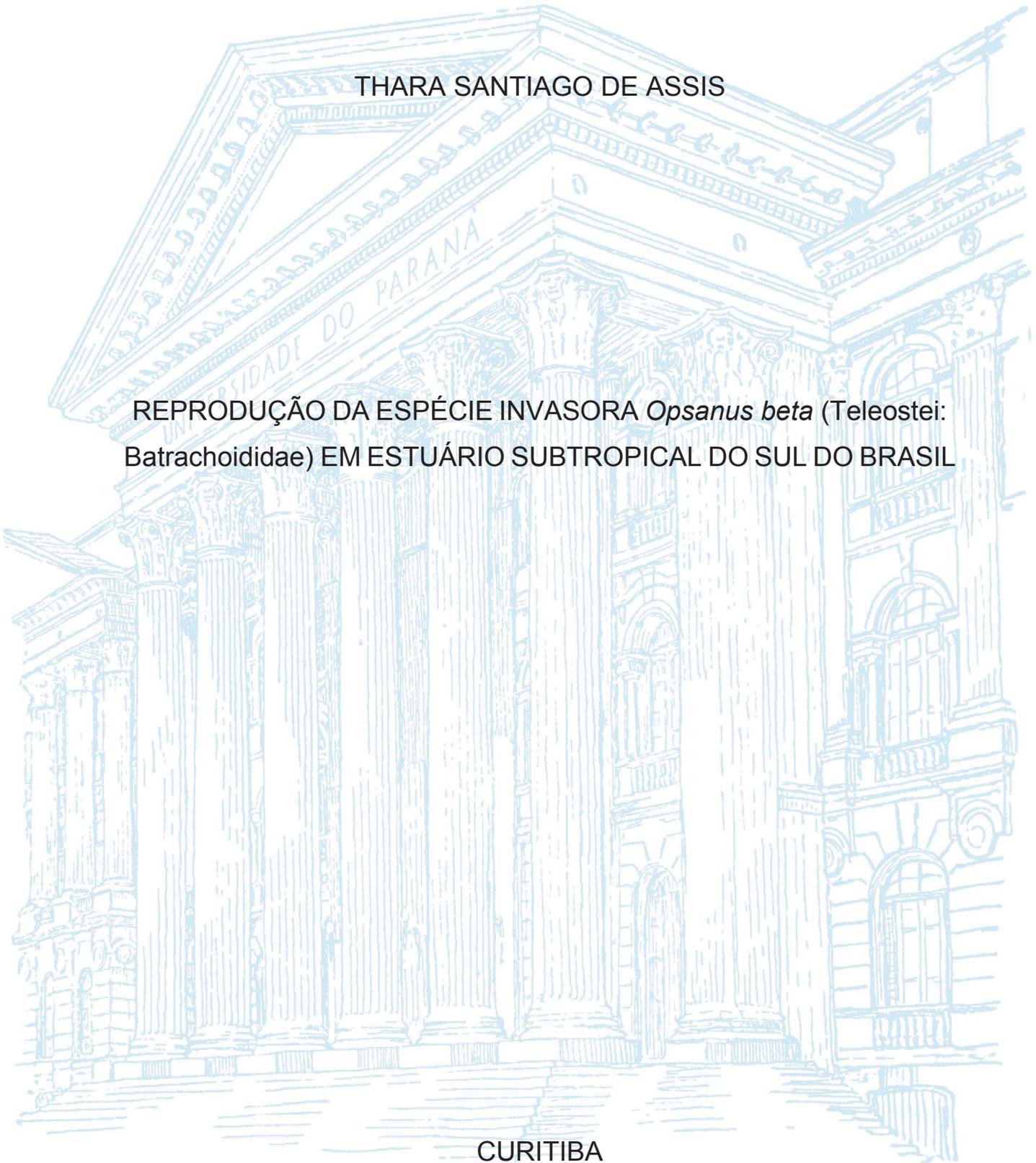


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THARA SANTIAGO DE ASSIS

REPRODUÇÃO DA ESPÉCIE INVASORA *Opsanus beta* (Teleostei:
Batrachoididae) EM ESTUÁRIO SUBTROPICAL DO SUL DO BRASIL

