

## DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E VARIAÇÕES TEMPORAIS DA ABUNDÂNCIA DE OVOS E LARVAS DE *MICROPOGONIAS FURNIERI*, NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS: REGISTROS HISTÓRICOS E FORÇANTES AMBIENTAIS

MARCELO ALEXANDRE BRUNO<sup>1,2</sup> & JOSÉ HENRIQUE MUELBERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica – Instituto de Oceanografia. Caixa Postal, 474 – 96201-900 – Rio Grande – RS – Brasil. <sup>2</sup>docbruno@furg.br

### RESUMO

As espécies de peixes que ocorrem no estuário da Lagoa dos Patos (ELP) apresentam diferentes estratégias de desova que procuram otimizar um balanço entre condições ambientais locais e remotas, e seu ciclo de vida. O presente trabalho descreve e analisa a distribuição espacial, variabilidade temporal e a influência de variáveis ambientais sobre a abundância de ovos e larvas de *Micropogonias furnieri* no ELP. Foram utilizadas variáveis ambientais e um banco de dados de ictioplâncton com registros históricos. O ictioplâncton foi coletado com rede de plâncton com malha de 300 ou 500 µm em amostras mensais e/ou quinzenais. Análise de variância foi utilizada para testar os efeitos da variação temporal e distribuição espacial sobre a abundância média de ovos e larvas. Salinidade, temperatura, pressão atmosférica e velocidade dos ventos foram importantes na variabilidade sazonal da abundância, enquanto a precipitação e vazão foram importantes para as diferenças interanuais. A abundância de ovos e larvas foi maior no estuário inferior e durante a primavera e verão. Estes resultados sugerem que a variabilidade na distribuição dos primeiros estágios de vida de *M. furnieri* é determinada por diferentes escalas temporais.

### ABSTRACT

Fish species from the Patos Lagoon Estuary (PLE) adopt different spawning strategies to optimize the balance between remote and local environmental conditions during their life cycle. The purpose of this study was to describe and analyze the spatial distribution, temporal variability and the influence of environmental variables on the abundance of eggs and larvae of *Micropogonias furnieri* in the PLE. Environmental variables and ichthyoplankton historical records were used in the analysis. Ichthyoplankton was collected with a 300 or 500 µm-plankton net in monthly and/or fortnightly samples. Analysis of variance was used to test the effects of spatial distribution and temporal variation on the average abundance of eggs and larvae. Temperature, salinity, atmospheric pressure and winds were important for the seasonal variability of abundance, while precipitation and water discharge were important for interannual differences. The abundance of eggs and larvae in the estuary was higher in the lower estuary during spring and summer. These results suggest that the variability in the distribution of early life stages of *M. furnieri* is determined at different time scales.

### INTRODUÇÃO

Os estuários representam sistemas ecológicos onde a alta taxa de produção primária e a proximidade com a zona costeira determinam condições favoráveis para que diversas espécies marinhas tenham seu ciclo de vida condicionado a dinâmica desta região (Day et al. 1989). Espécies de peixes que utilizam os estuários apresentam padrões de distribuição que podem ser distintos em função das condições ambientais em diferentes latitudes (Day et al. 1989). Em zonas temperadas há concentração da abundância de larvas de peixes em certas regiões do estuário (Whitfield 1989, Witting et al. 1999, Neira et al. 1992), geralmente ao longo de um gradiente entre o estuário, zona costeira e plataforma (Harris et al. 1999, Harris et al. 2001, Hagan & Able 2003). Estes padrões podem ser resultado de um processo de acoplamento entre o estuário e o oceano, que representam áreas importantes para o recrutamento e criação de várias espécies (Sinque & Muelbert 1998, Vieira & Castello 1998).

A variabilidade nas condições ambientais pode ser determinante do padrão temporal e espacial de espécies de peixes nos estuários (Drake & Arias

1991, Kingsford & Suthers 1994, Blaber et al. 1997, Govoni 1997, Potter et al. 2001). Eventos episódicos de drenagem e intensidade dos ventos na escala intra-anual (North & Houde 2001), precipitação, pressão atmosférica, o regime, a intensidade e a direção dos ventos são fatores ambientais importantes para a dinâmica estuarina (Costa et al. 1988, Garcia 1998, Fernandes et al. 2001, Möller et al. 2001). Desta forma, estes fatores podem regular o período de desova e/ou influenciar a dispersão de larvas (North & Houde 2001).

O estuário da Lagoa dos Patos (ELP) representa uma área de criação importante para os estágios iniciais de diversas espécies, fornecendo condições de proteção e baixa hidrodinâmica em zonas rasas, o que favorece o crescimento, transporte e alimentação (Sinque & Muelbert 1998). A corvina, *Micropogonias furnieri*, desova na região costeira, ou próximo ao canal de acesso e é a espécie de peixe mais abundante do ictioplâncton no ELP (Muelbert & Weiss 1991). A grande quantidade de larvas recém eclodidas indica que o pico da desova inicia durante a primavera e termina no outono. Os ovos são encontrados durante este

período na região adjacente a Rio Grande até a isóbata de 60 m (Ibágy & Sinque 1995).

A hipótese geral deste trabalho é que a abundância dos estágios iniciais de *M. furnieri* apresenta padrões temporais e espaciais variáveis. A variabilidade dos fatores ambientais e sua estreita relação com os primeiros estágios de vida de peixes, sugere que estes efeitos podem ser determinantes dos padrões temporais e espaciais da abundância de ovos e larvas de *M. furnieri* no ELP. Assim, este trabalho tem por objetivo descrever e analisar a influência dos principais fatores ambientais sobre a distribuição espacial e as variações temporais de ovos e larvas de *M. furnieri* para o estuário da Lagoa dos Patos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O ELP se localiza no extremo sul do Brasil (Fig. 1), representa uma área de aproximadamente 97 km<sup>2</sup> e se comunica com o oceano através de um canal de acesso com profundidade de 18 m e largura de 0,5 a 3 km (Kjerfve 1986, Calliari 1998). A influência de maré é mínima (amplitude média 0,47 m) e este sistema é caracterizado como uma lagoa do tipo estrangulado (Kjerfve 1986). Os ventos de NE e SW sopram ao longo do eixo principal da lagoa e controlam a circulação, nível da água e distribuição da salinidade (Garcia 1998) em um gradiente que foi caracterizado por três regiões: estuário inferior, médio e superior (Castello 1976, 1977, 1978).

