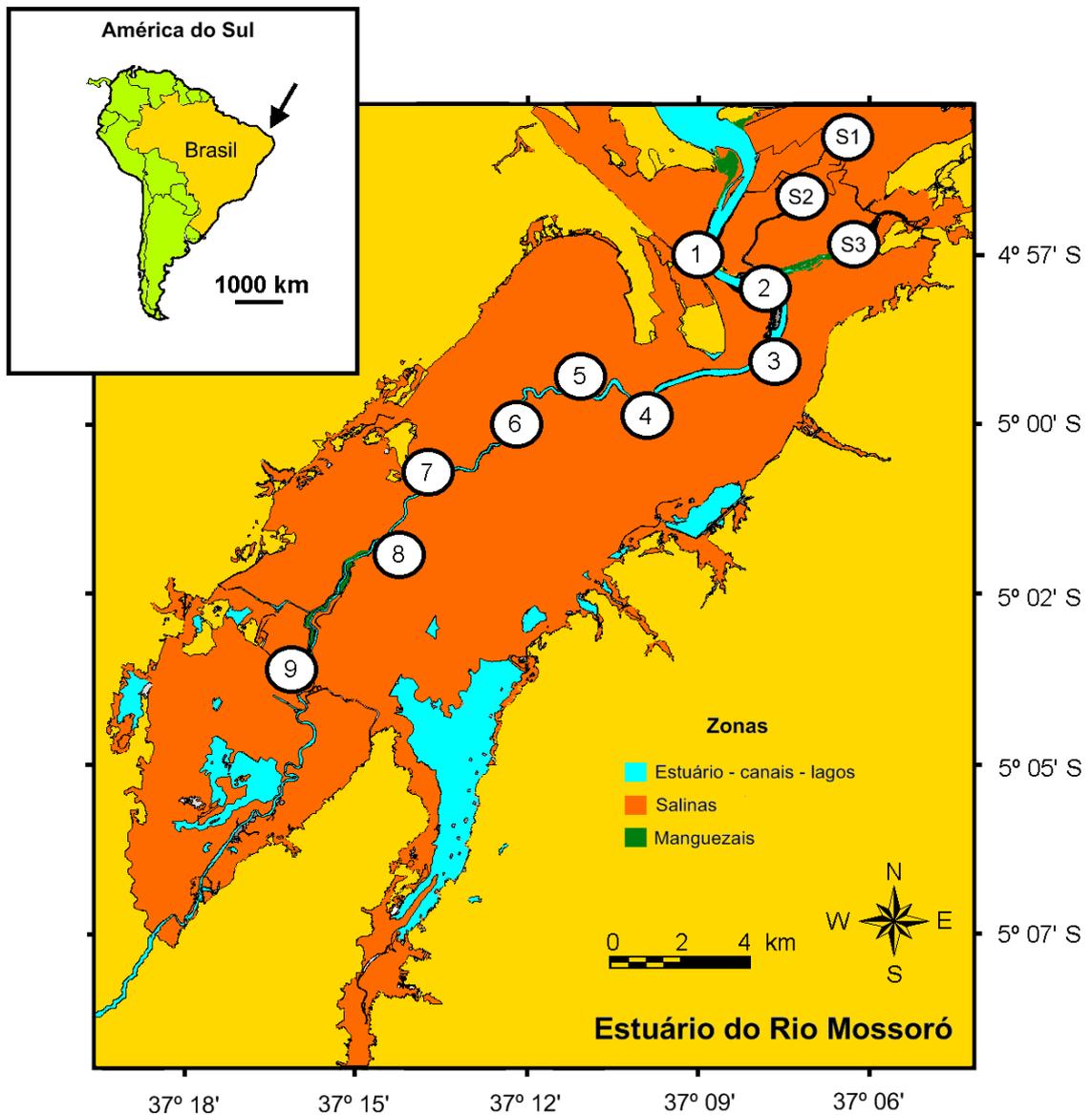


Figura 5.1 Localização geográfica e desenho amostral das estações de coleta no estuário do Rio Mossoró.

ao longo do estuário. As coletas nos pontos 10 a 12 foram feitas diretamente em três salinas, na porção inferior do estuário.

5.2 Amostragens do zooplâncton

As amostras de zooplâncton foram coletadas com uma rede de plâncton com malha de 60 μ m, onde 40 litros de água foram filtrados em cada ponto. A água utilizada na filtragem foi coletada na superfície de cada ponto no estuário (primeiros 50 cm de profundidade) de forma a padronizar erros referentes à estratificação vertical dos organismos. O volume de água filtrado foi calculado pelo produto da área da boca da rede e as profundidades de 7 a 10m, dependendo das amostras, do arrasto, assumindo 100% de eficiência de filtragem pela rede planctônica. Um total de 288 amostras foi coletado durante o período de amostragem.

Assim como já foi mencionado no parágrafo acima, as coletas foram realizadas por arrasto horizontal, em que foi medida a distância percorrida. Para a determinação do volume filtrado (V_f) foi utilizada a fórmula: $V_f = \pi \cdot r^2 \cdot h$ onde,

$$\pi = 3,14$$

r = raio da boca da rede

h = distância percorrida pela rede.

Imediatamente após as coletas, as amostras foram fixadas com formalina a 5% saturado com açúcar (HANEY e HALL, 1973). Foram tomadas três réplicas de cada amostra e a contagem dos organismos foi feita em uma câmara de Sedgwick Rafter com o uso de um microscópio óptico onde foram identificadas as espécies zooplanctônicas. A identificação taxonômica foi realizada através de literatura especializada (ELMOOR LOUREIRO, 1997; KOSTE, 1978; STEMBERG, 1979).

5.3 Parâmetros ecológicos

Cinco índices ecológicos refletindo a biodiversidade da comunidade zooplanctônica, descritos a seguir, foram calculados a partir dos dados analisados com base em SIMPSON (1949), HURLBERT (1971), PEET (1974), MAGURRAN (1988) e KREBS (1989). Os índices foram calculados utilizando o software Primer.

5.3.1 Riqueza (S): número exato de espécies identificadas em cada amostra, sendo sempre representada por um valor inteiro.

5.3.2 Índice de Shannon (H’): mede a imprecisão de prever a espécie à qual um indivíduo escolhido aleatoriamente pertence em uma amostra com S espécies e N indivíduos. Assim, valores altos indicam alta imprecisão, sugerindo alta diversidade na comunidade avaliada.

5.3.3 Índice de Simpson (D): mede a dominância de espécies na comunidade a partir do cálculo da probabilidade de dois indivíduos escolhidos aleatoriamente pertencerem à mesma espécie. Os resultados estão compreendidos entre 0 e 1 onde valores próximos de 0 indicam diversidade alta e baixa dominância.

5.3.4 Índice de Pielou: (J’): mede a equivalência numérica da comunidade, sendo assim uma medida de equitatividade.

5.3.5 Índice de Margalef (I): mede a diversidade da comunidade a partir da distribuição numérica dos indivíduos N das diferentes espécies S em função da totalidade de indivíduos na amostra. Valores altos indicam comunidades com maior diversidade.

5.3.6 Abundância (n): refere-se ao número total de indivíduos de cada espécie.

5.3.7 Abundância relativa (A%): se refere à contribuição do número de indivíduos de uma espécie com relação ao número total de indivíduos observados. É expressa em porcentagem e calculada a partir de:

$$A\%_y = \frac{n_y \times 100}{N}$$

onde:

A%_y = abundância relativa da espécie y

n_y = número de indivíduos da espécie y

N = número total de organismos nas amostras

5.3.8 Frequência de ocorrência (F%): se refere ao número de pontos contendo uma espécie com relação ao número total de pontos realizados. É expressa em porcentagem e calculada a partir de:

$$F\%_y = \frac{p_y \times 100}{P}$$

onde:

F%_y = frequência de ocorrência da espécie y

p_y = número de pontos contendo a espécie y

P = número total de pontos realizados

5.4 Categorias das espécies

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, três categorias refletindo a abundância das espécies foram adotadas para auxiliar as análises e estão descritas abaixo.

5.4.1 Espécies comuns (EC): espécies que apresentaram mais de 5000 indivíduos durante todo o período de amostragem.

5.4.2 Espécies ocasionais (EO): espécies que apresentaram entre 1000 e 5000 indivíduos durante todo o período de amostragem.

5.4.3 Espécies raras (ER): espécies que apresentaram menos que 1000 indivíduos durante todo o período de amostragem.

5.5 Amostragens de fatores hidrológicos e variáveis ambientais

Doze variáveis ambientais foram avaliadas nos mesmos pontos de amostragem do zooplâncton e estão descritas abaixo.

5.5.1 Pluviometria: os dados em milímetros (mm) foram fornecidos pelo Laboratório de Ecologia do Semi-Árido (LABESA, Natal, RN, Brasil) a partir de medidas tomadas em locais próximos aos pontos de amostragem.

5.5.2 Salinidade: medida utilizando refratômetro portátil (Fisher) e as unidades apresentadas em graus Baumé (°Bé).

5.5.3 Temperatura da água: utilizando termômetro digital, precisão de 0,1 e valores em graus Celsius (°C).

5.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH): medida utilizando um pHâmetro portátil (Hanna).

5.5.5 Transparência da água: calculada utilizando disco de Secchi com 30 cm de diâmetro e valores apresentados em centímetros (cm).

5.5.6 Oxigênio dissolvido: amostras foram coletadas e analisadas em laboratório a partir do método de Winkler. Os valores são apresentados em miligramas por litro (mg.L⁻¹).

5.5.7 Amônia, nitrito, nitrato e fósforo total: amostras de águas superficiais foram coletadas em garrafas de PVC previamente higienizadas com água deionizada e imediatamente preservados em recipientes com gelo para seu transporte ao laboratório, onde foram congeladas. Os nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fósforo total) foram analisados de acordo com RODIER (1975), MACKERETH *et al.*(1978) e APHA (1995). Os valores foram expressos em microgramas por litro (µg.L⁻¹).

5.5.8 Clorofila e feofitina: as concentrações de pigmentos foram determinadas espectrofotometricamente seguindo APHA (1995). Os valores são apresentados em microgramas por litro (µg.L⁻¹).

5.6. Análises estatísticas

As análises estatísticas descritas a seguir foram empregadas no presente estudo, utilizando os softwares STATISTICA e CANOCO e com base em SOKAL e ROHLF (1995). Devido ao fato dos dados não terem apresentado uma distribuição normal, como observado a partir dos testes W de ShapiroWilk, as análises empregadas foram do tipo não-paramétrica. Em todos os casos, as comparações só foram consideradas significativas utilizando-se um intervalo de confiança de no mínimo 95% (p<0,05).

5.6.1 Análise de variância de Friedman (ANOVA): empregado para avaliar diferenças sazonais nos valores das espécies zooplânctônicas e das variáveis ambientais.

5.6.2 Teste de Kruskal-Wallis (ANOVA): empregado para avaliar diferenças espaciais nos valores das espécies zooplanctônicas e das variáveis ambientais.

5.6.3 Teste U de Mann Whitney: empregado para comparar duas matrizes de dados (estação seca e estação chuvosa) a partir dos valores das espécies e das variáveis ambientais agrupados de acordo com as estações (seca: Janeiro a Julho e chuvosa: Fevereiro a Junho).

5.6.4 Análise de regressão múltipla *stepwise* (ARM): empregada para determinar a proporção da variância nos valores das espécies zooplanctônicas que podem ser atribuídos à variância nos valores das variáveis ambientais. Nos modelos de regressão duas matrizes de dados foram utilizadas. Os valores de zooplâncton (riqueza, abundância total e abundância das espécies isoladas) foram tratados como matriz de variáveis dependentes, enquanto as variáveis ambientais foram tratadas como matriz preditora ou independente. As espécies raras foram excluídas das análises. Além disso, a linearidade entre todas as variáveis e multicolinearidade entre as variáveis independentes foram testadas.