CURITIBA
2021



THARA SANTIAGO DE ASSIS

REPRODUÇÃO DA ESPÉCIE INVASORA *Opsanus beta* (Teleostei:
Batrachoididae) EM ESTUÁRIO SUBTROPICAL DO SUL DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Fávaro

CURITIBA
2021

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Assis, Thara Santiago de
Reprodução da espécie invasora *Opsanus beta* (Teleostei:
Batrachoididae) em estuário subtropical do sul do Brasil. / Thara Santiago
de Assis. – Curitiba, 2021.
43 p.: il.

Orientador: Luís Fernando Fávaro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação.

1. Peixes - Reprodução. 2. Peixes - Histologia. 3. Teleósteos - Brasil. 4.
Bioinvasão. I. Título. II. Fávaro, Luis Fernando, 1986-. III. Universidade
Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Conservação.

CDD (22. ed.) 597.62

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **THARA SANTIAGO DE ASSIS** intitulada: **Reprodução da espécie invasora *Opsanus beta* (Teleostei: Batrachoididae) em estuário subtropical do sul do Brasil**, sob orientação do Prof. Dr. LUIS FERNANDO FÁVARO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 30 de Julho de 2021.

Assinatura Eletrônica 02/08/2021

10:45:07.0

LUIS FERNANDO FÁVARO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

05/08/2021 14:49:34.0

ELTON CELTON DE OLIVEIRA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

02/08/2021 13:47:15.0

BARBARA MAICHAK DE CARVALHO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado a vida, por ter me sustentando nesse período, por ter aberto essa porta, essa oportunidade incrível de realizar esse mestrado.

Ao professor Dr. Luís Fernando Fávaro, que mesmo antes que eu ingressasse no programa, me incentivou e me apoiou, e por toda orientação durante o curso, por todos os conselhos e direcionamentos, que com certeza levarei para toda vida.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UFPR, por todo apoio e incentivo, pelas oportunidades criadas e pelo conhecimento repassado através de profissionais que se tornaram referências para minha vida pessoal e profissional.

Aos colegas de laboratório que tornaram a caminhada mais leve e divertida, que me ensinaram diversas técnicas, e me ajudaram muito com meus peixes.

Aos colegas de turma, que entraram comigo no mesmo processo seletivo, que compartilhei todo o trajeto durante esses dois anos, que me ensinaram muito e que se tornaram referenciais para mim.

Ao pescador Romildo, que coletou durante 12 meses os peixes, um ser humano de coração sem igual, sempre muito atencioso e carinhoso, atendendo as necessidades das minhas coletas.

Aos meus pais, Ana Lucia e Kuthumi, e meu irmão, Nathan, por todo suporte durante o curso, por sempre acreditarem em mim e me lançarem como flecha. Com certeza sem vocês isso não seria possível.

Aos meus amigos, que desde o começo sonharam comigo, incentivaram e continuam incentivando, pelo carinho, pela compreensão.

Ao meu noivo Rafael, que tem sido meu maior incentivador, carinhoso, compreensivo, parceiro, melhor amigo e dividiu comigo todos os momentos desafiadores e maravilhosos. Obrigada por viver tudo isso comigo.

Agradeço a todos, que de alguma forma, torceram, oraram e fizeram parte desse processo.