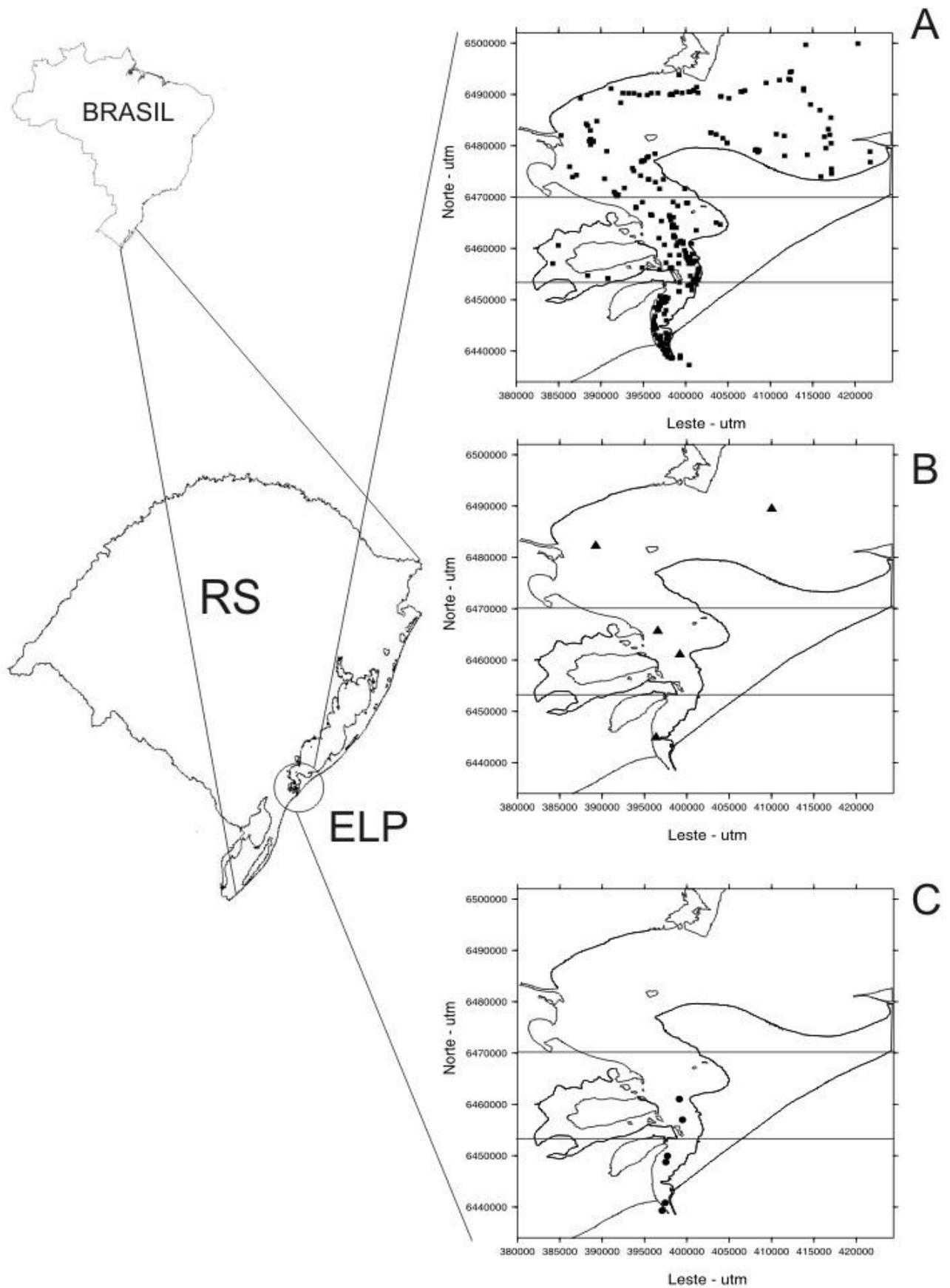


Figura 1. Mapa localizando o estuário da Lagoa dos Patos e pontos amostrais de coleta, A) Projeto Lagoa (1976-1978), B) Projeto Lagoa Estratificada (1981-1983), C) Projeto Recrutamento (1994-1995). Barras horizontais delimitam as áreas do estuário superior, estuário médio e estuário inferior.

### DADOS AMBIENTAIS

Dados de precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm), pressão atmosférica média mensal (milibares) e velocidade média ( $m\ s^{-1}$ ) dos ventos foram obtidos da estação meteorológica 83985 da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL, disponível em: <http://laranja.cpact.embrapa.br/estacao/mensal.html> acesso em 10/09/2003). Os dados de vazão ( $m^3\ s^{-1}$ ) para a Lagoa dos Patos que representam a somatória mensal da vazão dos rios Jacuí, Taquari e Camaquã, foram cedidos pelo Laboratório de Oceanografia Física da FURG. Os dados de salinidade e temperatura de superfície foram determinados em cada estação de coleta (Fig.1A, B e C) através de um termo-salinômetro com precisão de 0,1.

### FONTE DE DADOS E AMOSTRAGEM DE OVOS E LARVAS

Os dados bióticos de distribuição espacial e variação temporal da abundância de ovos e larvas de *Micropogonias furnieri* foram obtidos do banco de dados do Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton da FURG. Na coleta destes dados foi utilizada rede de plâncton cônica com 0,60 m de diâmetro de boca e fluxômetro acoplado. Os arrastos foram realizados em superfície com duração média de 3 minutos.

A abundância de ovos e larvas de *M. furnieri* foi selecionada para três períodos: de dezembro de 1975 a novembro de 1978 coletados com periodicidade quinzenal e/ou mensal com rede de malha de 500  $\mu m$  (671 amostras, Fig. 1A) (Weiss 1981); entre abril de 1981 a fevereiro de 1983 com periodicidade quinzenal e rede de 500  $\mu m$ , (160 amostras, Fig. 1B) (Muelbert 1986); entre julho de 1994 e julho de 1995, com periodicidade quinzenal e/ou mensal e rede de 300  $\mu m$  (107 amostras, Fig. 1C) (Ibágy 1997).

### ANÁLISE ESTATÍSTICA

A seleção e organização do banco de dados gerou uma matriz com dados abióticos (variáveis ambientais) e bióticos (ictioplâncton). Para os dados abióticos foram gerados gráficos para análise descritiva das variações interanuais no verão e primavera e variações entre as diferentes áreas do ELP para temperatura e salinidade. Os demais dados ambientais foram apresentados para variações

interanuais no verão e primavera.

Aos dados bióticos foi aplicada a anova de duas vias (Zar 1984, Underwood 1997) para avaliar os efeitos da variação espacial entre áreas (fator estuário: estuário superior, médio e inferior) e estações do ano (fator sazonal: verão, outono, inverno e primavera) sobre a abundância de ovos e larvas de *M. furnieri*. Em função da maior abundância de ictioplâncton durante a primavera e o verão foram testados os efeitos da variação interanual apenas para estas estações do ano. Anova de uma via (Zar 1984, Underwood 1997) com o fator interanual-verão (níveis: anos de 1976, 1977, 1978, 1982, 1983 e 1995) e fator interanual-primavera (níveis: os anos de 1976, 1977, 1978, 1982 e 1994) foi aplicada para analisar diferenças em abundância de ovos e larvas para aqueles anos em que havia dados disponíveis. Após detectar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), o teste Tukey foi aplicado para agrupar as médias dos níveis dos fatores com nível de significância de 5% (Zar 1984, Underwood 1997). Para obter a normalidade e homocedasticidade (Legendre & Legendre 1983), a abundância de ovos e larvas foi transformada usando o  $\log(x+1)$ , onde  $x$  é a abundância de ovos ou larvas em  $100m^3$ .

## RESULTADOS

### FATORES AMBIENTAIS

A temperatura média entre anos durante o verão variou entre  $25,1 \pm 2,16^\circ C$  em 1977 e  $23,6 \pm 1,2^\circ C$  em 1983 (Fig. 2A). Na primavera, a temperatura média oscilou entre  $23,9 \pm 3,17^\circ C$  em 1994 e  $20,6 \pm 2,9^\circ C$  em 1976 (Fig.2B). A comparação interanual da salinidade no verão mostrou valores entre  $29,6 \pm 5,5$  e  $26 \pm 9,1$  para 1982 e 1995, respectivamente, e entre  $6,7 \pm 11,4 \pm 8,9$  para 1983 e 1978; valores intermediários ocorreram em 1976 ( $16,1 \pm 13,9$ ) e 1977 ( $16,5 \pm 13,5$ ) (Fig.2A). A variação interanual de salinidade durante a primavera oscilou entre  $9,9 \pm 10,8$  e  $9,7 \pm 10,7$  em 1994 e 1976, respectivamente (Fig. 2B). Os menores valores foram  $1,2 \pm 2,2$  e  $3,8 \pm 8,8$  em 1977 e 1982, respectivamente.

Em relação à variação sazonal, as temperaturas foram mais altas no verão ( $24 \pm 1,4$ ) e primavera ( $21,9 \pm 3,1$ ) e menores no outono ( $17,6 \pm 3,2$ ) e inverno ( $16,4 \pm 2,6$ ) (Fig. 3A). A temperatura foi homogênea entre as três áreas do estuário, com

exceção do inverno, onde águas mais frias foram encontradas no estuário inferior (Fig 3A). A salinidade

apresentou os maiores valores em direção ao estuário inferior (Fig. 3B).