5.6.5 Análise de correspondência canônica (ACC): foram utilizadas duas matrizes (espécies e variáveis ambientais) com dados transformados em $\log(x+1)$. As espécies raras não foram excluídas, mas pesos menores foram atribuídos a essas espécies. A ordenação e associações resultantes dessa análise refletem primariamente as preferências das espécies pelos fatores ambientais, sendo uma das mais importantes ferramentas para extrair correlações sintéticas entre espécies e fatores ambientais. No diagrama de ordenamento as espécies são representadas por pontos e as variáveis ambientais por setas. O teste randômico de Monte Carlo (499 permutações sob o modelo reduzido) foi empregado para avaliar a probabilidade das correlações observadas não terem ocorrido ao acaso (ter BRAAK, 1986; ter BRAAK e SMILAUER, 1998).

6 Resultados

6.1 Composição e distribuição das espécies

Um total de 170.925 indivíduos distribuídos em 17 espécies de Rotifera (*Anuraeopsis fissa*, *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *B. caudatus*, *B. falcatus*, *B. leydigi*, *B. patulus*, *B. plicatilis*, *B. urceolaris*, *Epiphanes macrourus*, *Filinia longiseta*, *F. opoliensis*, *Hexarthra mira*, *Keratella cochlearis*, *K. tropica*, *K. valga* e *Polyarthra vulgaris*) e três de Cladocera (*Ceriodaphnia cornuta*, *Diaphanosoma spinulosum* e *Moina minuta*) foram coletados durante o período de estudo (Tabela 6.1).

As dez espécies mais abundantes representaram 97% de todos os indivíduos amostrados (Tabela 6.1). As dez espécies remanescentes totalizaram 3% dos indivíduos coletados.

De forma geral, nenhuma espécie apresentou alta frequência relativa (Tabela 6.1). As espécies mais frequentes, com mais de 10% de ocorrência foram, em ordem decrescente: *C. cornuta*, *B. plicatilis*, *B. urceolaris*, *E. macrourus* e *B. leydigi*.

6.2 Variação espacial e sazonal do zooplâncton

A riqueza de espécies cresceu significativamente do ponto 1 até o ponto 9, enquanto as três salinas mostraram valores semelhantes aos dos pontos inferiores (Figura 6.1).

Os demais índices (Margalef, Shannon e Simpson) também apresentaram variação significativa e mostraram um padrão semelhante à riqueza de espécies, embora menos acentuado. Os maiores valores dos índices ecológicos foram observados nos pontos superiores de coleta, particularmente entre os pontos 6 e 9. O índice de Pielou não apresentou variação espacial significativa.

A distribuição espacial das três categorias de espécies (espécies comuns 'EC', espécies ocasionais 'EO' e espécies raras 'ER') apresentou padrões semelhantes (Figuras 6.2, 6.3 e 6.4). A densidade de seis espécies apresentou variação espacial significativa, com picos de abundância entre os pontos 6 e 9 para os rotíferos e entre os pontos 3 e 4 para *C. cornuta*.

A abundância de todas as espécies de rotíferos agrupados mostrou uma variação espacial significativa com um claro aumento na densidade de indivíduos entre os pontos 5 e 9. No entanto, os valores de densidade de cladóceros não apresentaram variação espacial significativa (Figura 6.5).

Tabela 6.1 Abundancia total (n), abundância relativa (A%) e frequência relativa (F%) do zooplâncton coletados ao longo do estuário do Rio Mossoró.

Grupos/Espécies	n	A% (%)	F% (%)
Cladocera			
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> (Sars)	12.266	7,18	38,67
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> Herbst	284	0,17	2,67
<i>Moina minuta</i> Hansen	1457	0,85	9,33
Rotifera			
<i>Anuaeropsis fissa</i> (Gosse)	52	0,03	0,67
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	435	0,25	3,67
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	17.858	10,45	7,00
<i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Daday	1597	0,93	3,00
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias	1943	1,14	1,33
<i>Brachionus leydigi</i> (Rousselet)	16.747	9,8	10,67
<i>Brachionus patulus</i> (Müller)	438	0,26	2,33
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller	34.656	20,28	34,00
<i>Brachionus urceolaris</i> (Müller)	64.426	37,69	29,33
<i>Epiphanes macrourus</i> (Barrois & Daday)	9445	5,53	13,67
<i>Filinia longisetta</i> (Ehrenberg)	491	0,29	3,67
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias)	2268	1,33	0,67
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	2932	1,72	8,00
<i>Keratella tropica</i> (Apstein)	2848	1,67	8,67
<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg)	341	0,20	2,33
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	28	0,02	0,33
<i>Polyarthra vulgaris</i> Ehrenberg	413	0,24	0,67

6.3 Variação sazonal do zooplâncton

Diferenças sazonais significativas foram observadas nos valores de riqueza de espécies e dos índices de Margalef, Shannon e Simpson, com valores mais elevados durante os meses de chuva (Figura 6.6). O índice de Pielou não mostrou variação sazonal significativa.

Com apenas duas exceções, as espécies mostraram variação sazonal bastante significativa (Figuras 6.7, 6.8 e 6.9). Três espécies EC mostraram picos evidentes de abundância durante os meses chuvosos. Do mesmo modo, esses picos de abundância foram

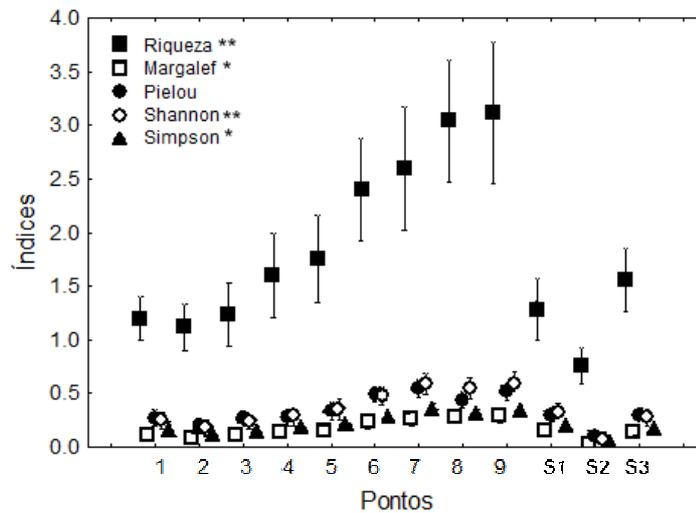


Figura 6.1 Média bianual (\pm EP) dos valores de cinco índices ecológicos do zooplâncton coletados em 12 pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: *significativo para $p < 0,05$ e ** significativo para $p < 0,001$.

observados para a maioria das espécies EO e ER, porém evidentes somente durante o segundo período chuvoso.

Os dados agrupados de rotíferos apresentaram variação sazonal significativa e com valores mais altos durante os meses chuvosos, enquanto os cladóceros apresentaram distribuição sazonal mais homogênea, não obstante, com picos significativos de abundância (Figura 6.10).

As comparações entre as duas estações (seca e chuvosa) também revelaram diferenças significativas nos valores de zooplâncton. Os valores de riqueza e os índices de Pielou, Shannon e Simpson foram significativamente maiores durante a estação chuvosa (Figura 6.11).

Apenas três espécies mostraram valores significativamente maiores durante a estação chuvosa e nenhuma apresentou valores maiores durante a estação seca (Figura 6.12).

Os valores de cladóceros também foram significativamente iguais nos dois períodos (Figura 6.13). Apesar disso, os valores de abundância de rotíferos e do total de indivíduos entre as duas estações foram bastante significativos, sendo mais de três ordens de magnitude maiores durante a estação chuvosa.

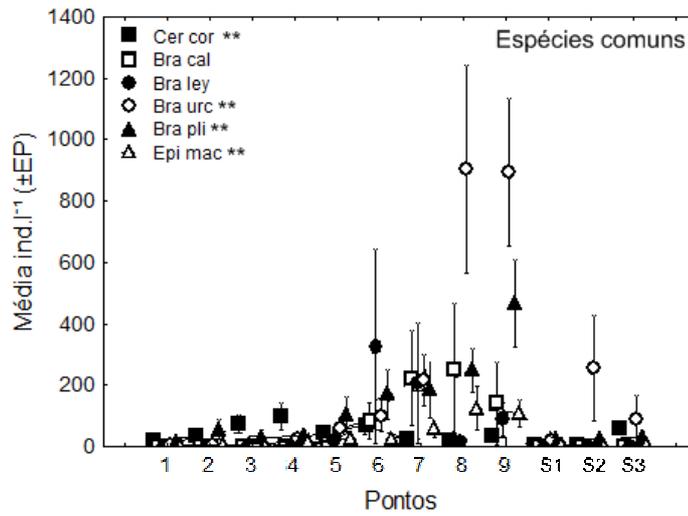


Figura 6.2 Média bianual (\pm EP) dos valores de abundância das espécies agrupadas na categoria das espécies comuns. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$.

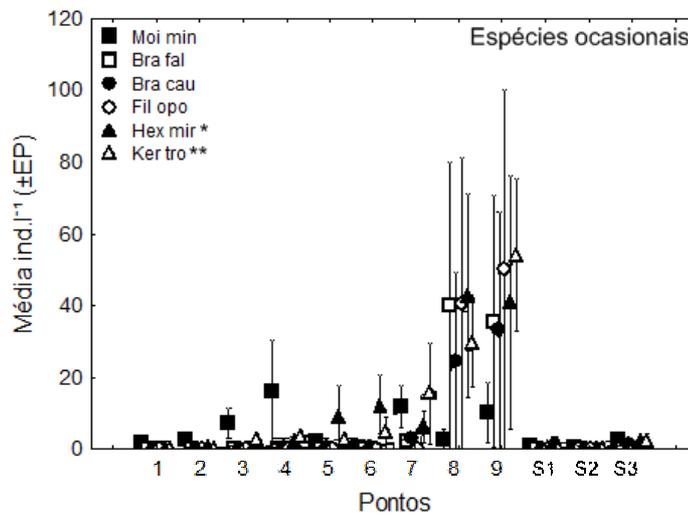


Figura 6.3 Média bianual (\pm EP) dos valores de abundância das espécies agrupadas na categoria das espécies ocasionais. Teste ANOVA KW, resultados: * significativo para $p < 0,05$ e ** significativo para $p < 0,001$.

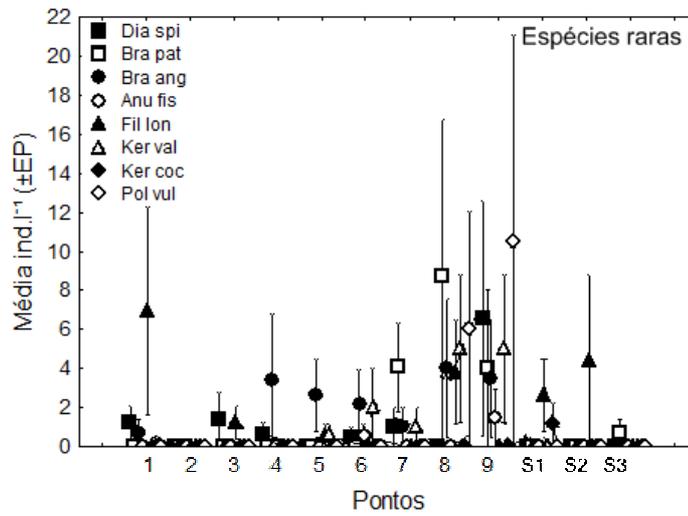


Figura 6.4 Média bianual (\pm EP) dos valores de abundância das espécies agrupadas na categoria das espécies raras.