RESUMO

A espécie de peixe *Opsanus beta*, peixe-sapo, foi relatada em áreas portuárias na costa do Brasil, em Santos/SP em 2005, em Paranaguá/PR em 2007 e em Guaratuba em 2020, possivelmente introduzida por água de lastro. Por ser uma espécie, atualmente, considerada invasora no Brasil, o objetivo desse estudo consiste em avaliar as táticas reprodutivas utilizadas pela espécie no estuário de Paranaguá, região subtropical do sul do Brasil, através da utilização de duas séries amostrais (2011-2012 e 2019-2020). Os exemplares foram obtidos com utilização de espinhéis na primeira série e manualmente na maré baixa na segunda série temporal. Após o registro dos dados morfométricos (comprimento e peso total), foi realizada a determinação macroscópica do sexo e dos estádios de desenvolvimento gonadal e, posteriormente, a análise microscópica das gônadas. As análises reprodutivas utilizadas foram a curva de maturação, distribuição da frequência dos estádios de desenvolvimento gonadal (mensal e sazonal), fator de condição total e somático, comprimento de primeira maturação e proporção sexual. Os resultados obtidos demonstram que a população de *O. beta* utiliza o estuário em todo o seu ciclo de vida, inclusive como sítio de desova. Fêmeas e machos apresentam gônadas capazes de se reproduzir e parcialmente esvaziadas em, praticamente, todo o período amostrado, sendo o período reprodutivo longo, com pico de atividade nos períodos de menor temperatura e desova do tipo parcelada. A parcela da população analisada evidenciou um predomínio de machos sobre as fêmeas. O comprimento de primeira maturação para fêmeas (10cm) foi considerado precoce, indicando atividade reprodutiva em exemplares de tamanhos reduzidos. Através dos resultados obtidos, concluímos que as táticas reprodutivas utilizadas pela espécie possibilitam alcançar o sucesso reprodutivo e se manterem no ambiente invadido.

Palavras-chaves: táticas reprodutivas, ciclo reprodutivo, histologia, espécie exótica.

ABSTRACT

The fish species *Opsanus beta*, Gulf toadfish, has been reported in port areas from the Brazilian coast (i.e., Santos- São Paulo, 2005, Paranaguá- Paraná, 2007, and Guaratuba- Paraná, 2020). It was most likely introduced through ballast water and is considered to be an invasive species in Brazilian waters. Therefore, this study aimed to assess differences in temporal reproductive tactics used by *O. beta* across the subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, southeastern Brazil. Fish samples were obtained between 2011-2012 and 2019-2020 through longline fishing in the former sampling period and manually (low tide) in the latter. Once morphometric measurements (length and total weight) were obtained, the macroscopic determination of sex and stages of gonadal development was performed, followed by the microscopic analysis of the gonads. Maturation curves were estimated, as well as the frequency distribution of the gonadal developmental stages (seasonally and monthly), total and somatic condition factor, length at first maturation, and sex ratio. The results suggest that population of *O. beta* from the study area uses the estuary throughout its entire life cycle, including as a spawning site. Females and males presented gonads capable of reproducing and partially spawned along the entire sampled periods, and males were more numerous than females. The species displayed a long reproductive period, with peak activity in periods of lower temperature. The length at first maturity for females (10cm) was considered precocious, indicating reproductive activity in small-sized individuals. Considering the results obtained herein, we suggest that the reproductive tactics used by *O. beta* allow it to achieve reproductive success and remain in the invaded environment.

Keywords: reproductive tactics, reproductive cycle, histology, exotic species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do estuarino de Paranaguá, litoral subtropical no sul do Brasil, evidenciando a área de coletas. Círculo com linha pontilhada referente as coletas dos anos 2011/2012 e círculo linha contínua as coletas dos anos 2019/2020.....15

Figura 2 – Escala de desenvolvimento ovariano de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A – Ovário em desenvolvimento; B – Ovário capaz de desovar; C e D – Ovários semidesovados e E – ovário desovado. Folículos ovarianos em diferentes fases de desenvolvimento: Fase II (FII), Fase III (FIII), Fase V (FV), Fase VI (FVI) e Folículos Pós ovulatórios (estrela azul).....21