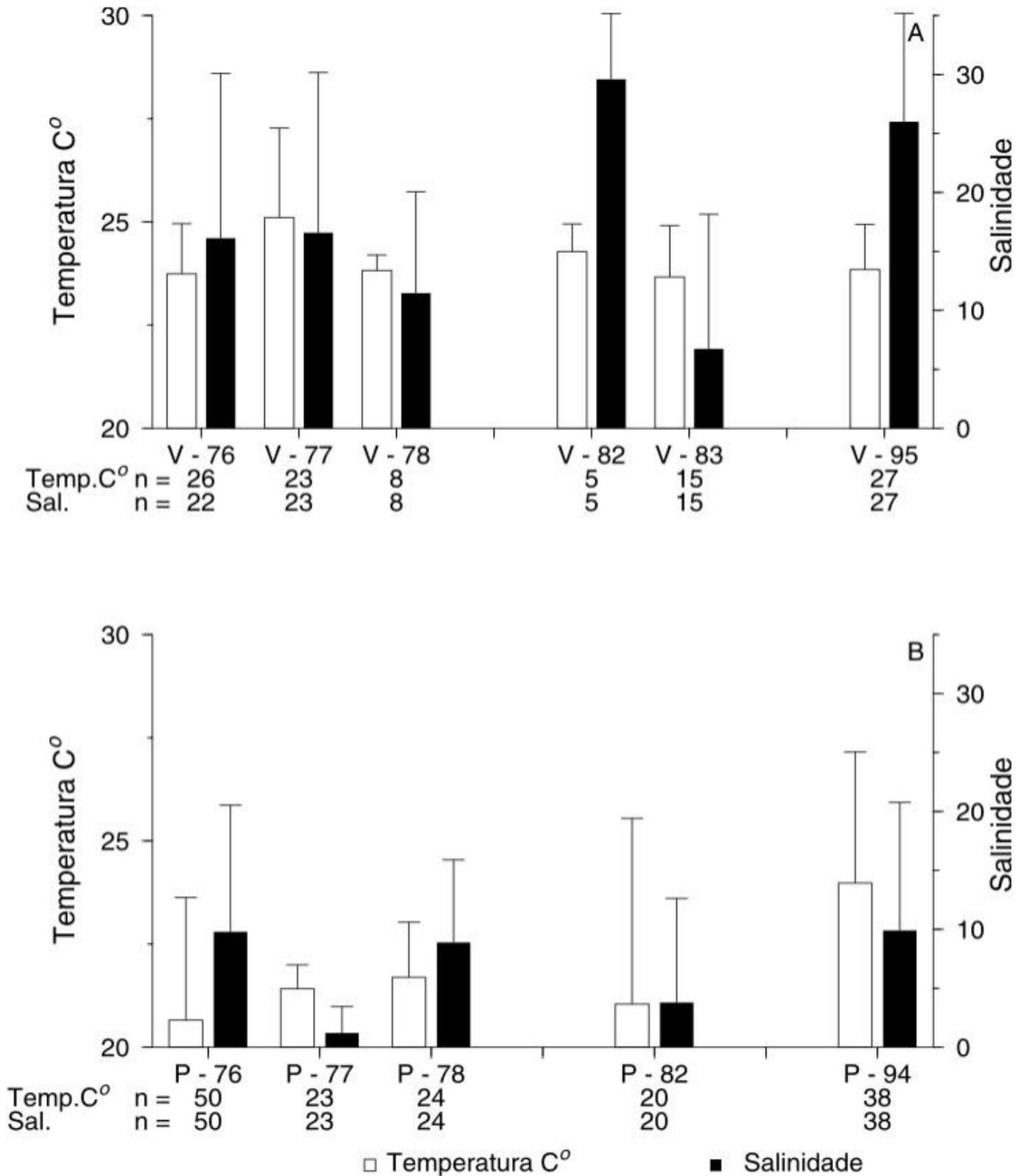


Figura 2. Valores médios e desvio padrão da temperatura (°C, barras claras) e salinidade (barras escuras) para a variação interanual no A) verão (V) e B) primavera (P). Os números que seguem V e P correspondem aos dois últimos dígitos dos anos utilizados. (n) número de amostras disponíveis em cada estação do ano.

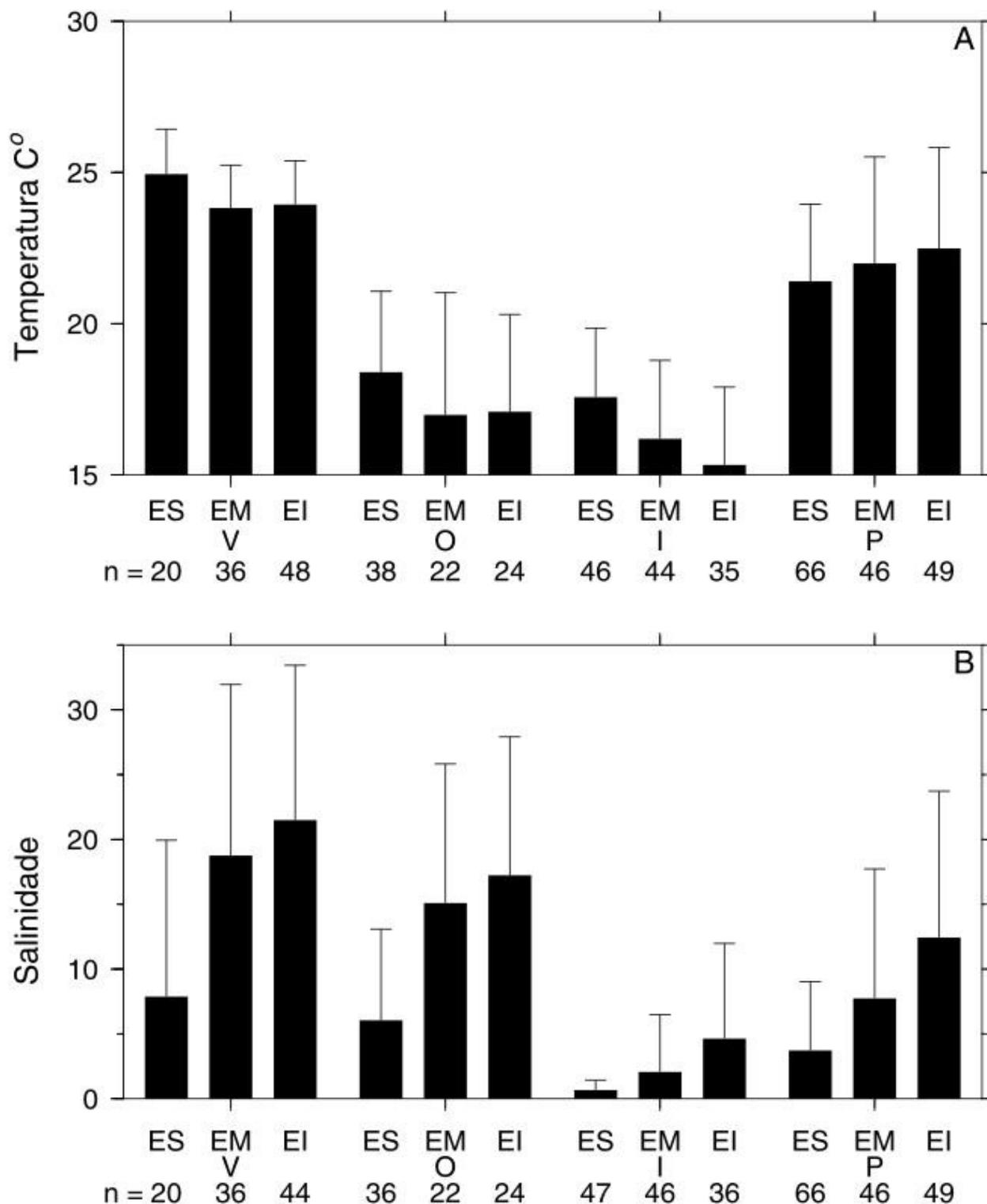


Figura 3. Valores médios e desvio padrão da A) temperatura (°C) e B) salinidade para as diferentes estações do ano no estuário superior (ES), estuário médio (EM) e estuário inferior (EI). V –Verão, O – outono, I – inverno e P – primavera; n=número de amostras disponíveis em cada estação do ano.

A velocidade do vento foi maior na primavera ( $4,4 \pm 1,0 \text{ m.s}^{-1}$ ) e menor no outono ( $3,1 \pm 0,7 \text{ m s}^{-1}$ ) (Fig. 4A). Entre os anos, durante o verão de 1977 foi medida a maior velocidade ( $3,9 \pm 0,6 \text{ m s}^{-1}$ ), e as menores intensidades foram registradas em 1976 ( $3,4 \pm 0,6 \text{ m s}^{-1}$ ) e 1983 com  $3,4 \pm 0,5 \text{ m s}^{-1}$  (Fig. 5A). A

primavera apresentou maior variação interanual, com valores médios oscilando entre  $3,3 \pm 0,3$  em 1978 e  $5,6 \pm 0,6 \text{ m s}^{-1}$  em 1994 (Fig. 6A).