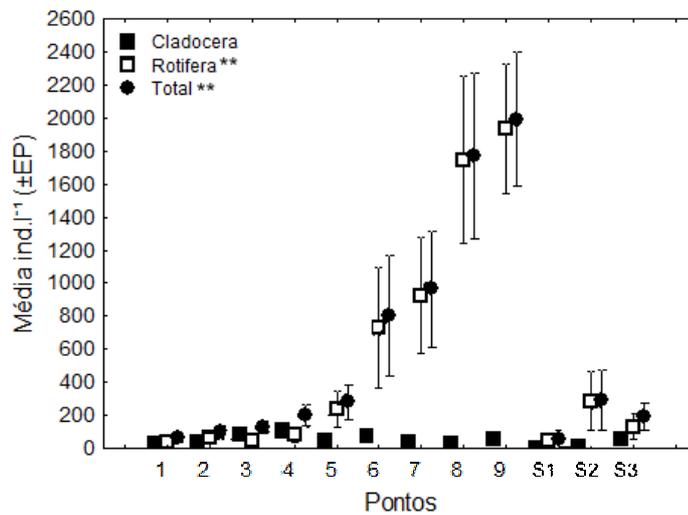


Figura 6.5 Média bianual (\pm EP) dos valores de abundância do zooplâncton coletado em 12 pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$.

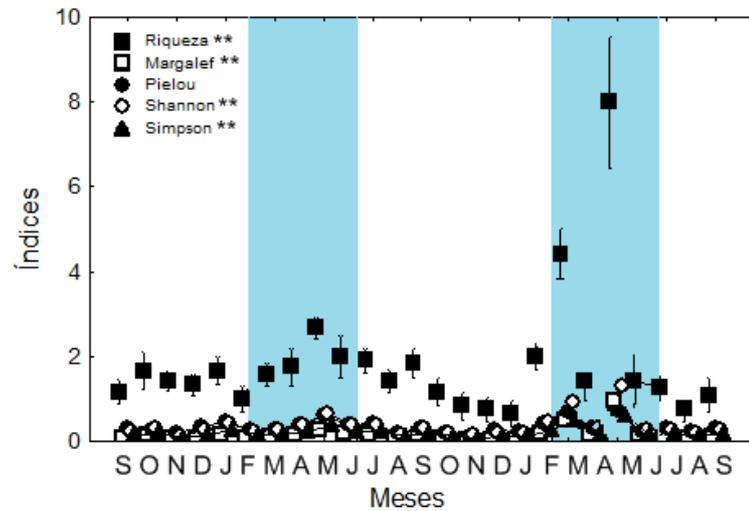


Figura 6.6 Média bianual (\pm EP) dos valores de cinco índices ecológicos do zooplâncton amostrados durante dois anos ao longo do estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

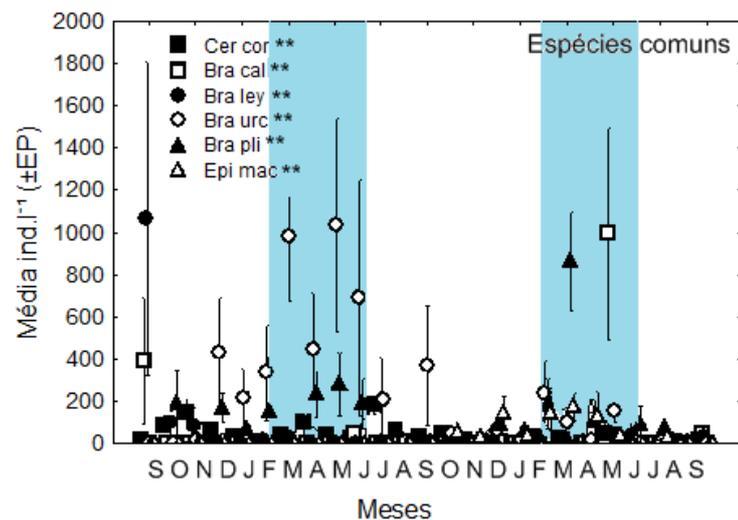


Figura 6.7 Média bianual (\pm EP) dos valores das espécies zooplantônicas na categoria das espécies comuns distribuídas ao longo de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

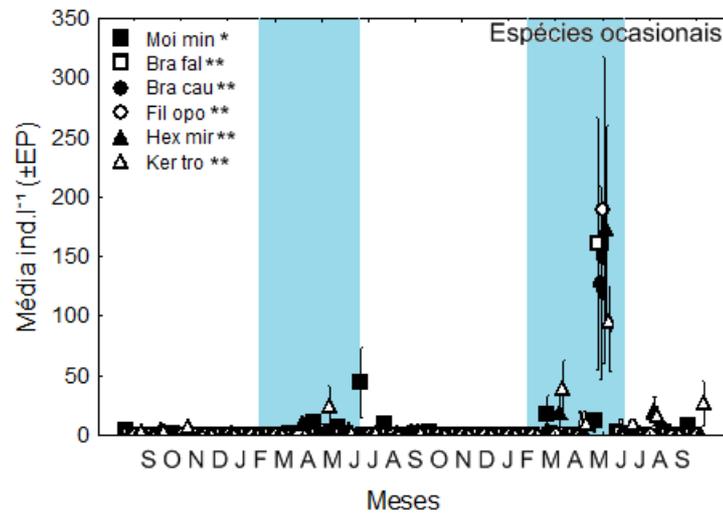


Figura 6.8 Média bianual (\pm EP) dos valores das espécies zooplancônicas na categoria das espécies ocasionais distribuídas ao longo de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: * significativo para $p < 0,05$ e ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

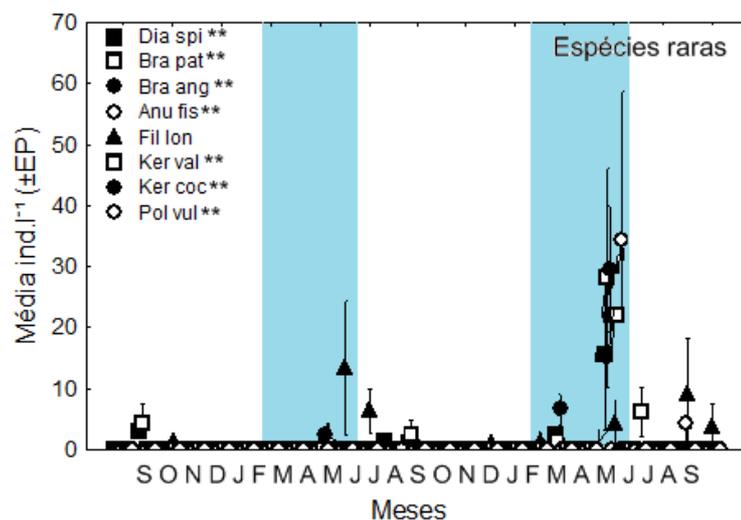


Figura 6.9 Média bianual (\pm EP) dos valores das espécies zooplancônicas na categoria das espécies raras distribuídas ao longo de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

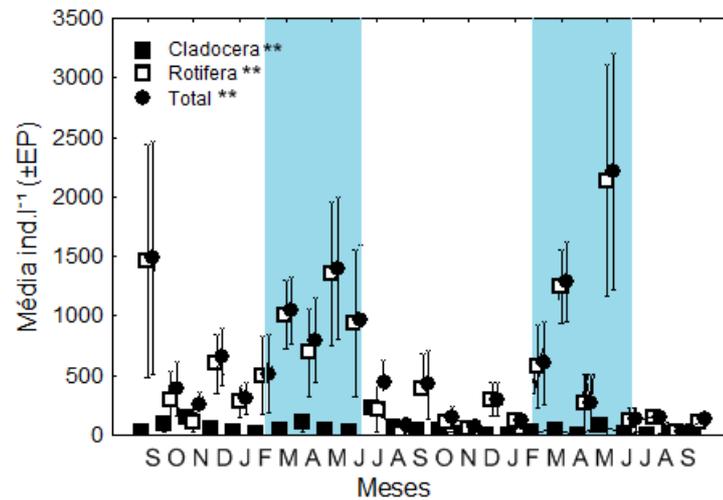


Figura 6.10 Média bianual (\pm EP) da abundância do zooplâncton coletados em 12 pontos no período de dois anos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

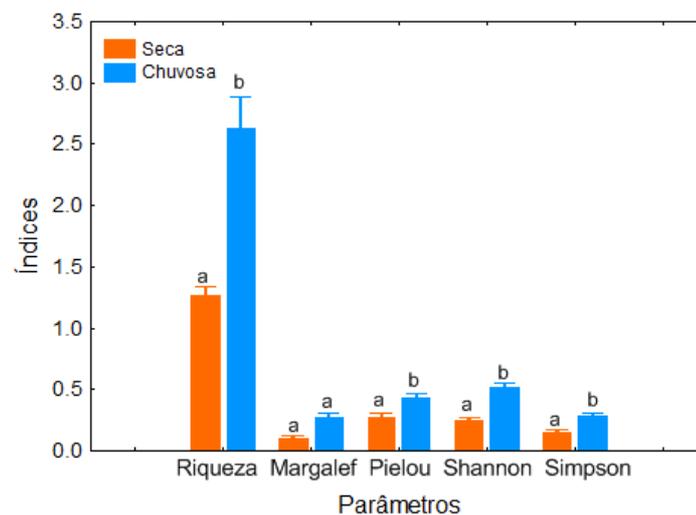


Figura 6.11 Média bianual (\pm EP) das variações sazonais entre as estações seca e chuvosa dos cinco índices ecológicos ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

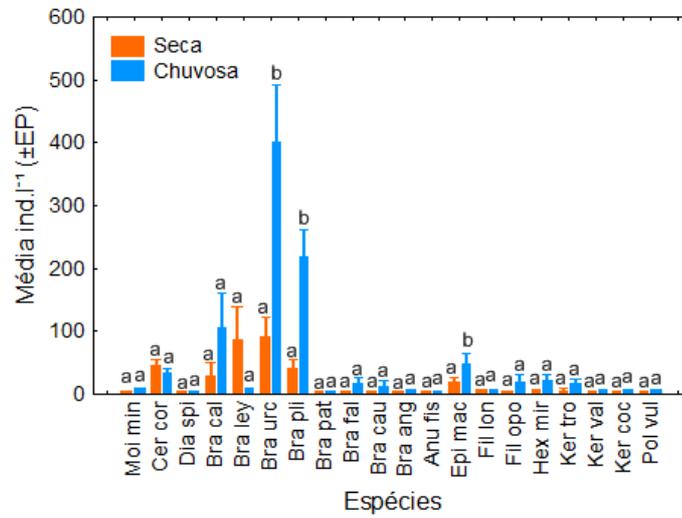


Figura 6.12 Média bianual (\pm EP) dos valores de abundância de 20 espécies do zooplâncton por pontos de amostragem e entre as estações seca e chuvosa no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

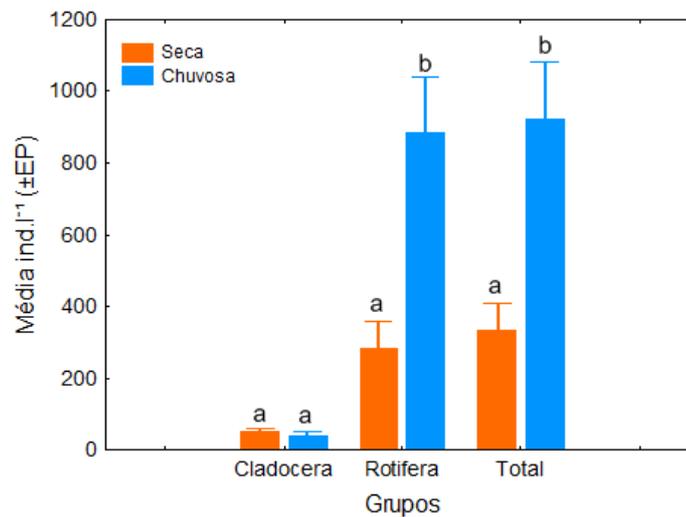


Figura 6.13 Média bianual (\pm EP) dos valores de abundância do zooplâncton entre as estações seca e chuvosa no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

Adicionalmente, os testes identificaram diferenças significativas nos valores de riqueza em 4 pontos de amostragem (Figura 6.14) e nos valores de abundância total em dois pontos, embora todos os pontos de amostragem apresentaram valores de riqueza e abundância sempre maiores durante o período chuvoso (Figura 6.15).