Figura 3 – Escala de desenvolvimento testicular de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A -Testículo imaturo com túbulos seminíferos com luz reduzida e um único tipo celular da linhagem espermática; B – Testículo em desenvolvimento demonstrando diferentes tipos celulares da linhagem germinativa (setas coloridas); C – Testículo capaz de espermizar com túbulos seminíferos preenchidos quase que exclusivamente por espermatozoides (seta branca); D – Testículo Semiespermiado, túbulos seminíferos com quantidade diminuída de espermatozoides e presença de espaços vazios (setas verdes) e E – Testículo espermiado. Coloração HE.....22

Figura 4 - Curvas de maturação de fêmeas e machos de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- referente ao período 2011/2012 e B- ao período 2019/2020.....23

Figura 5 – Distribuição da frequência percentual mensal dos estádios de desenvolvimento gonadal de *O. beta* capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- fêmeas, B- machos da serie temporal 2011/2012, C- fêmeas e D- machos da serie temporal 2019/2020. Estádios: A– imaturo; B– em desenvolvimento; C– capaz de desovar/espermizar; SD– Semidesovado; SE– Semiespermiado; D– desovado e E– espermiado.....24

Figura 6 - Distribuição da frequência percentual sazonal dos estádios de desenvolvimento gonadal de *O. beta* capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- fêmeas, B- machos da serie temporal 2011/2012, C- fêmeas e D- machos da serie temporal 2019/2020.....26

Figura 7 - Valores médios mensais do fator de condição total (K) e somático (K') de *O. beta* capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- fêmeas, B- machos da serie temporal 2011/2012, C- fêmeas e D- machos da serie temporal 2019/2020.....28

Figura 8 - Curva de comprimento de primeira maturação para fêmeas e machos de *O. beta*, capturados no período de 2019/2020 no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil.....31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização microscópica dos estádios de desenvolvimento ovariano e testicular de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil.....20

Tabela 2 - Proporção sexual mensal e sazonal de espécimes de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente a série amostral de 2011/2012. * diferença significativa ($X^2 = 3.84$, $p < 0.05$).....29

Tabela 3 - Proporção sexual mensal e sazonal de espécimes de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente a série amostral de 2019/2020. * diferença significativa ($X^2 = 3.84$, $p < 0.05$).....30

Tabela 4 - Distribuição mensal da Temperatura Média (T°C) e da Precipitação Total (mm) na área estuda do estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente às séries amostrais de 2011/2012 e 2019/2020. Os valores em negrito representam os meses com os menores valores de precipitação total do período 2019/2020, quando comparados com o período 2011/2012.....32

Tabela 5 - Distribuição sazonal da Temperatura Média (T°C) e da Precipitação Total (mm) na área estuda do estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente as séries amostrais de 2011/2012 e 2019/2020. Os valores em negrito representam as estações com os menores valores de precipitação total do período 2019/2020, quando comparados com o período 2011/2012.....33

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
• Área de Estudo.....	14
• Coleta de Dados.....	16
• Análise de Dados.....	16
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO.....	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

INTRODUÇÃO

O conhecimento das características reprodutivas, em geral, permite entender quais as táticas utilizadas pelas espécies exóticas para alcançar o sucesso reprodutivo e assim se estabelecer no novo ambiente. Para uma espécie se tornar invasora e obter sucesso, necessita passar por três fases que compreendem: (1) o transporte do seu local de origem para o novo local; (2) o acesso ao novo ambiente e capacidade para sobreviver após esse primeiro contato e (3) se estabelecer nesse novo local, através da reprodução e sobrevivência, constituindo uma população viável (Carlton, 1996).