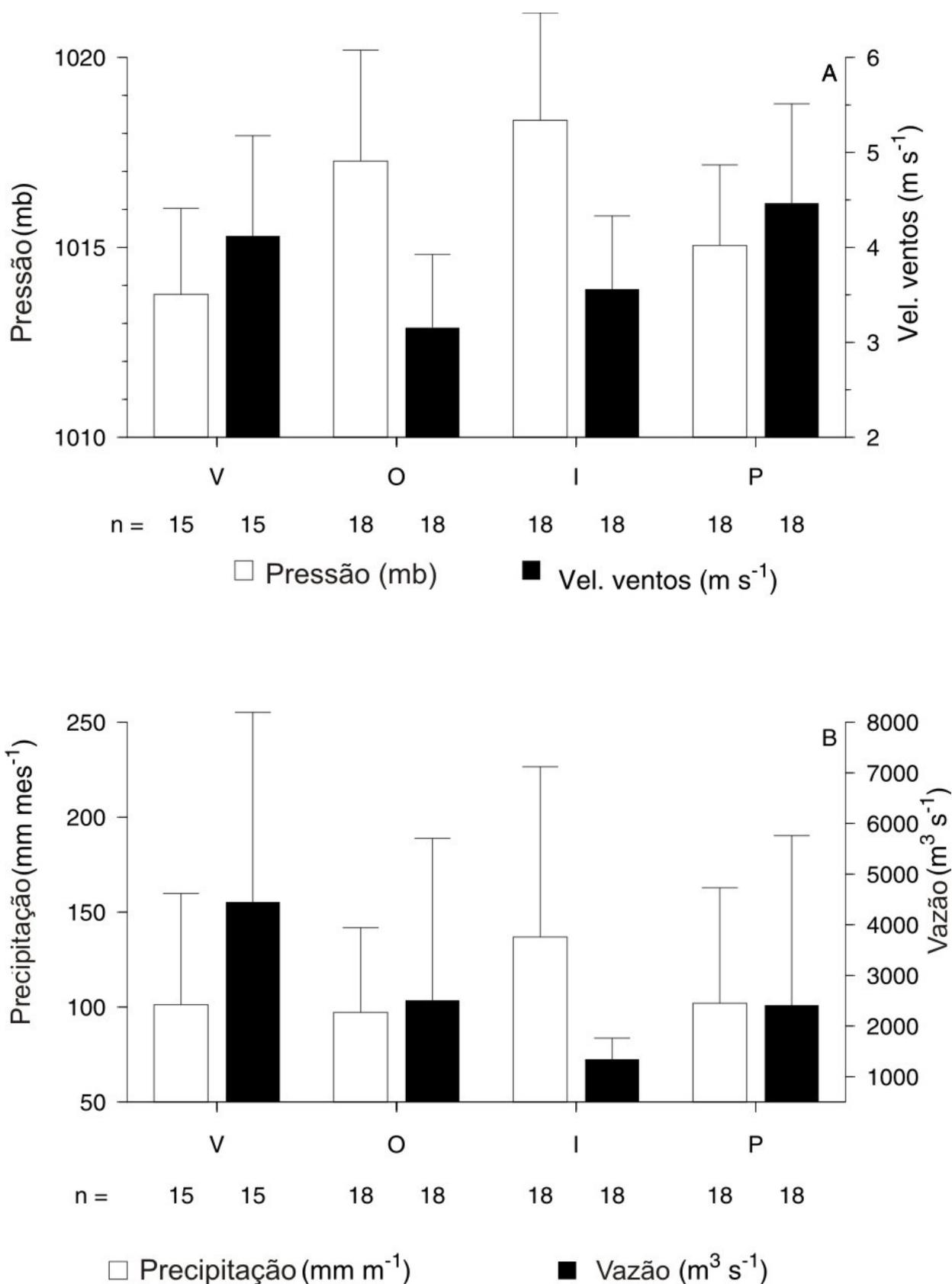


Figura 4. Valores médios e desvio padrão da A) pressão atmosférica (mb, barras claras) e velocidade do vento ( $m.s^{-1}$ , barras escuras), B) precipitação ( $mm.mes^{-1}$ , barras claras) e vazão ( $m^3.s^{-1}$ , barras escuras) para a Lagoa dos Patos para as diferentes estações do ano. V – Verão, O – outono, I – inverno e P – primavera; n=número de amostras disponíveis em cada estação do ano.

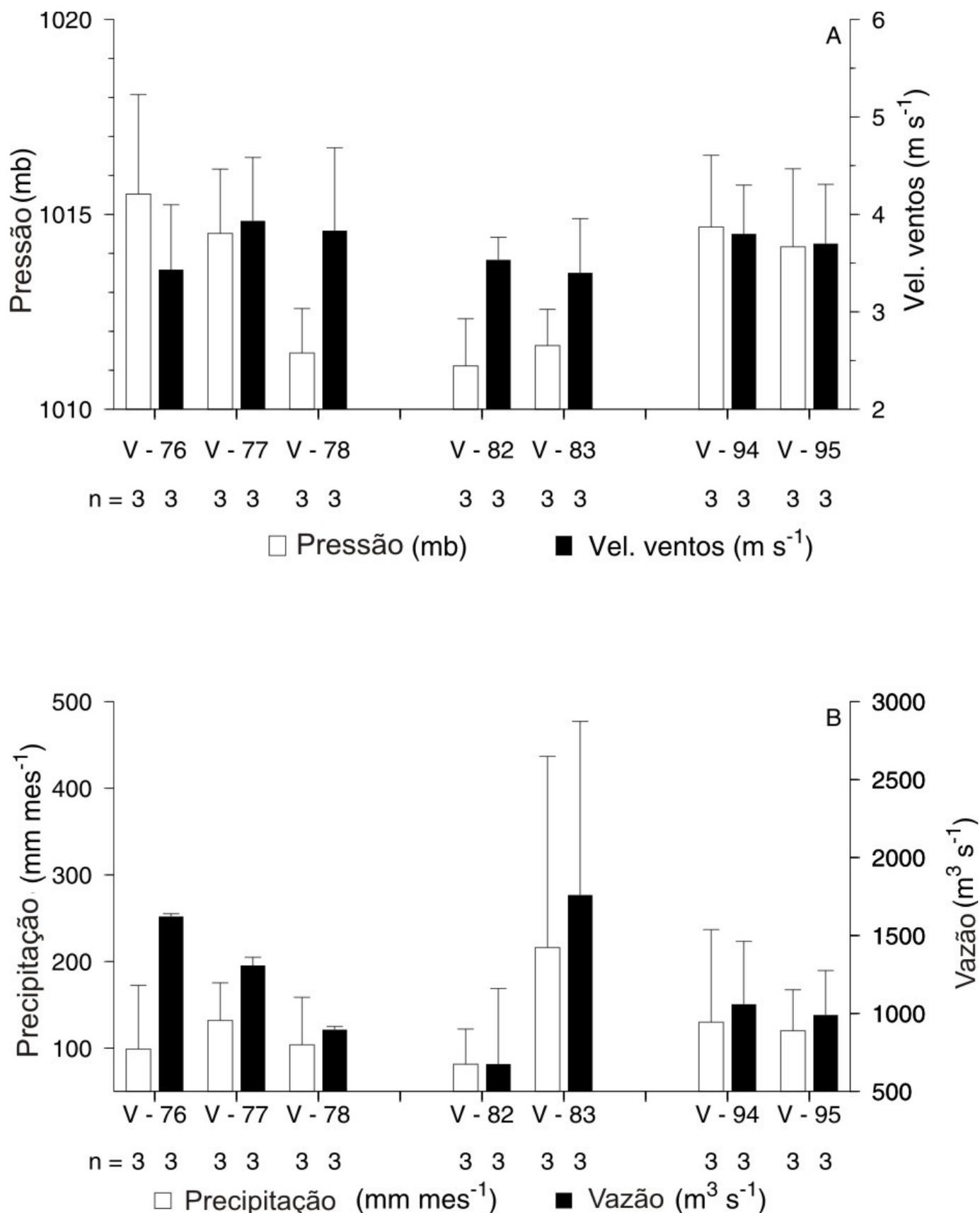


Figura 5. Valores médios e desvio padrão da A) pressão atmosférica (mb, barras claras) e velocidade do vento ( $m.s^{-1}$ , barras escuras), B) precipitação ( $mm.mes^{-1}$ , barras claras) e vazão ( $m^3 s^{-1}$ , barras escuras) para a variação interanual no verão (V). Os números que seguem V correspondem aos dois últimos dígitos dos anos utilizados; n=número de amostras disponíveis em cada ano.

A pressão atmosférica média foi maior no inverno ( $1018,3 \pm 2,8$  mb) e menor no verão ( $1013,7 \pm 2,2$  mb) (Fig. 4A). Para o verão, a variação entre os anos foi de

$1011 \pm 1,2$  mb em 1982 a  $1015,5 \pm 2,5$  mb em 1976 (Fig.5A). Na primavera, a variabilidade entre anos foi de  $1014,2 \pm 0,3$  mb a  $1016 \pm 4,3$  mb em 1994 (Fig. 6A).