6.4 Variação espacial e sazonal das variáveis ambientais

Não foi observada variação espacial significativa para os valores de pluviometria (Figura 6.16), mas os valores variaram consideravelmente na escala sazonal (Figura 6.17).

Os valores de salinidade aumentaram significativamente entre os pontos 1 e 9, mostrando valores relativamente elevados nas salinas S2 e S3 (Figura 6.18). Além disso, os valores foram significativamente menores durante os meses de chuva (Figura 6.19) e na comparação entre os dois períodos, menor no período chuvoso (Figura 6.20).

Os valores de temperatura da água aumentaram significativamente entre os pontos 1 e 9 (Figura 6.21), e uma tendência para maiores valores durante as estações chuvosas foi observada (Figuras 6.20 e 6.22).

Não foram observadas diferenças espaciais significativas entre os valores de pH (Figura 6.23), enquanto que as variações sazonais foram significativas (Figuras 6.20 e 6.24).

Os valores de transparência diminuíram significativamente entre os pontos 1 e 9 (Figura 6.25) e, apesar de terem apresentado variação significativa na comparação entre os meses (Figura 6.26), não demonstraram diferenças significativas na comparação entre os períodos seca e chuvosa (Figura 6.20).

Apesar das variações espaciais (Figura 6.27) e sazonais (Figuras 6.20 e 6.28) significativas observadas para os valores de oxigênio, os padrões de distribuição dessa variável não foram evidentes, com pequena tendência para valores maiores durante a estação seca.

Valores elevados de nutrientes, particularmente fósforo total, foram observados ao longo do estudo. Apenas os valores de nitrito mostraram variação espacial significativa (Figura 6.29), com aumento entre os pontos 1 e 9 e valores relativamente baixos nas salinas.

Com relação às variações sazonais, todos os nutrientes mostraram flutuações significativas, com tendência para valores mais elevados durante a estação chuvosa (Figuras 6.30 e 6.31).

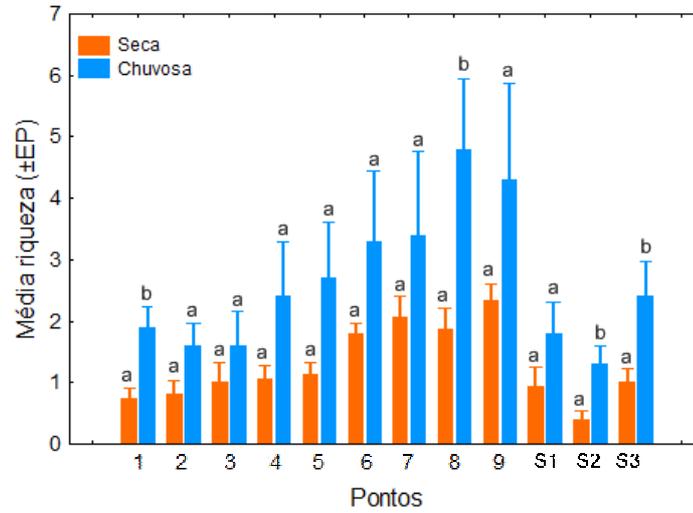


Figura 6.14 Média bianual (\pm EP) da riqueza do zooplâncton entre as estações seca e chuvosa ao longo dos doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças *significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

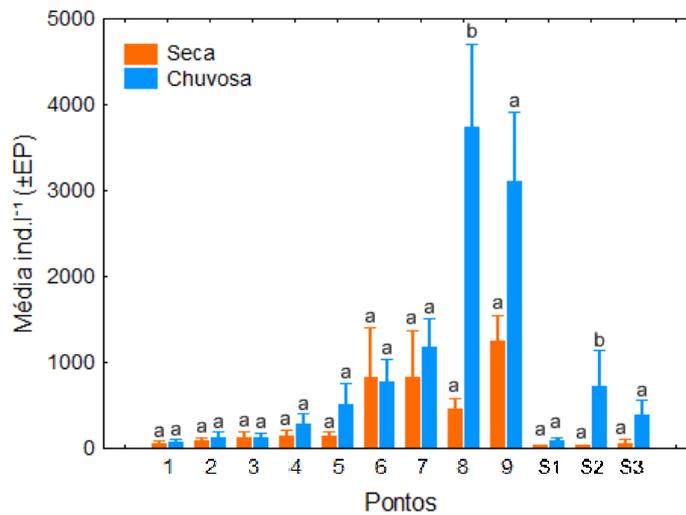


Figura 6.15 Média bianual (\pm EP) da abundância do zooplâncton entre as estações seca e chuvosa ao longo dos doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

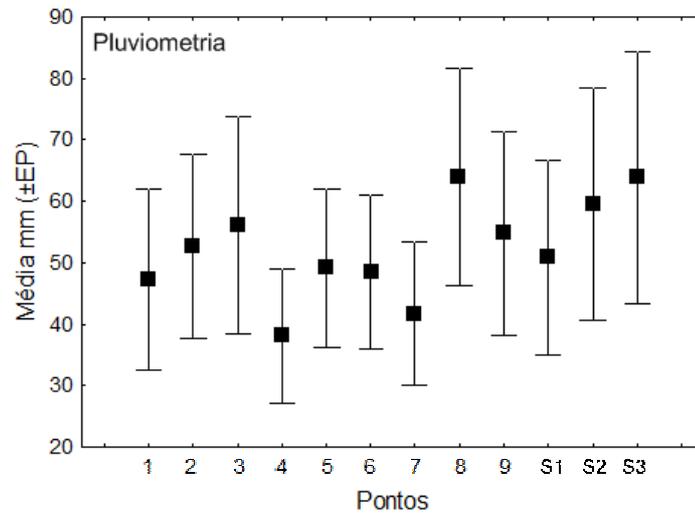


Figura 6.16 Média bianual (\pm EP) da precipitação pluviométrica medida ao longo de doze pontos no estuário do Rio Mossoró.

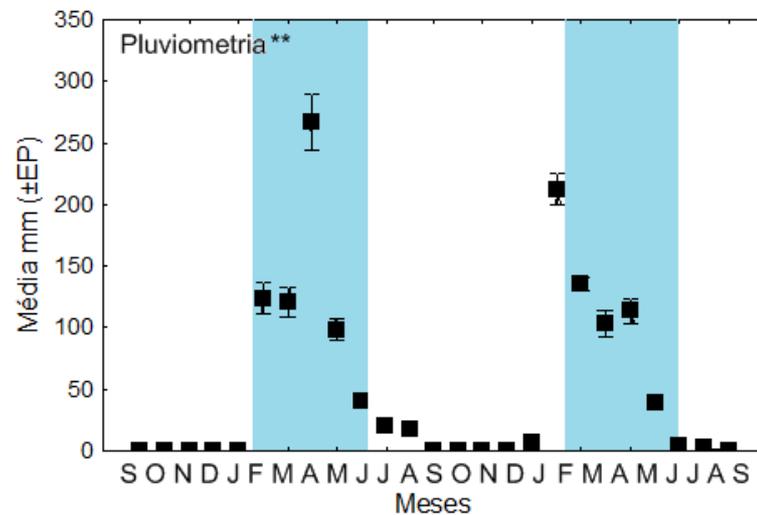


Figura 6.17 Média bianual (\pm EP) da precipitação pluviométrica medida ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

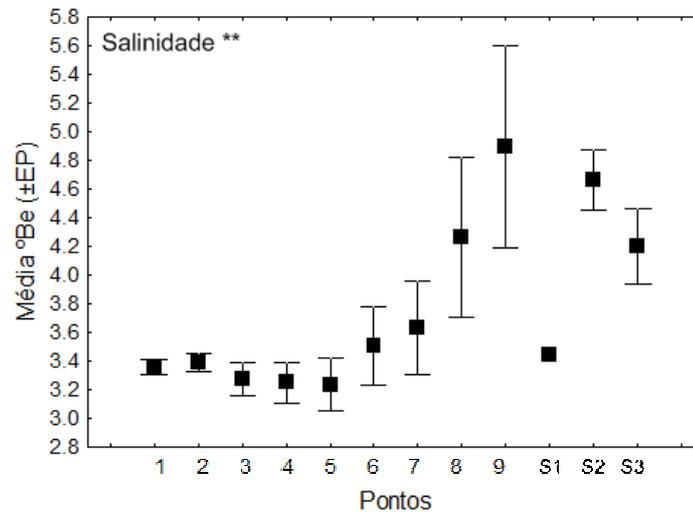


Figura 6.18 Média bianual (\pm EP) da salinidade coletadas ao longo de doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$.

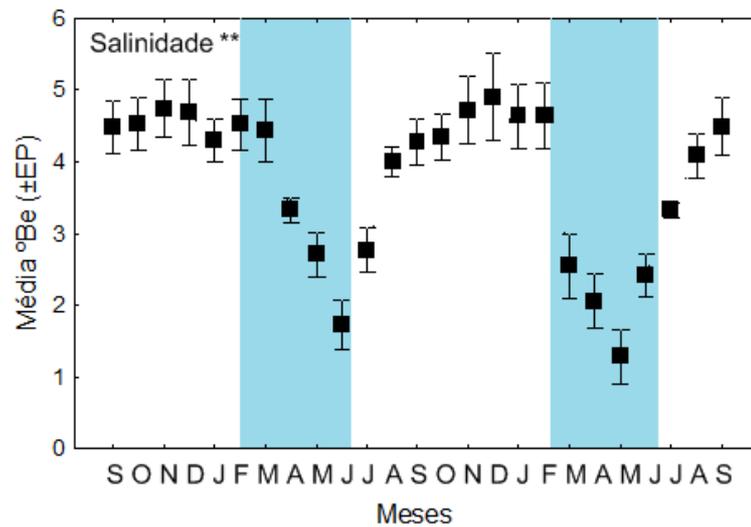


Figura 6.19 Média bianual (\pm EP) da salinidade ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

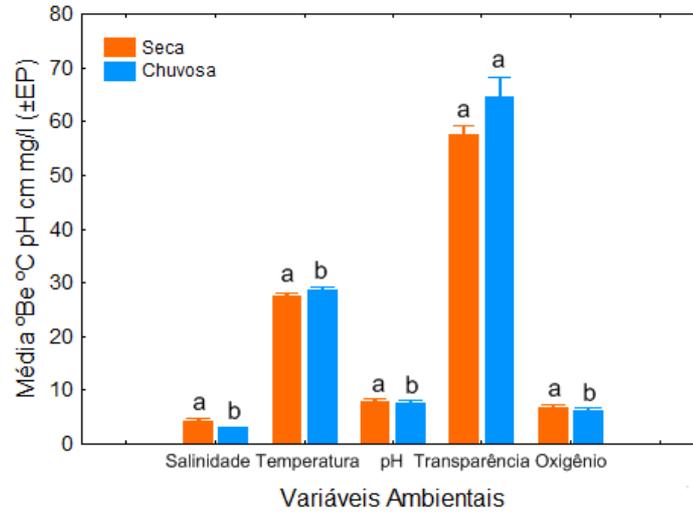


Figura 6.20 Média bianual (\pm EP) dos valores de cinco variáveis ambientais entre as estações seca e chuvosa ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

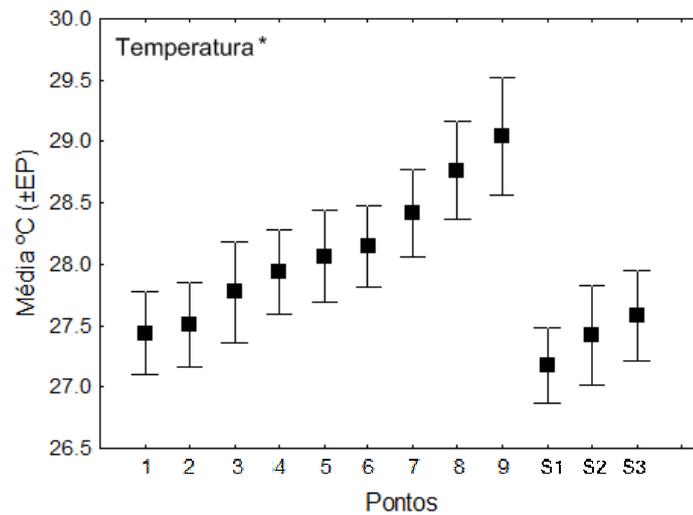


Figura 6.21 Média bianual (\pm EP) da temperatura coletadas ao longo de doze pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW. Resultados: *significativo para $p < 0,05$.