A forma como cada espécie responde a introdução é diferente (Bovy et al., 2015; Townsend et al., 2015) entretanto, a maioria consegue se alastrar por grandes áreas em um curto período de tempo, dificultando o controle e a possível remoção do local da introdução (Alpert et al., 2000; Perkins e Hatfield, 2014). Os fatores que mais influenciam no estabelecimento de uma espécie introduzida é a intensidade com que a introdução ocorre, medido pelo número de indivíduos que são transportados e a frequência com que isso ocorre (Colautti et al., 2006). Mesmo sendo um assunto que tem despertado o interesse de pesquisadores nos últimos anos, ainda é difícil mensurar os impactos de uma bioinvasão devido à falta de informações sobre o período em que ocorreu a introdução da espécie e o momento em que ela conseguiu se estabelecer no novo ambiente (Essl et al., 2011).

A literatura relata que o ambiente invadido sofre diferentes tipos e intensidade de danos, tais como: redução da diversidade nativa pela ausência de predadores, risco sanitário porque a espécie invasora pode servir de vetor para diferentes patógenos, alteração na atividade pesqueira, que por sua vez prejudica a atividade socioeconômica de comunidades tradicionais, dentre outros. Ainda, a ocupação de nicho pelas espécies invasoras pode levar a interações interespecíficas negativas e pelo fato da espécie ser nova no local, o controle bottom-up ou top-down pode não ser eficiente e possibilitar alterações nos processos ecológicos e na qualidade dos serviços ecossistêmicos locais. O efeito das espécies invasoras nas interações biológicas (competição, parasitismo, predação), em ambientes aquáticos, tem sido tema de diversos

estudos (Font, 2003; Cox e Lima, 2006), bem como a redução da biodiversidade nativa (Gurevitch e Padilla, 2004).

Em ambientes aquáticos, as introduções podem ocorrer de maneiras direta e/ou indireta. Na primeira situação incluem ações antrópicas como a maricultura, recreação e ainda, através de descarte de organismos utilizados na pesca, como iscas. Na segunda situação estão consideradas as introduções feitas através de embarcações, por incrustação em cascos de barcos/navios e liberação da água de lastro (Carlton, 2001; Carvalho et al., 2020). De acordo com Sala et al., (2000), as espécies introduzidas desempenham efeitos mais severos em ambientes aquáticos, por apresentarem menor resistência aos filtros bióticos e abióticos (Rahel e Olden, 2008; Duncan, 2011).

Para prevenir a invasão, é de extrema importância identificar o vetor responsável pela disseminação da espécie exótica, além de compreender a história de vida da espécie e da invasão, taxas de expansão da distribuição, possíveis pontos de introdução, entre outros. Entretanto, é difícil estabelecer uma ligação entre o vetor que introduziu e a espécie invasora (Hewitt et al., 2009). Para prever a probabilidade de uma espécie se tornar invasora, a forma mais eficiente é determinar os fatores de riscos a partir das características da espécie em relação a reprodução, crescimento e a manutenção de população viável (Moyle e Marchetti 2006), e a possibilidade da espécie já ter invadido outras áreas (Marchetti et al, 2004).

Há poucos dados disponíveis na literatura sobre os aspectos reprodutivos de espécies invasoras. Sendo a reprodução um dos principais processos biológicos que determina o estabelecimento e manutenção de uma espécie exótica em um determinado ambiente, torna-se importante avaliar as características reprodutivas dessas espécies

Esse estudo se contextualiza no processo de introdução da espécie *Opsanus beta* (Goode e Bean, 1880), de distribuição natural no Atlântico Central Oeste, do Golfo do México até Palm Beach, na Flórida (Franco-Lópes et al., 2017; Thorson e Fine, 2002; Collette, 2002), a qual foi relatada no Brasil, nas áreas portuárias de Santos/SP em 2005 (Tomás et al, 2012), de Paranaguá/PR em 2007 (Caires et al., 2007), na baía da Guanabara/RJ em 2017 (Cordeiro et al., 2020), na baía de Sepetiba/RJ em 2018 (Andrade-Tubino

et al., 2021) e na área não portuária da baía de Guaratuba/PR em 2020 (Carvalho et al., 2020). Visto que no Brasil mais de 95% do comércio com o exterior é realizado por via marítima, há grande probabilidade de que a introdução de *O. beta* tenha ocorrido por água de lastro (ANVISA, 2002).