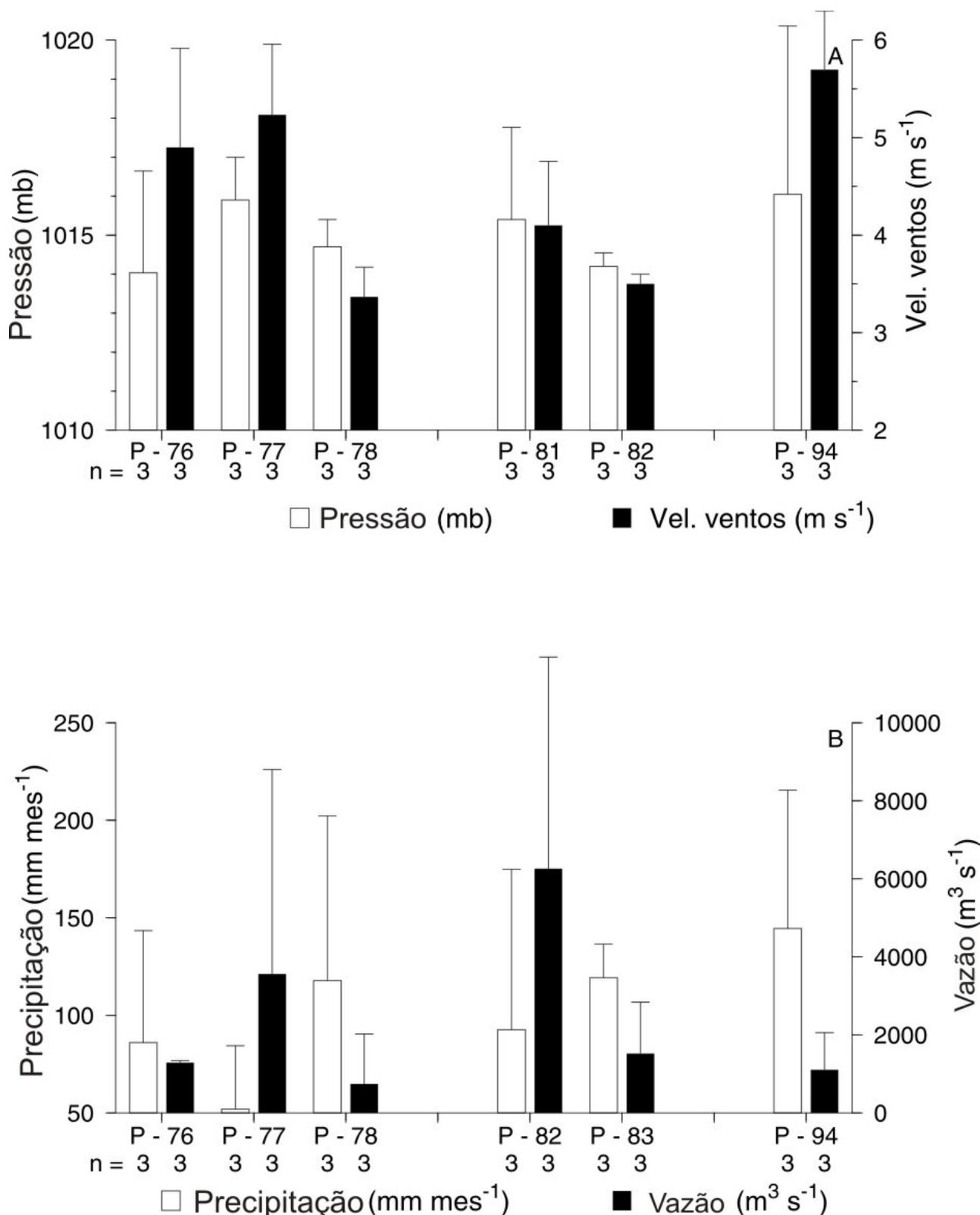


Figura 6. Valores médios e desvio padrão da A) pressão atmosférica (mb, barras claras) e velocidade do vento ( $m s^{-1}$ , barras escuras), B) precipitação ( $mm.mes^{-1}$ , barras claras) e vazão ( $m^3 s^{-1}$ , barras escuras) para os diferentes anos na primavera (P) Os números que seguem P correspondem aos dois últimos dígitos do anos utilizados. n=número de amostras disponíveis em cada ano.

A precipitação média foi maior no inverno ( $136 \pm 89 \text{ mm mês}^{-1}$ ) e menor no outono ( $97 \pm 44 \text{ mm mês}^{-1}$ ) (Fig. 4B). Entre os anos, o verão de 1983 foi o mais chuvoso ( $216 \pm 220 \text{ mm mês}^{-1}$ ) e o de 1982 o mais seco ( $81 \pm 40 \text{ mm mês}^{-1}$ ) (Fig. 5B). Já na primavera na variação interanual, a precipitação variou entre  $51 \pm 32 \text{ mm mês}^{-1}$  em 1977 e  $144 \pm 70 \text{ mm mês}^{-1}$  em 1994 (Fig. 6B).

A vazão para o ELP foi maior no verão ( $4448 \pm 3743 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) e diminuiu no inverno ( $1344 \pm 417 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), valores intermediários ocorreram no outono e primavera (Fig. 4B). No verão de 1982 houve a menor vazão ( $675 \pm 484 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), e no verão seguinte a maior

( $1759 \pm 1113 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) (Fig. 5B). Na primavera de 1978 houve a menor vazão ( $741 \pm 1281 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), enquanto que o máximo ocorreu na primavera de 1982 ( $6260 \pm 5424 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) (Fig. 6B).

#### *ABUNDÂNCIA DE OVOS*

Em relação à variação temporal, houve diferença significativa na abundância média de ovos entre as diferentes estações do ano (Tab. 1). A abundância média no verão ( $32 \pm 16 \text{ ovos } 100 \text{ m}^{-3}$ ), outono ( $2 \pm 3 \text{ ovos } 100 \text{ m}^{-3}$ ) e primavera ( $7 \pm 13 \text{ ovos } 100 \text{ m}^{-3}$ ) foram significativamente maiores do que no inverno ( $1 \pm 2 \text{ ovos } 100 \text{ m}^{-3}$ ) (Fig. 7A).

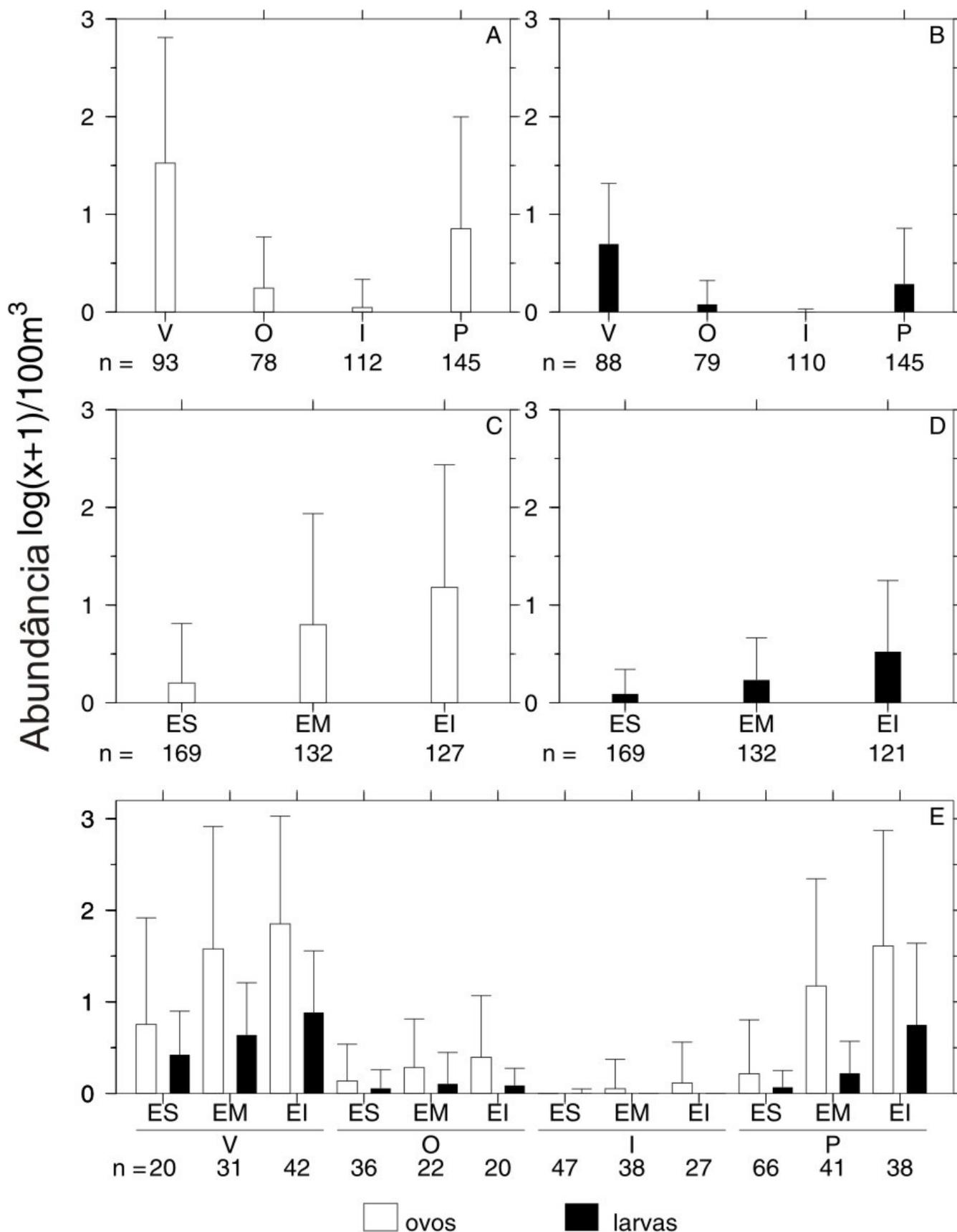


Figura 7. Abundância média ( $\log(x+1) 100 m^{-3}$ ) e desvio padrão de ovos (barra clara) e larvas (barra escura). A) e B) Para as diferentes estações do ano, C) e D) Para as diferentes áreas do estuário, E) Para a interação entre os fatores estação do ano e áreas do estuário. V- Verão, O – Outono, I – Inverno e P – Primavera; ES - estuário superior, EM – estuário médio e EI – estuário inferior; n = número de amostras disponíveis em cada estação do ano, área do estuário e estação do ano + área do estuário.