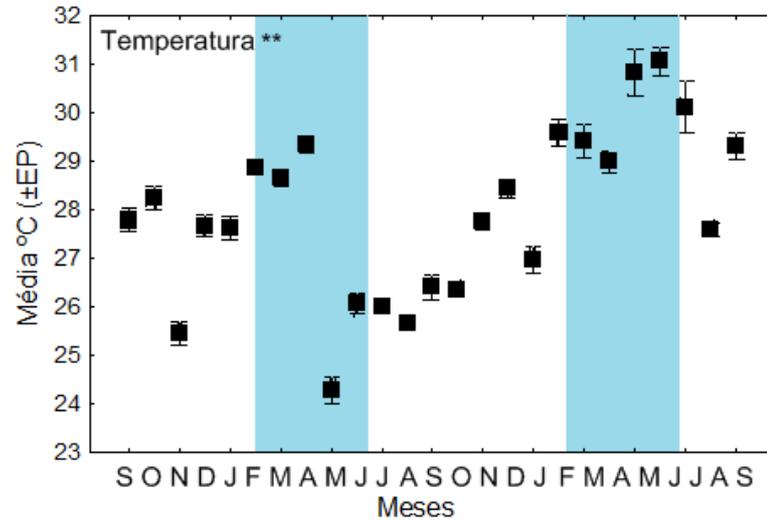


Figura 6.22 Média bianual (\pm EP) da temperatura ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

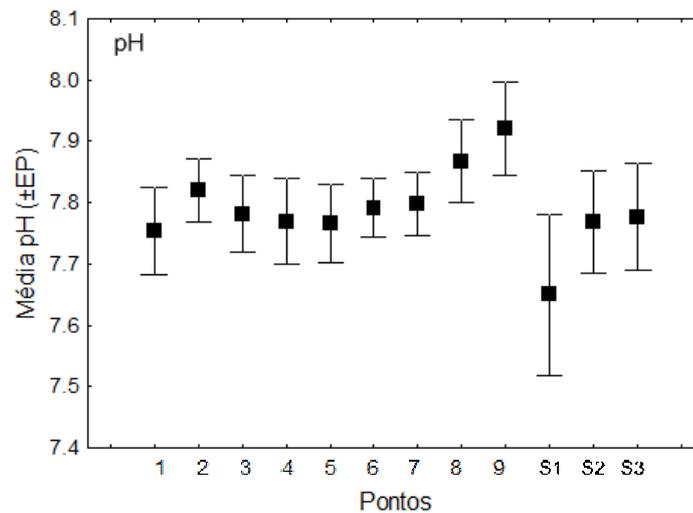


Figura 6.23 Média bianual (\pm EP) dos valores de pH em doze pontos no estuário do Rio Mossoró.

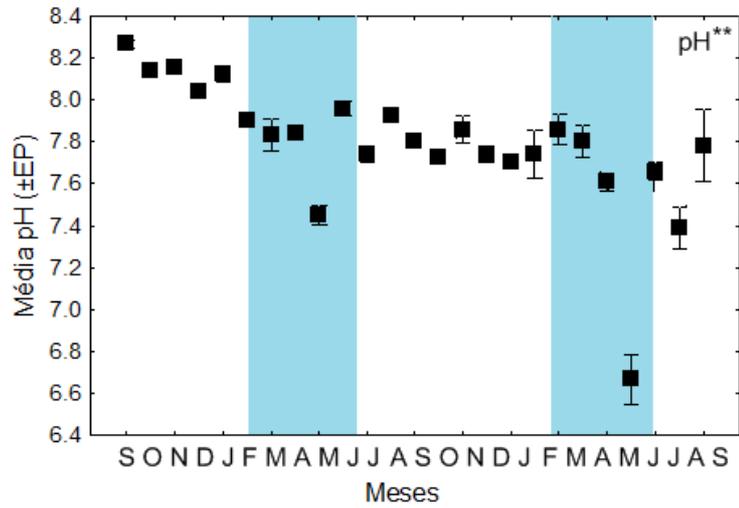


Figura 6.24 Média bianual (\pm EP) do pH ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman. Resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

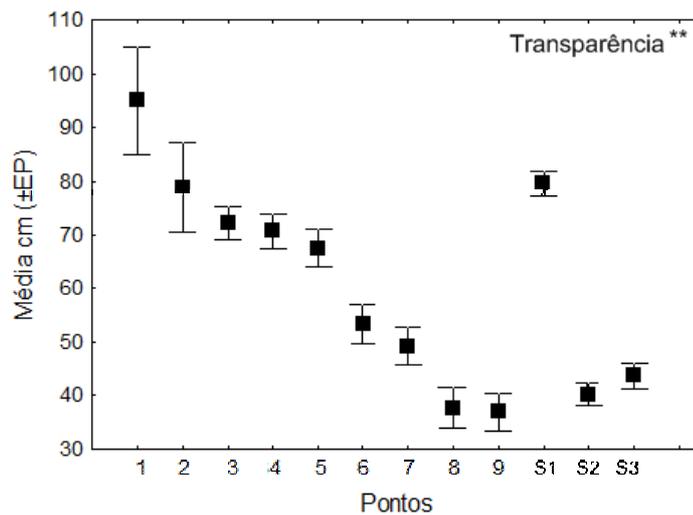


Figura 6.25 Média bianual (\pm EP) da transparência coletadas ao longo de doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$.

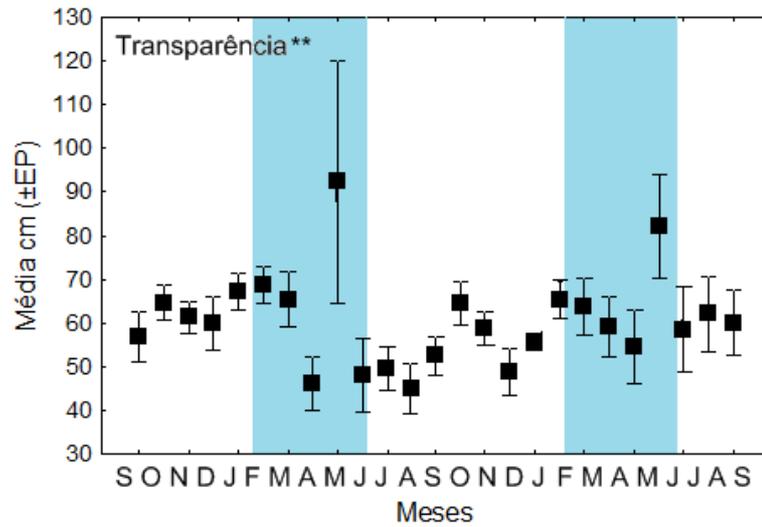


Figura 6.26 Média bianual (\pm EP) da transparência ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

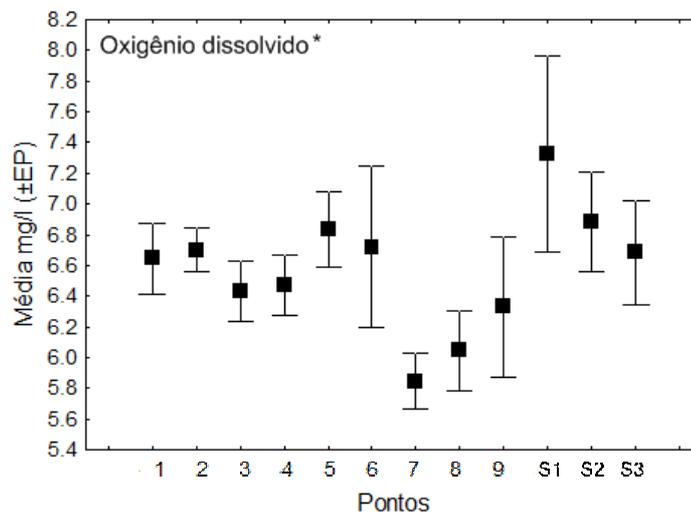


Figura 6.27 Média bianual (\pm EP) dos valores de oxigênio dissolvido coletados em doze pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: *significativo para $p < 0,05$.

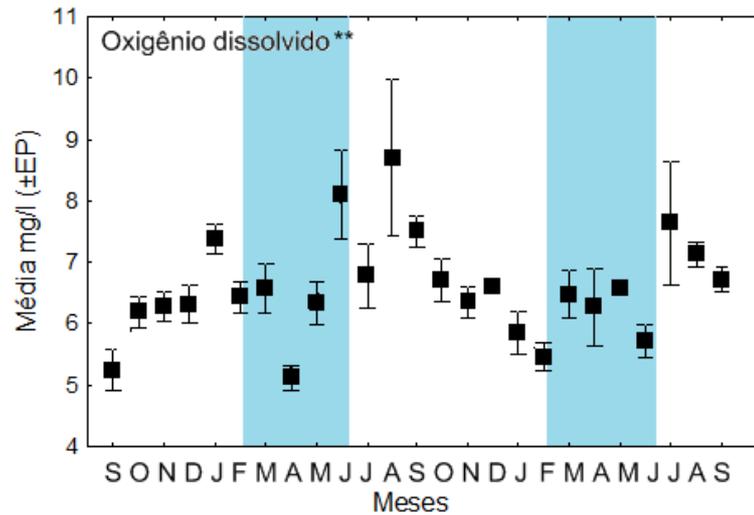


Figura 6.28 Média bianual ($\pm EP$) dos valores de oxigênio dissolvido coletados ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

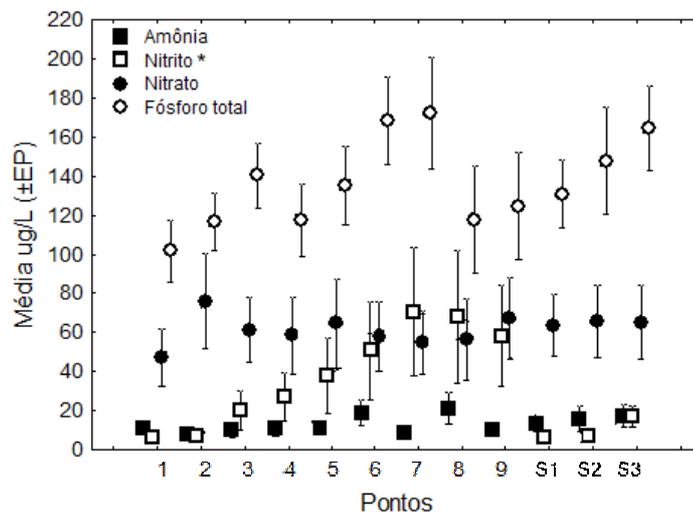


Figura 6.29 Média bianual ($\pm EP$) dos nutrientes coletadas ao longo de doze pontos de coleta no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: *significativo para $p < 0,05$.