A referida espécie é representante da família Batrachoididae, na qual os indivíduos estão associados ao fundo, e comumente utilizam troncos caídos, cavidades de rochas e conchas para refúgio (Malca et al., 2009). São caracterizados por serem resistentes, territorialistas e agressivos (Gray e Winn, 1961), sendo caracterizados como predadores de espreita que se alimentam compulsivamente, considerados polifágicos, ou seja, se alimentam de peixes, crustáceos e moluscos (Hobson, 1965; Emery, 1973).

Considerando que a caracterização da reprodução de uma espécie invasora é importante para entender o uso que faz do ambiente e como essa espécie pode atuar sobre as espécies nativas, esse estudo objetivou avaliar a reprodução de *Opsanus beta* em um estuário subtropical no sul do Brasil, através de duas séries temporais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado no estuário de Paranaguá, situado no litoral do estado do Paraná, região subtropical no sul do Brasil. Foram utilizadas duas séries temporais (outubro/2011 a setembro/2012 e outubro/2019 a setembro/2020). As coletas do período 2011/12 ocorreram entre as coordenadas 25° 29' 50"S / 48° 30' 60"W e 25° 28' 52"S / 48° 30' 34"W, enquanto as coletas referentes ao período 2019/2020 ocorreram sob as coordenadas 25° 25' 20"S / 48° 24' 26" W e 25° 26' 22"S / 48° 24' 52"W. As áreas de coleta encontram-se sob influência da região portuária de Paranaguá; (Fig. 1).

O estuário de Paranaguá, localizado pelas coordenadas 25° 15'S / 48° 45'W e 25° 35'S / 48° 10'W na costa norte do estado do Paraná, sul do Brasil, constitui um dos maiores sistemas estuarinos do sudoeste do Atlântico (IAPARDES, 2001). Esse sistema é composto pelas baías de Paranaguá e de

Antonina, no eixo leste-oeste, e pelas baías de Guaraqueçaba, dos Pinheiros e das Laranjeiras, no eixo norte-sul (Lana et al., 2001).

O clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (tipo Cfa), segundo a classificação de Köppen, com verão quente e sem uma estação seca bem definida. A temperatura média no verão está acima dos 22°C enquanto no inverno a média fica abaixo dos 18°C (Maack, 1981). O período chuvoso abrange os meses de outubro a março, correspondendo à primavera e ao verão, já o período seco engloba os demais meses, nas estações outono e inverno (Lana et al., 2001), com uma média anual de 2500 mm de chuva e 84,5% de umidade do ar (Bigarella, 1978).