Quanto à distribuição espacial, houve um aumento significativo da abundância em direção a área do canal de acesso do ELP (Tab. 1, Fig. 7C). No estuário inferior, a abundância foi maior ( $15 \pm 18$  ovos

$100 \text{ m}^{-3}$ ), e há diferença significativa entre as áreas, indicando um efeito espacial sobre a distribuição de ovos no ELP (Tab. 1).

Tabela 1 – Resultado da análise de variância para a abundância de ovos e larvas de *M. furnieri* em diferentes áreas do estuário e estações do ano. (GL) graus de liberdade, (QM) quadrado médio, (ES) estuário superior, (EM) estuário médio, (EI) estuário inferior, (V) verão, (O) outono, (I) inverno e (P) primavera. (\*\*\*) nível de significância de  $p < 0,05$ . Teste a posteriori Tukey-HSD,  $p < 0,05$ .

	Efeito principal	GL	QM
Ovos	Estação do ano	3	36.93***
	Área do estuário	2	17.56***
	Estação X Área	6	4.15***
	Resíduo	416	0.72***
Tukey-HSD	Estação do ano	<u>V O P I</u>	
	Área do estuário	<u>ES EM EI</u>	
Larvas	Estação do ano	3	7.51***
	Área do estuário	2	2.71***
	Estação X Área	6	1.07***
	Resíduo	410	0.17***
Tukey-HSD	Estação do ano	<u>V P O I</u>	
	Área do estuário	<u>ES EM EI</u>	

Houve variação interanual significativa na abundância de ovos no verão e na primavera (Tab. 2, Fig 8 A e B). A maior abundância média de ovos ( $497 \pm 3$  ovos  $100 \text{ m}^{-3}$ ) foi registrada no verão de 1982, enquanto os demais verões apresentaram médias

menores (Tab. 2, Fig. 8A). A abundância de ovos na primavera de 1977 e 1982 foi significativamente menor do que na primavera de 1976 e 1994. Abundância intermediária de ovos foi encontrada na primavera de 1978 (Tab. 2, Fig. 8B).

Tabela 2 – Resultado da análise de variância para a abundância de ovos e larvas de *M. furnieri* para a diferença interanual entre os anos do verão e da primavera. (GL) graus de liberdade, (QM) quadrado médio, (ES) estuário superior, (EM) estuário médio, (EI) estuário inferior, (P) primavera, (V). Os números que seguem P e V correspondem aos dois últimos dígitos do anos utilizados. (\*\*\*) nível de significância de  $p < 0,05$ , (NS) não significativo. Teste a posteriori Tukey-HSD,  $p < 0,05$ .

Efeito principal		GL	QM
Ovos	Interanual - Primavera	4	7.79***
	Resíduo	134	1.15***
Tukey-HSD	Interanual - Primavera	<u>P76 P94 P78 P77 P82</u>	
	Interanual - Verão	5	5.03***
Tukey-HSD	Resíduo	87	1.46***
	Interanual - Verão	<u>V76 V82 V95 V77 V78 V83</u>	
Larvas	Interanual - Primavera	4	7.34***
	Resíduo	134	0.12***
Tukey-HSD	Interanual - Primavera	<u>P94 P76 P77 P78 P82</u>	
	Interanual - Verão	5	0.45 <sup>NS</sup>
	Resíduo	82	0.38

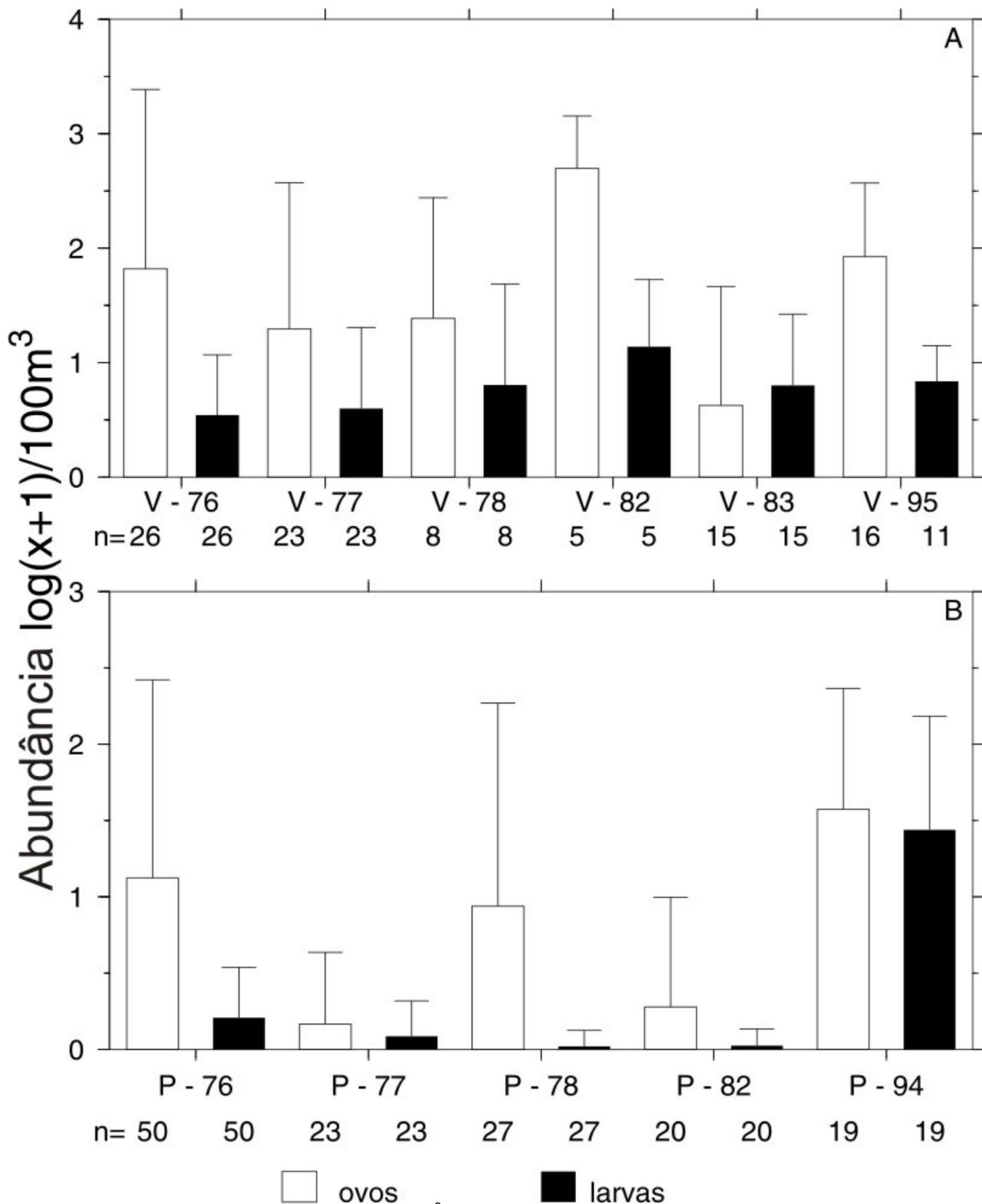


Figura 8. Abundância de média ( $\log(x + 1) 100\text{ m}^{-3}$ ) e desvio padrão de ovos (barra clara) e larvas (barra escura). A) Para a variação interanual no verão (V); B) Para a variação interanual na primavera (P); os números que seguem V e P correspondem aos dois últimos dígitos do anos utilizados; n = número de amostras disponíveis em cada ano.

### ABUNDÂNCIA DE LARVAS

A abundância média de larvas no ELP apresenta diferenças significativas em relação as estações do ano (Tab. 1, Fig. 7B). As maiores abundâncias de larvas ocorreram no verão ( $5 \pm 4$  larvas  $100 \text{ m}^{-3}$ ) e primavera ( $2 \pm 3$  larvas  $100 \text{ m}^{-3}$ ), enquanto no outono e inverno a abundância é menor por um fator de 10 vezes (Fig. 7B).