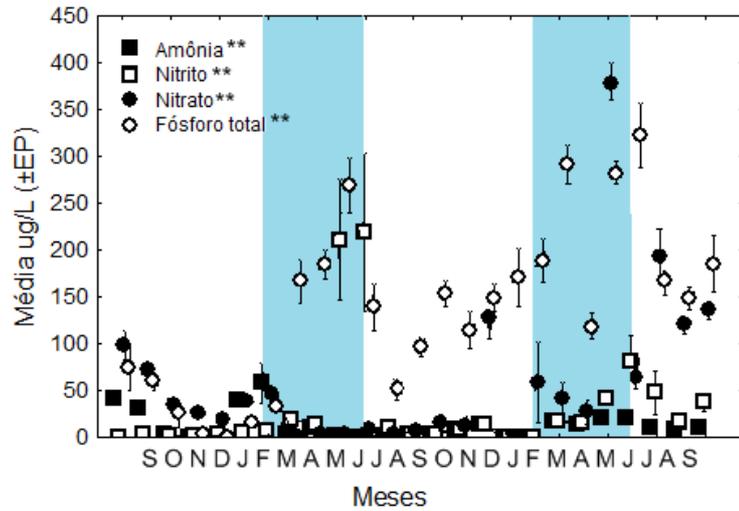


Figura 6.30 Média bianual (\pm EP) dos valores dos nutrientes ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

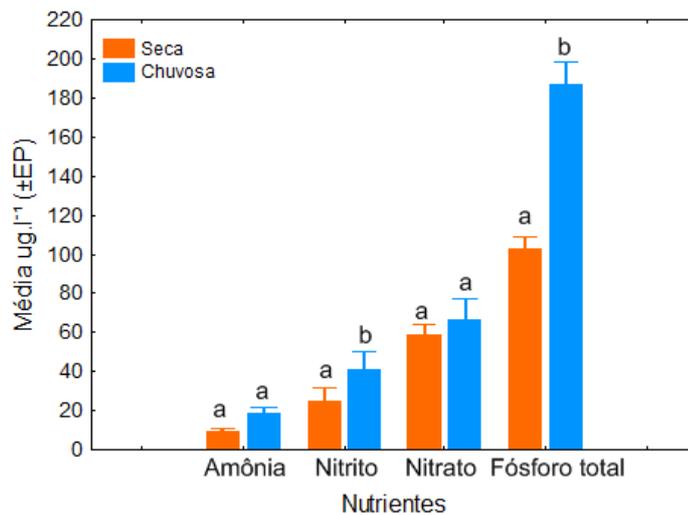


Figura 6.31 Média bianual (\pm EP) dos valores de cinco nutrientes entre as estações seca e chuvosa ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

Os valores de clorofila e feofitina aumentaram significativamente entre os pontos 1 e 9 e mostraram valores relativamente elevados nas salinas (Figura 6.32).

Variações sazonais dos pigmentos também foram observadas, com tendência para valores mais altos durante a estação chuvosa (Figuras 6.33). Apesar dos valores agrupados das duas variáveis nas estações seca e chuvosa terem sido duas ordens de magnitude maiores durante a estação chuvosa, as comparações entre as estações não apresentaram significância (Figura 6.34).

6.5 Associações do zooplâncton com as variáveis ambientais

Diversos fatores influenciaram significativamente nos valores de zooplâncton. De acordo com os modelos de regressão, a variância na riqueza de espécies foi atribuída à relação negativa com salinidade (25% da variância explicada) e transparência (15%), e à relação positiva com nitrato (26%) e pH (14%). A variância na abundância total foi atribuída a uma relação negativa com pH (18%) e uma relação positiva com transparência (18%) e amônia (14%). Além disso, amônia, salinidade, temperatura, transparência, pH e fósforo total foram os maiores preditores dos valores de abundância das espécies (Tabela 6.2).

Os valores do teste randômico de Monte Carlo foram significativos (teste de significância de todos os eixos canônicos: traço = 0,57; razão F = 3,63; $p < 0,01$). A análise de correspondência canônica mostrou resultados relativamente mais consistentes que os da análise de regressão múltipla. Os eixos 1 e 2 foram responsáveis, cumulativamente, por 63.6% da variância total, com correlações entre os valores de zooplâncton e as variáveis ambientais de 0.71 (eixo 1) e 0.50 (eixo 2). Três zonas puderam ser distinguidas na ordenação dos dados. Na primeira zona, nitrato foi a variável mais importante seguida por fósforo total. As espécies que se distribuíram próximo dessa zona (*F. opoliensis*, *P. vulgaris*, *B. falcatus*, *K. valga*, *B. angularis*, *B. caudatus*, *B. calyciflorus*, *B. patulus*, *D. spinulosum*, *H. mira*, *K. tropica* e *B. leydigi*) mostraram uma forte correlação positiva com nitrato e entre elas, e uma correlação negativa com salinidade e transparência. As outras duas zonas mostraram correlações mais fracas. Na segunda zona, transparência foi o fator mais importante e as espécies aí localizadas foram *K. cochlearis*, *C. cornuta*, *M. minuta* e *F. longiseta*. Na terceira zona, pluviometria, seguida de clorofila e feofitina foram as variáveis mais importantes e as espécies distribuídas próximas à essa zona foram *A. fissa*, *E. macrourus*, *B. urceolaris* e *B. plicatilis* (Figura 6.35).

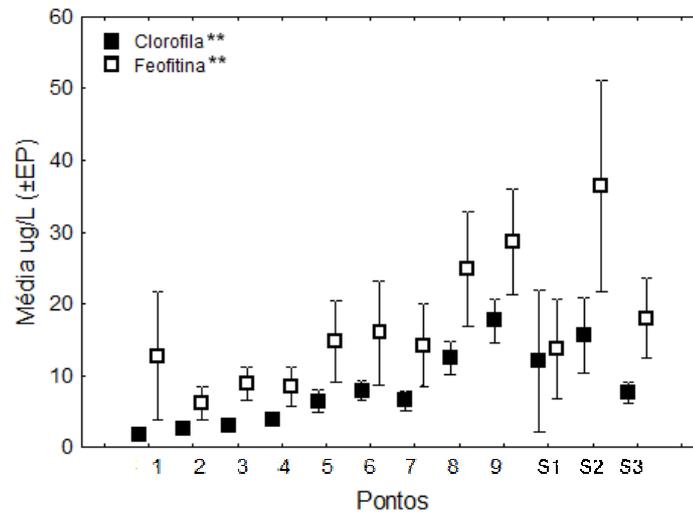


Figura 6.32 Média bianual (\pm EP) dos valores dos pigmentos (clorofila e feofitina) em doze pontos no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA KW, resultados: ** significativo para $p < 0,001$.

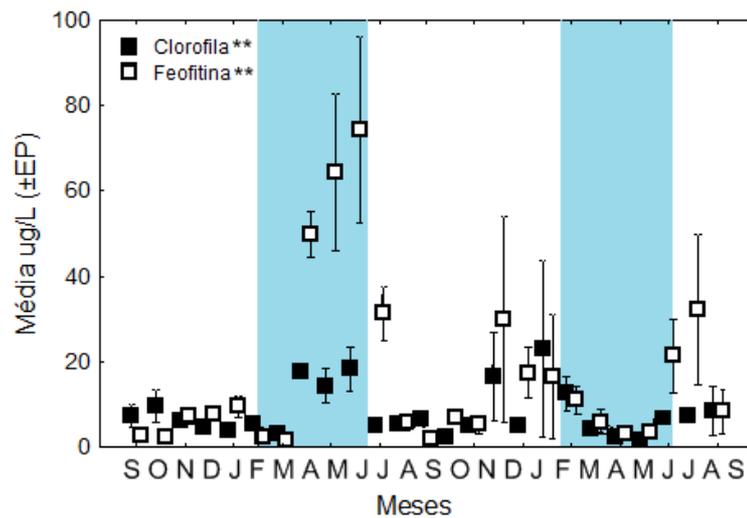


Figura 6.33 Média bianual (\pm EP) dos valores dos pigmentos (clorofila e feofitina) ao longo dos meses no estuário do Rio Mossoró. Teste ANOVA Friedman, resultados: ** significativo para $p < 0,001$. As áreas sombreadas representam o período chuvoso.

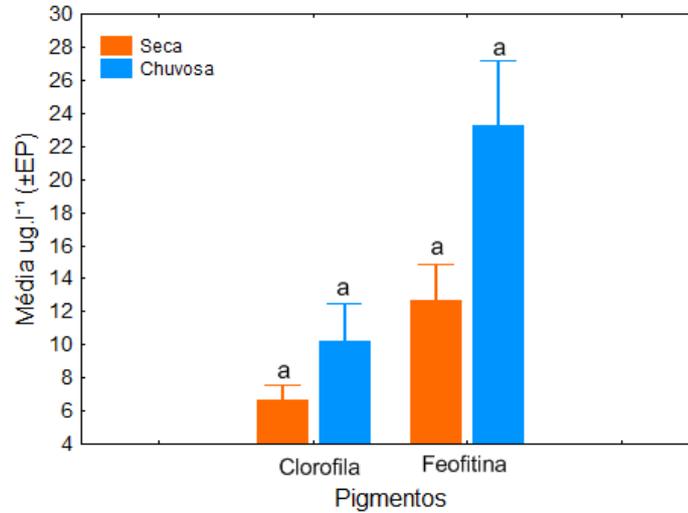


Figura 6.34 Média bianual (\pm EP) dos valores dos pigmentos (clorofila e feofitina) entre as estações seca e chuvosa ao longo do estuário do Rio Mossoró. Letras diferentes acima de cada par de barras indicam diferenças *significativas para $p < 0,05$. Teste U de MW.

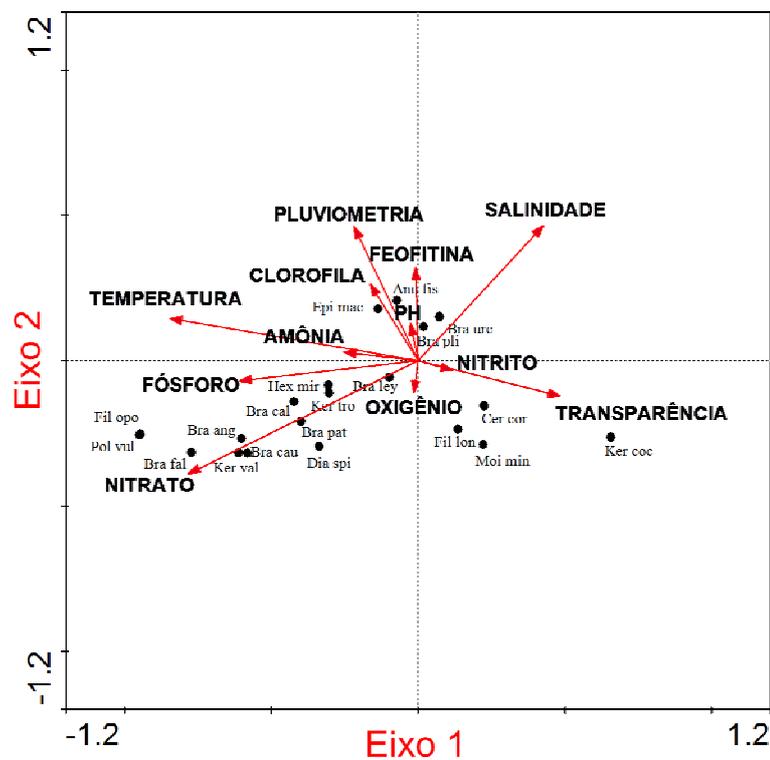


Figura 6.35 Biplotagem das 20 espécies zooplancônicas (pontos) e das 12 variáveis ambientais (setas) coletadas em 12 pontos permanentes de amostragem durante um período de dois anos ao longo do estuário do Rio Mossoró.

Tabela 6.2 Análises de regressão múltipla entre os valores do zooplâncton (variáveis dependentes) e as variáveis ambientais (preditores) coletados em 12 pontos permanentes em um período de dois anos ao longo do estuário do Rio Mossoró.