Houve diferença significativa nas médias da abundância de larvas para as diferentes áreas do ELP e o teste a-posteriori indica que são três áreas distintas entre si (Tab. 1). Na área inferior do ELP a abundância de larvas é maior ( $3 \pm 5$  larvas  $100 \text{ m}^{-3}$ ) e diminui até o estuário superior (Fig. 7D).

A anova duas vias indicou interação entre área e estações do ano (Tab. 1). Para o estuário inferior e médio, tanto no verão como na primavera, a abundância de média das larvas é significativamente maior que no outono e inverno na área superior do estuário (Fig. 7E).

Não houve diferença interanual significativa entre a abundância média de larvas durante o verão (Fig. 8A). Já na primavera existem diferenças significativas (Tab. 2). A abundância média na primavera de 1994 ( $27 \pm 6$  larvas  $100 \text{ m}^{-3}$ ) foi significativamente maior do que nos demais anos (Tab. 2, Fig. 8B).

### DISCUSSÃO

Em geral a abundância, biomassa, riqueza e composição de peixes estuarinos têm sido atribuídas principalmente a influências abióticas (Vieira & Castello 1998, Hagan & Able 2003), sendo que a temperatura foi freqüentemente citada como um fator importante da ocorrência de espécies em estuários (Cushing 1975, Ibagy & Sinque 1995, Witting *et al.* 1999, Sinque & Muelbert 1998). As abundâncias máximas de ovos e larvas de *M. furnieri* foram encontradas entre os meses da primavera e verão, onde também se encontram as maiores temperaturas. Este fato também foi verificado em outros estuários em latitudes temperadas ao redor do mundo (Neira *et al.* 1992, Harris *et al.* 1999, Hagan & Able 2003, Berasategui *et al.* 2004).

Entre os fatores ambientais, a pressão atmosférica obteve os menores valores na primavera

e verão, enquanto a velocidade do vento tem um padrão inverso (Fig. 4). A direção e a velocidade do vento podem ser fatores importantes para o transporte de ovos e larvas se a desova ocorre em áreas adjacentes ao ELP (Muelbert & Weiss, 1991).

O padrão sazonal de ventos pode indicar que a primavera é um período importante para o transporte para o interior do ELP (Muelbert & Weiss 1991, Sinque & Muelbert 1998). Durante o período reprodutivo o regime de ventos em direção à costa cria condições polihalinas (Costa *et al.* 1998), aumentando o transporte de ovos e larvas para áreas interiores proporcionando a ocupação de áreas favoráveis para alimentação e crescimento. Ao contrário, quando as condições de vento predominam em direção a região oceânica, na época da desova, podem ocasionar condições desfavoráveis ao recrutamento, diminuindo o transporte e ingresso de ovos e larvas para o ELP e possivelmente efeitos sobre o estoque adulto para o ano seguinte. As evidências foram mais claras quando associa-se a maior intensidade da velocidade do vento e maiores temperaturas na primavera e verão com a maior abundância de ictioplâncton.

A drenagem da Lagoa dos Patos apresenta uma variação sazonal definida, com alta drenagem no final do inverno e início da primavera e períodos com baixa drenagem ao longo do verão e outono (Möller *et al.* 2001). Entretanto, os resultados mostraram que para o período estudado este padrão não se repetiu. A menor vazão média encontrada para o inverno pode refletir condições da bacia hidrográfica da LP no período estudado e uma alta variabilidade interanual. Valores acima da vazão média foram encontrados no verão de 1983 e na primavera de 1982. A alta vazão no verão de 1983 pode ser resultado de alta precipitação na primavera de 1982. Esta combinação de precipitação e drenagem pode auxiliar na explicação das baixas abundâncias de ovos e larvas para estes períodos, que correspondem a épocas de reprodução e aumento da abundância de ictioplâncton no ELP (Sinque & Muelbert, 1998).

Outro resultado que apoiou esta situação foi o fato de que no verão, onde a abundância de ovos foi maior, houve diferença interanual e os anos com salinidade mais alta e vazão baixa (1982 e 1995) foram os anos onde a abundância de ovos foi maior.

Esta evidência sugeriu que a salinidade seja um importante fator ambiental, já que nesta época do ano ocorreu a desova em áreas próximas ao canal de acesso (Ibágy & Sinque 1995) e ocorreram condições polihalinas (Costa *et al.* 1998). Processos estuarinos que afetam a eclosão ou transporte de larvas (Witting *et al.* 1999), ou eventos episódicos de drenagem e intensidade dos ventos na escala sazonal, podem determinar a sobrevivência das larvas e retenção de ovos (North & Houde 2001). Esta combinação de fatores pareceu explicar a relação entre variabilidade temporal e área de desova no ELP.

A variabilidade interanual da abundância foi significativa, o que indicou que as condições ambientais puderam afetar a presença dos ovos e larvas no ELP de uma maneira complexa. É possível que para o ELP a variabilidade interanual da abundância foi afetada por mudança nos padrões de intrusão salina e condições ambientais. Fatores ambientais com variabilidade interanual influenciam o recrutamento anual e podem regular o tempo de desova e dispersão de larvas (Potter *et al.* 2001). No ELP, períodos de La Niña podem apresentar menores taxas de precipitação e drenagem e o inverso ocorre em anos de El Niño (Garcia *et al.* 2001).

A maior drenagem, padrão de correntes costeiras, regime de vazante e tempo de residência de água no estuário podem alterar a posição da pluma (Kingsford & Suthers 1994, Fernandes *et al.* 2001) que pode favorecer a retenção ou transporte de ovos e larvas para áreas próximas a desembocadura do ELP. Esta situação provavelmente ocorreu em 1983, quando a alta vazão pode ter influenciado na baixa abundância de ovos na primavera e provavelmente condições desfavoráveis para crescimento e alimentação. Por outro lado para um cenário de intrusão salina e baixa precipitação, como o verão de 1982, pode-se esperar uma mudança no padrão de abundância com o aumento de ovos e provavelmente um sucesso maior no recrutamento de larvas. Este fato foi evidenciado no verão de 1982 onde se observou um aumento da abundância de *M. furnieri*. No período entre 1981 e 1983 houve concordância na fase dos picos de precipitação e vazão para a LP, entretanto o mesmo não ocorreu entre 1975 e 1978, onde encontrou-se as menores abundâncias de larvas de *M. furnieri* para o estuário

superior. Possivelmente ocorreu um efeito da precipitação como forçante local, já que períodos com baixa precipitação no verão de 1975 estiveram em fase com a baixa frequência de larvas de *M. furnieri*.

A abundância de ovos e larvas de *M. furnieri* foi estimada com a sua distribuição espacial mais concentrada na área de desembocadura do ELP e a combinação de fatores bióticos como disponibilidade alimentar e fatores abióticos como salinidade e temperatura poderiam ter favorecido a ocorrência de larvas na entrada de estuários (Drake & Arias 1991). Neste trabalho houve evidências de que a temperatura é uma variável importante para o recrutamento ao ELP, enquanto a dinâmica da salinidade pode ter maior importância em relação à distribuição nas diferentes áreas do ELP. A salinidade como indicador de intrusão salina foi um fator que prevalece para explicar a ocorrência de ovos (Muelbert & Weiss 1991).

O balanço entre os fatores bióticos, como a reprodução do estoque adulto, disponibilidade alimentar, migração ontogenética e desova, e fatores abióticos, como temperatura, salinidade e outros fatores ambientais, definem anos de recrutamento ótimo ou falha no recrutamento (Witting *et al.* 1999, Bell *et al.* 2001). Este balanço pode ser alterado, onde fatores abióticos podem ser preponderantes sobre fatores bióticos, alterando o recrutamento para o ELP. A dinâmica da variação entre a biologia reprodutiva da espécie e, condições ambientais definem anos favoráveis ou desfavoráveis para o recrutamento a áreas de berçário no ELP.

É importante considerar os possíveis efeitos da reprodução sobre a distribuição espacial de ovos e larvas de peixes. *M. furnieri* reproduz em áreas costeiras próximas a entrada do ELP (Ibágy & Sinque 1995, Castello 1998), e a periodicidade e intensidade da desova podem estar superando a influência dos fatores abióticos na determinação de sua distribuição sazonal. Os fatores ambientais provavelmente não afetaram a distribuição sazonal, já que as larvas ocorrem em períodos bem definidos pela reprodução. Entretanto, a variabilidade interanual dos fatores ambientais, poderia ter efeito na distribuição espacial dos ovos e larvas no ELP. Anos onde os padrões ambientais foram distintos, como no verão de 1982 e 1983, é provável que o recrutamento de ovos e larvas

também seja diferente. A combinação dos efeitos da drenagem e precipitação e o período de desova sugeriram que pode haver retenção ou transporte de ovos e larvas de sua área de desova costeira para o canal de acesso ou interior do ELP.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho, a abundância de ovos e larvas sugeriu que, independentemente da variabilidade temporal, *M. furnieri* utilizou o ELP como zona de criação e o recrutamento se deu preferencialmente entre os meses da primavera e verão. Para ovos de *M. furnieri* o padrão de distribuição da abundância apresentou o padrão sazonal definido pela desova.

Para as larvas, a combinação dos efeitos bióticos com os efeitos ambientais, especialmente a precipitação e a drenagem, determinaram a magnitude distribuição espacial e a variabilidade interanual no ELP.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton da FURG pela infraestrutura disponibilizada e ao Dr. Osmar O. Möller pela cedência dos dados de vazão. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma bolsa de mestrado a MAB, do qual este trabalho é parte, e à JHM (proc. 305969/03-0). Trabalho desenvolvido com recursos do Programa de Ecologia de Longa Duração (PELD - CNPq Proc. # 520188/98-5). Agradecemos os comentários de dois revisores anônimos.

## LITERATURA CITADA

- BELL, K.N.I., P. D. COWLEY & A. K. WHITFIELD. 2001. Seasonality in Frequency of Marine Access to an Intermittently Open Estuary: Implications for Recruitment Strategies. *Estuar. Coast. Shelf S.* 52, 327–337.
- BERASATEGUI, A.D., E.M. ACHA & N.C.F. ARAOZ. 2004. Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Río de La Plata Estuary (Argentina-Uruguay). *Estuar. Coast. Shelf S.*, 60: 599-610.
- BLABER, S., M.J.FARMER, D.A.MILTON, J.PANG, O.BOON TECK, & P.WONG 1997. The ichthyoplankton of selected estuaries in Sarawak and Sabah: Composition, distribution and habitat affinities. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 45:197-208.
- CALLIARI, L.J. 1998. Características geológicas. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P., editores. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, 13-18. Editora Ecoscientia, Rio Grande.
- CASTELLO, J. P. 1976. Projeto lagoa: Relatório do primeiro cruzeiro, 1975 a 1976. In: CASTELLO, J. P. (ed.). PROJETO LAGOA, volume 1-4 da Série Relatórios: Base Oceanográfica Atlântica. Editora da FURG, 68p.
- CASTELLO, J. P. 1977. Projeto lagoa: Relatório dos cruzeiros, 1976 a 1977. In: CASTELLO, J. P., (ed.). PROJETO LAGOA, volume 5-7 da Série Relatórios: Base Oceanográfica Atlântica. Editora da FURG, 80p.
- CASTELLO, J. P. 1978. Projeto lagoa: Relatório dos cruzeiros, 1977 a 1978. In: CASTELLO, J. P., (ed.). PROJETO LAGOA, volume 8-10 Série Relatórios: Base Oceanográfica Atlântica. Editora da FURG, 70p.
- CASTELLO, J.P. 1998. Teleósteos Pelágicos. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & J.P. CASTELLO, (eds.). *Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecoscientia, Rio Grande, 326p.
- COSTA, C., U. SEELIGER, U., & P. G. KINAS 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.
- CUSHING, D. H. 1975. Marine ecology and fisheries. Cambridge : Cambridge University, 278p.
- DAY, J.J.W., C.A.S., HALL, W.M., KEMP & ALVAREZ-ARENCHIBA. 1989. Estuarine Ecology. J. WILEY, New York. 558p.
- DRAKE, P. & M.A.ARIAS 1991. Ichthyoplankton of a shallow coastal inlet in southwest Spain: Factors contributing to colonization and retention. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 32:347-364.
- FERNANDES, E.H.L. K.R. DYER, O.O. MÖLLER, L.F.H. NIENCHESKI. 2001. The Patos Lagoon hydrodynamics during an El Niño event (1998). *Cont. Shelf Res.* 22: 1699-1713.
- GARCIA, C. A. E. 1998. Características hidrográficas. In SEELIGER, U., ODEBRECHT, C., & J.P. CASTELLO (eds.). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, pag. 18-21. Editora Ecoscientia, Rio Grande, 326p.
- GARCIA, A.M., VIEIRA, J.P., & WINEMULLER, K.O. 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *J. Fish Biol.*, 59:1218-1238.
- GOVONI, J. 1997. The association of the population recruitment of gulf menhaden, *Brevoortia patronus*, with Mississippi river discharge. *J. Mar. Syst.*, 12:101-108.
- HAGAN, S.M. & ABLE, K.W. 2003. Seasonal changes of the pelagic fish assemblage in a temperate estuary. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 56: 15-29.
- HARRIS, S., D. CYRUS, & L. BECKLEY 1999. The larval fish assemblage in nearshore coastal waters of the St. Lucia estuary, South Africa. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 49:789-811.
- HARRIS, S., D. CYRUS, & L. BECKLEY 2001. Horizontal trends in larval fish diversity and abundance along an ocean-estuarine gradient on the northern Kwazulu-Natal coast, South Africa. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 53:221-235.
- IBAGY, A. S. 1997. Composição, distribuição e variação nictimeral do ictioplâncton do estuário da Lagoa dos Patos RS Brasil. Tese de Mestrado, FURG, 127p.
- IBAGY, A. S. & SINQUE, C. 1995. Distribuição de ovos e larvas de Sciaenidae (Perciformes-Teleostei) na região costeira do Rio Grande do Sul – Brasil. *Arq. Biol. Tecnol.* 38(1):249-270.
- KINGSFORD, M. & I. SUTHERS 1994. Dynamic estuarine plumes and fronts: importance to small fish and plankton in coastal Waters of NSW, Australia. *Cont. Sh. Res.*, 14(6):655-672.
- KJERFVE, B. 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLF, D. A., editor, *Estuarine Variability*, 63-81. Academic Press, San Diego.
- LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE 1983. Numerical Ecology. Elsevier Scientific Publishing Company, 182p.
- MÖLLER, O.O., P. CASTAING, J. SALOMON, & LAZURE, P. P. 2001. The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. *Estuaries*, 24(2):297-301.
- MUELBERT, J. H. 1986. Estrutura e dinâmica do ictioplâncton da área de canal, no estuário da Lagoa dos Patos, RS, no período outono/81 a verão/83. Tese de Mestrado, FURG, 88p.

- MUELBERT, J.H. & G.WEISS 1991. Abundance and distribution of fish larvae in the channel area of Patos Lagoon estuary, Brazil. In DUBY, R., (ed.). Larval Fish recruitment and Research in the Americas: *Proceedings of the Thirteenth Annual Fish Conference*, volume 95, pages 43-54. NOAA Tech. Rep. NMFS.
- NEIRA, E., I. C. POTTER, & J. S. BRADLEY 1992. Seasonal and spatial changes in the larval fish fauna within a large temperate Australian estuary. *Mar. Biol.*, 112:1-16.
- NORTH, E. W. & E.D.HOUDE 2001. Retention of white perch and striped bass larvae: Biological-physical interactions in Chesapeake bay estuarine turbidity maximum. *Estuaries*, 24(5):756-769.
- POTTER, I.C., D.J. BIRD, P.N. CLARIDGE, K.R. CLARKE, G.A. HYNDES & L.C. NEWTON. 2001. Fish fauna of the Severn Estuary. Are there long-term changes in abundance and species composition and are the recruitment patterns of the main marine species correlated? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 258(1):15-37.
- SINQUE, C. & J. H. MUELBERT 1998. Ictioplâncton. In SEELIGER, U., C. ODEBRECHT, & J. P. CASTELLO, (eds.). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, p. 56-60. Ecoscientia, Rio Grande, 326p.
- UNDERWOOD, A. J. 1997. *Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge: Cambridge University, 504p.
- UFPEL. Estação Meteorológica 83985. Disponível em: <http://laranjal.cpact.embrapa.br/estacao/mensal.html>. Acesso em: 10/09/2003
- VIEIRA, J.P. & J. P. CASTELLO 1998. Ictiofauna. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. In SEELIGER, U., C. ODEBRECHT, & J.P.CASTELLO, (eds.), p. 60-68. Editora Ecoscientia, Rio Grande, 326p.
- WEISS, G. 1981. Ictioplâncton del Estuario da Lagoa dos Patos Brasil. Tese de Doutorado, Univ. Nacional de La Plata, 164p.
- WHITFIELD, A.K. 1989. Ichthyoplankton interchange in the mouth region of a southern African estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 54, 25-33.
- WITTING, D., K.W.ABLE, & M.P.FAHAY 1999. Larval fishes of a middle atlantic bight estuary: Assemblage structure and temporal stability. *Can. J. of Fish. and Aq. S.*, 56:222-230.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 718p.

Recebido: 02/12/2004

Aceito: 19/02/2009