Variáveis dependentes*	Regressão				Preditores** (contribuição para o total R ²)											
	F	gl	P	R ²	S	T	pH	Tr	O	A	Ni	Na	Pt	C	Feo	Pl
Bra cal EC	4,54	12.287	<0,001	0,16	-0,18	–	–	–	–	–	–	0,21	–	–	–	–
Bra urc EC	3,79	12.287	<0,001	0,14	–	–	–	-0,16	–	0,18	–	–	–	–	0,19	0,19
Bra pli EC	5,96	12.287	<0,001	0,20	–	0,25	0,25	–	–	–	–	-0,24	0,22	–	–	–
Epi mac EC	3,38	12.287	<0,001	0,12	0,17	0,27	0,18	–	–	–	–	–	0,18	–	–	–
Bra fal EO	3,56	12.287	<0,001	0,13	-0,18	–	–	–	–	–	–	0,16	–	–	–	–
Bra cau EO	3,78	12.287	<0,001	0,14	-0,18	–	–	–	–	–	–	-0,18	–	–	–	–
Fil opo EO	3,42	12.287	<0,001	0,13	-0,17	–	–	–	–	–	–	0,17	–	–	–	–
Hex mir EO	6,99	12.287	<0,001	0,23	-0,23	0,14	–	–	–	–	–	0,26	–	–	–	–
Ker tro EO	9,28	12.287	<0,001	0,28	-0,31	0,20	–	-0,17	–	–	–	0,18	–	0,15	–	–
Riqueza	9,94	12.287	<0,001	0,29	-0,26	–	0,14	-0,15	–	–	–	0,26	–	–	–	0,16
Abundância	5,08	12.287	<0,001	0,18	–	–	-0,18	0,18	–	0,14	–	–	–	–	–	–

*EC: espécies comuns; EO: espécies ocasionais; ER: espécies raras. Bra cal: *Brachionus calyciflorus*; Bra urc: *B. urceolaris*; Bra pli: *B. plicatilis*; Epi Mac: *Epiphanes macrourus*; Bra fal: *B. falcatus*; Bra cau: *B. caudatus*; Fil opo: *Filinia opoliensis*; Hex mir: *Hexarthra mira*; Ker tro: *Keratella tropica*.**S: salinidade; T: temperatura; Tr: transparência da água; O: oxigênio; A: amônia; Ni: nitrito; Na: nitrato; Pt: fósforo total; C: clorofila; Feo: Feofitina; Pl: pluviometria.

7 Discussão

A riqueza do zooplâncton (Rotifera e Cladocera) no estuário do Rio Mossoró foi bastante reduzida comparativamente a outros ambientes marinhos e terrestres tropicais. Por exemplo, durante uma amostragem anual em duas lagoas rasas de água doce, NEVES *et al.*, (2003) identificaram 79 espécies de rotíferos e 30 de cladóceros. Além disso, ROUGIER *et al.*, (2005) encontraram cerca de 100 espécies de rotíferos estudando um estuário na Guiana Francesa. No entanto, LANSAC- TÔHA e LIMA (1993) estudando a Ecologia do Zooplâncton do estuário do rio Una do Prelado em São Paulo, coletaram mensalmente durante um ano e detectaram menor riqueza zooplanctônica comparado ao presente estudo. Os resultados aqui apresentados são coerentes com outras avaliações de comunidade zooplanctônica em estuários, onde a riqueza de espécies tende a ser comparativamente inferior que nos ambientes de água doce e marinho (ver MEDEIROS e BJORNBERG, 1978; HAMMER, 1986). Além disso, uma elevada discrepância entre as espécies foi observada, com apenas dez espécies agrupando 97% de todos os indivíduos amostrados.

A baixa riqueza e a alta dominância observadas no presente estudo são o reflexo das condições inóspitas oferecidas pelo estuário do Rio Mossoró, pelos elevados níveis de concentração de sal, que funcionam como obstáculos para as espécies e, conseqüentemente, têm o potencial de restringir a riqueza de espécies do zooplâncton que reside no estuário. Como conseqüência, apenas indivíduos extremófilos capazes de tolerar estas condições extremas conseguem habitar o estuário com sucesso. Assim, a riqueza de espécies tende a ser inferior nos ambientes hipersalinos e com condições inóspitas (TOUMI *et al.*, 2005).

Quanto maiores forem as concentrações de sal no ambiente, mais intrincados serão os mecanismos necessários para controlar a pressão osmótica causada nessas águas (HAMMER, 1993; DERRY *et al.*, 2003; TOUMI *et al.*, 2005). Muitos estudos têm detectado relações negativas entre o zooplâncton e salinidade (e.g. PRADO-POR e LANSAC-TÔHA, 1984; HAMMER, 1986, LANSAC-TÔHA e LIMA, 1993; DERRY *et al.*, 2003; TOUMI *et al.*, 2005), sugerindo uma alta ocorrência dessas relações. DERRY *et al.* (2003) estudando lagos salinos temperados discerniu padrões na composição da comunidade em diferentes gradientes de concentração de sal. Nos estuários tropicais do Brasil, resultados semelhantes acerca da distribuição das espécies ao longo de um gradiente horizontal de salinidade também foram observados (PRADO-POR e LANSAC-TÔHA, 1984; LANSAC-TÔHA e LIMA, 1993). Todos esses autores mostraram que as áreas com maior salinidade foram as que apresentaram menores números de espécies.

A análise da distribuição das espécies no presente estudo mostrou que houve presença esporádica em ambas as escalas, espaciais e temporais. Este achado é relativamente comum nas avaliações de distribuição de zooplâncton (HAMMER, 1986) e houve tendência para as comunidades do presente estudo formarem agregações multiespecíficas agregadas.

Adicionalmente, a riqueza de espécies e a abundância dos indivíduos na escala espacial aumentaram do ponto um ao ponto nove de coleta. Essa observação gera uma aparente contradição acerca da relação negativa observada entre o zooplâncton e a salinidade, visto que a concentração de sal também aumentou entre os pontos de amostragem um e nove. No entanto, a riqueza e a abundância foram mais elevadas somente durante as estações chuvosas, quando a concentração de sal nesse caso, foi diminuída substancialmente pela entrada adicional de água doce da chuva no estuário.

Essa explicação sozinha elucida apenas a aparente contradição observada entre os valores maiores de riqueza e abundância nos pontos mais salinos, porém, não esclarece o motivo dos valores de riqueza e abundância terem sido baixos nos pontos menos salinos. A flutuação nos valores de salinidade foi bastante elevada nos pontos superiores de amostragem e uma flutuação correspondente nos valores de riqueza e de abundância das espécies também foi observado nesses pontos. Esse fator pode estar relacionado evidentemente ao fato do estuário ser negativo. Ao contrário, nos pontos de amostragem inferiores, a flutuação observada nos valores de salinidade foi muito baixa, assim como nos valores de riqueza e abundância. Isso sugere que, mesmo com a entrada de água da chuva, durante a estação chuvosa, a água, nos pontos de amostragem, permaneceu hipersalina e não foi influenciada pela água doce. Isso ocorreu, muito provavelmente, como consequência do constante fluxo de água salgada causado pela ação das marés, devido à proximidade dessa região inferior do estuário com o oceano. Assim, nessa região do estuário, a água doce procedente durante a estação chuvosa não foi suficiente para diminuir a concentração de sal, que se manteve constante durante os dois anos de amostragem. É bastante plausível associar a baixa variação nos números do zooplâncton à ausência de flutuação nos valores de salinidade.

Nos pontos de amostragem superiores, no entanto, a composição da comunidade mudou com a diminuição da salinidade durante a estação chuvosa. De fato, muitas das espécies raras encontradas no estudo foram observadas exclusivamente nesses pontos de amostragem superiores e apenas durante a estação chuvosa. É muito provável, no entanto, que outros fatores tenham influenciado os maiores valores de riqueza e abundância encontrados nesses pontos, visto que, mesmo com a elevada flutuação da salinidade, a média dos valores da concentração de sal durante a estação chuvosa foi consideravelmente maior nos pontos de

amostragem superiores. Isso mostra que nesses pontos, mesmo com a entrada da água doce, a salinidade continua sendo um forte obstáculo capaz de atuar na restrição da comunidade zooplanctônica.

Segundo alguns autores (KELLER e CONLIN, 1994; WILLIAMS, 1998; HERBST, 2001), além da salinidade, diferenças em pequena escala de fatores como a composição iônica do sal (DERRY *et al.*, 2003), a disponibilidade de recursos alimentares (TOUMI *et al.*, 2005), e a presença de predadores (WILLIAMS, 1998), são fatores com potencial de alterar significativamente a estrutura da comunidade zooplanctônica em ambientes salinos. Esses processos necessitam ainda ser investigados no estuário do Rio Mossoró. Alternativamente, as mudanças mais distintas na composição da comunidade zooplanctônica nos pontos de amostragem superiores do estuário são o reflexo da proximidade desta região com a foz do rio, onde a enxurrada de água doce durante a estação chuvosa é mais elevada. ROUGIER *et al.* (2005) relataram situação semelhante, associando a maior riqueza de rotíferos nesse estuário durante a época das chuvas com mistura de populações em toda a zona estuarina em consequência da hidrodinâmica fluvial. O padrão oposto também já foi detectado por LANSAC-TÔHA e LIMA (1993). Esses autores observaram maior riqueza e abundância durante a estação seca e associaram essa observação ao fato da maioria das espécies do estuário ser de origem marinha. Durante a entrada de água doce essas espécies tendem a voltar para o oceano onde a salinidade maior é mais adequada.

A pluviometria foi uma variável bastante determinante no número de espécies e indivíduos. Maior riqueza e abundância durante as estações chuvosas em ambientes tropicais também foram detectados em outros ecossistemas aquáticos (e.g. OSORE *et al.*, 1997; MWALUMA *et al.*, 2003; MAGALHÃES *et al.*, 2006). Além disso, ROUGIER *et al.* (2005) associaram variações sazonais de salinidade e composição das espécies às taxas de precipitação.

No presente estudo, a riqueza e a abundância maiores durante as estações chuvosas provavelmente ocorreu devido às condições mais favoráveis fornecidas pela chuva, sobretudo, diluindo a concentração de sal. Adicionalmente, os nutrientes, que mostraram concentrações significativamente mais elevadas durante as estações chuvosas, podem ter também influenciado a composição das espécies ao longo do estuário do rio Mossoró durante a estação seca.

Nas análises multivariadas, os preditores mais fortes da variação do zooplâncton foram a salinidade, todos os nutrientes, a pluviometria e a transparência da água. A riqueza e a abundância relacionaram-se negativamente com a salinidade em ambos os tipos de análises,

sendo a espécie *Epiphanes macrourus* a única exceção, que mostrou relação positiva com essa variável. Embora incomum, alguns rotíferos como *Brachionus plicatilis*, têm demonstrado grande resistência à elevadas concentrações de sal (MADHUPRATAP, 1986; DERRY *et al.*, 2003) e esse também pode ser o caso de *E. macrourus*. Além disso, o gênero *Brachionus*, que é conhecido pela sua capacidade de tolerar águas poluídas (SAMPAIO *et al.*, 2002; DULIC *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2008), representou 81% de todos os indivíduos coletados ao longo do período de estudo, sugerindo plasticidade ecológica para espécies deste gênero e suportando os relatos de que apenas espécies tolerantes são capazes de habitarem o estuário.

Para espécies tolerantes à água salgada, os benefícios de serem fisiologicamente adaptados às condições extremas favorecem a evasão dos predadores e constitui um mecanismo de redução na competição com espécies não-tolerantes (HERBST, 2001; DERRY *et al.*, 2003). Essas relações vêm sustentar ainda mais as diferenças espaciais e sazonais observadas na composição da comunidade zooplanctônica, do presente estudo.

Os atributos avaliados diretamente nas três salinas, tanto do zooplâncton quanto das variáveis ambientais, foram consideravelmente semelhantes aos pontos de amostragem inferiores do estuário. Estas semelhanças eram esperadas, visto que as amostras, tanto dos pontos inferiores quanto das salinas, foram provenientes da região inferior do estuário, portanto sob influências hidrológicas semelhantes. No entanto, a concentração de sal em duas das salinas foi bastante elevada, provavelmente devido aos procedimentos industriais de extração do sal, que concentram grandes quantidades de sal em menor volume de água.

Devido à falta de estudos prévios, não foi possível avaliar o modo como a forte pressão histórica das atividades humanas modelaram a comunidade zooplanctônica no estuário do Rio Mossoró até a sua forma atual. Outras comunidades tais como os peixes, podem fornecer informações importantes por mostrarem mudanças “mais perceptíveis”, oferecendo perspectivas para comparação com outros organismos. Embora não tenham sido estudadas em detalhes, as populações de peixes sofreram um notável declínio ao longo da última década, causado pelos elevados níveis de poluição e pela destruição dos manguezais, como consequência das atividades econômicas, com destaque para a indústria salineira. Pelo fato dos peixes estuarinos desempenharem papéis ecológicos importantes no estuário e por atuarem no controle direto ou indireto do zooplâncton, através da predação, é plausível que esse declínio nos números de peixes possa ter influenciado na composição do zooplâncton (STENECK, 1998; PACE *et al.*, 1998; SHEARS e BABCOCK, 2002; DUFFY, 2003). No entanto, a forma como isso pode ter acontecido e a dimensão desta relação não estão claros, devido à ausência de estudos na área.

8 Considerações finais

O presente estudo fornece importantes resultados sobre os fatores responsáveis pela distribuição, riqueza e abundância do zooplâncton em uma área que recebeu pouca atenção científica. As mudanças na riqueza e nas densidades das espécies do zooplâncton nas escalas espacial e sazonal foram fortemente influenciadas pela variação nas concentrações de sal e pela entrada de nutrientes inorgânicos, principalmente na região superior do estuário.

A riqueza e abundância foram maiores durante o período chuvoso e nas estações mais próximas à foz e a salinidade, nutrientes, pluviometria e transparência foram os preditores mais importantes nos números da comunidade zooplanctônica. Além disso, as espécies do gênero *Brachionus*, conhecidos por tolerar águas poluídas foram, de longe, as mais abundantes do estudo. Isto suporta a noção de que espécies altamente tolerantes são capazes de enfrentar as duras condições, tais como as observadas no estuário do Rio Mossoró.

9 Referências

ALONSO, M. Anostraca, Cladocera, Copepoda of Spanish saline lakes. *Hydrobiologia*, v. 197, p. 221-231, 1990.

ARAÚJO, P.M.H.; LUCAS, O.P.A. Zooplâncton do Estuário do Rio Sergipe: Caracterização e Avaliação da Qualidade Ambiental. Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biologia, Anais do Seminário de Pesquisa FAP-SE, 2003.

APHA. Standard methods for the examination of water and waste water. Washington: American Public Health Association, 1995.

ATTAYDE, J.L.; BOZELLI, R.L. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 55, p. 1789-1797, 1998.

BAYLY, I.A.E. The body fluids of some centropagid copepods: total concentration and amounts of sodium and magnesium. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 28, p. 1403-1409, 1969.

BAYLY, I.A.E. Salinity tolerance and osmotic behaviour of animal in athalasic saline and marine hypersaline waters. *Annual Review of Ecology and Systematics* v. 3, p. 223-268, 1972.

BEADLE, L.C. *The Inland Waters of Tropical Africa*. London and New York: Langman, 1981.

BOS, D. G.; CUMMING, B.F.; WATTERS, C.E.; SMOLL, J.P. The relationship between zooplankton, conductivity and lakewater ionic composition in 111 lakes from the Interior Plateau of British Columbia, Canada. *International Journal of Salt Lake Research*, v. 5, p. 1-15, 1996.

ter BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, v. 67, p. 1167-1179, 1986.

ter BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Ithaca: Microcomputer Power, 1998.

COETZEE, J.C., ADAMS, J.B. BATES, G.C. A botanical importance rating system for estuaries. *Journal of Coastal Conservation*, v. 2, p. 131-138, 1996.

COLBURN, E.A. Factors influencing species diversity in saline water of Death Valley, USA. *Hydrobiologia*, 158, p. 215-226, 1988.

COTNER, J.B.; SUPLEE, M.W.; CHEN, N.W.; SHORMANN, D.E. Nutrient, sulfur and carbon dynamics in a hypersaline lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 59, p. 639-652, 2004.

DERRY, A.M.; PREPAS, E.E.; HEBERT, P.D.N. A comparison of zooplankton communities in saline lakewater with variable anion composition. *Hydrobiologia*, v. 505, p. 199-215, 2003.

DUFFY, J.E. Biodiversity loss, trophic skew and ecosystem functioning. *Ecology Letters*, v. 6, p. 680-687, 2003.

DULIC, Z.; MITROVIC-TUNTUNDZIC, V.; MARKOVIC, Z.; ZIVIC, I. Monitoring water quality using zooplankton organisms as bioindicators at the Dubica fish farm, Serbia. *Archives of Biological Sciences*, v. 58, p. 245-248, 2006.

ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Brasília: Universa, 1997.

ESKINAZI, S.A.; TUNDISI, J.G. Zooplâncton do estuário do Rio Pina (Recife, Pernambuco, Brasil): composição e distribuição temporal. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 44, 1996.

HAMMER, U.T. *Saline Ecosystems of the World*. Dordrecht: Junk Publishers, 1986.

HAMMER, U.T. Zooplankton distribution and abundance in saline lakes of Alberta and Saskatchewan, Canada. *International Journal of Salt Lake Research*, v. 2, p. 111-132, 1993.

HANEY, J.F.; HALL, D.J. Sugar-coated *Daphnia*: a preservation technique for Cladocera. *Limnology and Oceanography*, v. 18, p. 331-333, 1973.

HERBST, D.B. Gradients of salinity stress, environmental stability and water chemistry as a template for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. *Hydrobiologia*, v. 466, p. 209-219, 2001.

HURLBERT, S.H. The no concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, v. 52, p. 578-586, 1971.

KOSTE, W. Rotatoria. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1978.

KELLER, W.; CONLIN, M. Crustacean zooplankton communities and lake morphometry in Precambrian Shield lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 51, p. 2424-2434, 1994.

KREBS, C.J. *Ecological methodology*. New York: Harper Collins Publishers, 1989.

LAMBERTH, S.J.; TURPIE, J.K. The role of estuaries in South African fisheries: economic importance and management implications. *African Journal of Marine Science*, v. 25, p. 131-157, 2003.

LANSAC-TÔHA, F.A.; LIMA, A.F. Ecologia do zooplâncton do estuário do rio Una do Prelado (São Paulo, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 6, p. 82-96, 1993.

LUCAS, O.A.P. Variação sazonal do zooplâncton nos estuários dos Rios Boatafogo e Siriji, Litoral Norte de Pernambuco, Brasil. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Dissertação de Mestrado, 2006.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association Scientific Publication, v. 36, 1-121, 1978.

MADHUPRATAP, M. Zooplankton standing stock and diversity along an oceanic track in the western Indian Ocean. *Bulletin of the National Institute of Oceanography*, v. 16, p. 463-467, 1986.

MAGALHÃES, A.; COSTA, R.M. LIANG, T.H.; PEREIRA, L.C.C.; RIBEIRO, M.J.S. Spatial and temporal distribution in density and biomass of two *Pseudodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté River Estuary (Amazon region, North of Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, p. 421-430, 2006.

MAGURRAN, A.E. *Ecological diversity and its measurement*. London: Croom-Helm, 1988.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. *Hydrobiologia*, v. 504, p. 215-222, 2003.

McLUSKY, D.S.; ELIOTT, M. *The estuarine ecosystem: ecology, threats and management*. London: Oxford University Press, 2004.

MEDEIROS, G.F.; BJORNBERG, T.K.S. Levantamento preliminar do zooplâncton da região de Natal e das águas das ilhas Fernando de Noronha. *Ciência e Cultura*. 30(3): 348-349, 1978.

MEDEIROS, G.F. *Variacao anual do zooplâncton no Estuario Potengi, Natal, RN (com referência especial aos Copepoda, Crustacea)*. Universidade Federal do Paraná, Paraná, PR, Dissertação de Mestrado, 1983.

MEDEIROS, G.F.; FAUSTINO, G.V.B.; MEDEIROS, L.S.; HENRIQUES, D.M.F.; MENDONÇA, K.R.; MENDONÇA, J.M.S.; LUCAS, F.D.; SILVA, M.P. *Dispersao do copepodo exotico *Pseudodiaptomus trihamatus* (Wright, 1937) no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil*. Resumo do I Simposio Brasileiro de Oceanografia, São Paulo, 2002.

MWALUMA, J.; OSORE, M.; KAMAU, J.; WAWIYE, E.P. Composition, abundance and seasonality of zooplankton in Mida Creek, Kenya. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, v. 2, p. 147-155, 2003.

NEVES, I.F.; ROCHA, O.; ROCHE, K.F.; PINTO, A.A. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the river Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of Rotifera and Cladocera diversity. *Brazilian Journal of Biology*, v. 63, p. 329-343, 2003.

NEWELL, G.E.; NEWELL, R.C. *Marine Plankton: a practical guide*. London: Hutchinson Educational, 1963.

OSORE, M.K.; TACKX, M.I.M.; DARO, M.H. The effect of rainfall and tidal rhythm on the community structure and abundance of the zooplankton of Gazi Bay, Kenya. *Hydrobiologia*, v. 356, p. 117-126, 1997.

PACE, M.L.; COLE, J.J.; CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 14, p. 483-488, 1999.

PEET, R.K. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 5, p. 285-307, 1974.

PETTA, R.A.; GOMES, R.C.; ERASMI S.; CAMPOS, T.F.C.; NASCIMENTO, P.S.R. *Análise da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró no contexto de Alterações Ambientais e Socioeconômicas ligadas a exploração do Petróleo. 4º PDPETRO*, Campinas, 2007.

PRADO-POR, A.M.S.; LANSAC-TÔHA, F.A. The distribution of brackish water Calanoida (Copepoda) along the coasts of Brazil. *Hydrobiologia*, v. 113, p. 147-150, 1984.

PRITCHARD, D.W. What is an estuary: physical viewpoint: *Estuaries*, A.A.A.S. Publ. Washington, D. C. In: G.H. Lauf (ed.) 83, p.3-5, 1967.

REMANE, A.; SCHLIEPER, C. *The biology of brackish waters*. New York: Wiley Interscience, 1971.

ROCHA, A.P.B. *Expansão urbana de Mossoró: coleção Mossoroense*. Mossoró: Série C, 2007.

RODIER, J.L. Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux residuels, eaux de mer. Paris: Dunod, 1975.

ROUGIER, C.; POURRIOT, R.; LAM-HOAI, T.; GUIRAL, D. Ecological patterns of the rotifer communities in the Kaw River estuary (French Guiana). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 63, p. 83-91, 2005.

SAMPAIO, E.V.; ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 62, p. 525-545, 2002.

SAVENIJE, H.H.G. Salinity and tides in alluvial estuaries. Amsterdam: Elsevier Science, 2006.

SHEARS, N.T.; BABCOCK, R.C. Marine reserves demonstrate topdown control of community structure on temperate reefs. *Oecologia*, v. 132, p. 131-142, 2002.

SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. *Nature*, v. 163, p. 688, 1949.

STEMBERG, R. A guide to Rotifers. Cincinnati: Environmental Monitoring and Support Laboratory, 1979.

STENECK, R.S. Human influences on coastal ecosystems: does overfishing create trophic cascades? *Trends in Ecology and Evolution*, v. 13, p. 429-430, 1998.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. New York: W. H. Freeman & Company, 1995.

SOUSA, W.; ATTAYDE, J.L.; ROCHA, E.S.; ANNA, E.M.E. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research*, v. 30, p. 699-708, 2008.

TIMMS, B.V. Benthic macroinvertebrates of seven lakes near Cass, Canterbury high country, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, v. 17, p. 37-49, 1983.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. *Microbiologia*. São Paulo: Artmed, 2003.

TOUMI, N., AYADI, H.; ABID, O.; CARRIAS, J.F.; SIRNE-NGANDO, S.; BOUKHRIS, M.; BOUAIN, A. Zooplankton distribution in four ponds of different salinity: a seasonal study in the solar salterns of Sfax (Tunisia). *Hydrobiologia*, v. 534, p. 1-9, 2005.

WILLIAMS, W.D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*, v. 381, p. 191-201, 1998.

WOOD, R.B.; TALLING, E.J.E. Chemical and algal relationships in a salinity series of Ethiopian inland waters. *Hydrobiologia*, v. 158, p. 29-67, 1988.