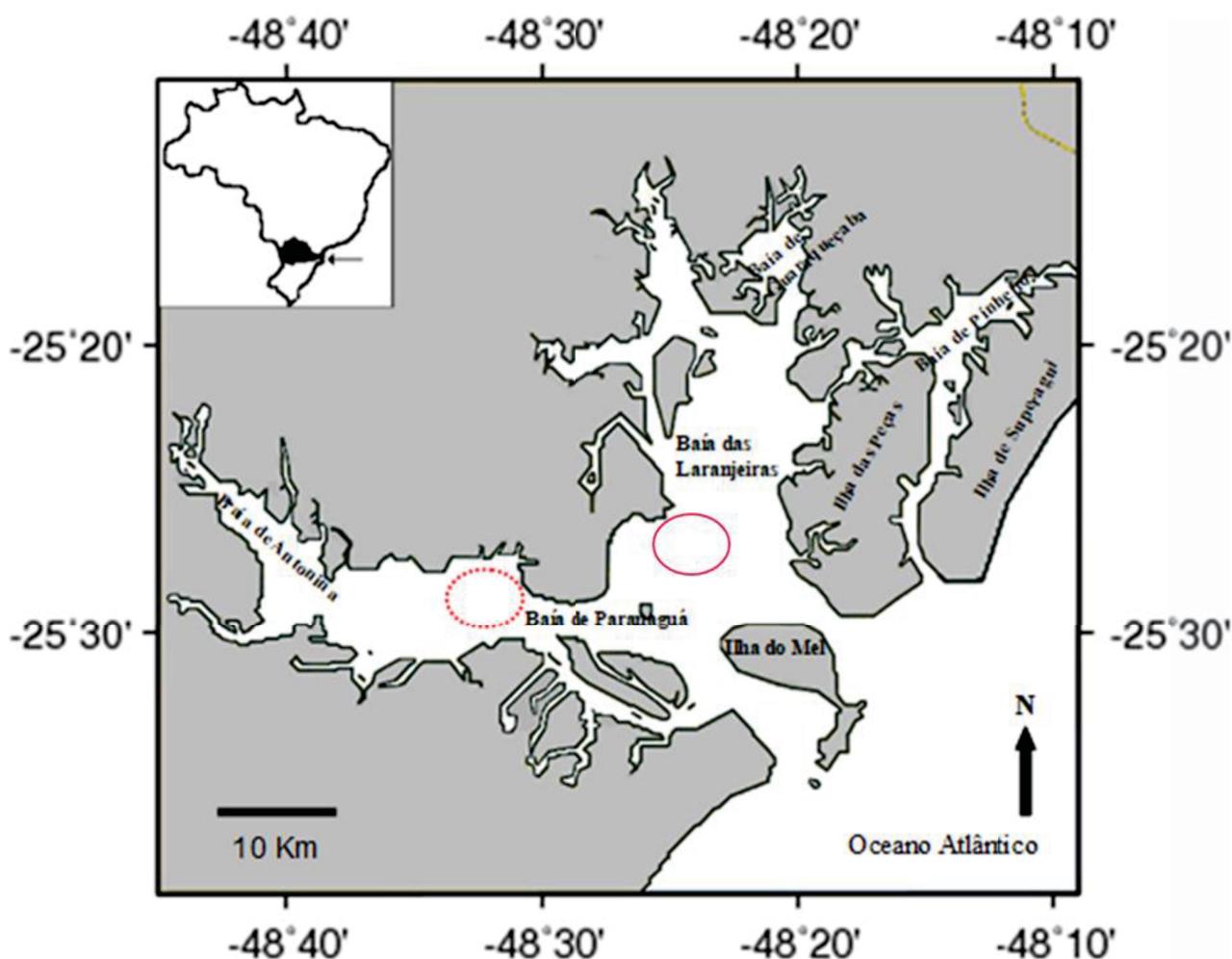


Figura 1 - Mapa do estuarino de Paranaguá, litoral subtropical no sul do Brasil, evidenciando a área de coletas. Círculo com linha pontilhada referente as coletas dos anos 2011/2012 e círculo linha contínua as coletas dos anos 2019/2020.

Coleta de Dados

Nas duas séries temporais analisadas, os exemplares foram obtidos através de capturas realizadas por pescador da área de realização do estudo. As coletas foram realizadas mensalmente, no período de um ano, e em cada período a arte de pesca utilizada foi diferente. Os exemplares amostrados no período de out/2011 a set/2012 foram obtidos com a utilização de espinhéis em fundo rochoso, e os exemplares da série out/2019 a set/2020 foram obtidos manualmente na maré baixa. Após as coletas de cada série temporal os espécimes foram resfriados em gelo e, transportados ao laboratório para análise. Licença para coleta e transporte: ICMBio – SISBIO nº 14683-4.

Em laboratório, cada exemplar teve registrado os dados morfométricos de comprimento total (cm) e peso total (g). Posteriormente, os animais foram seccionados ventralmente para a exposição das gônadas, permitindo a determinação macroscópica do sexo e do desenvolvimento gonadal, baseados nas descrições de Vazzoler (1996) e Brown-Peterson et al. (2011).

As gônadas foram retiradas, pesadas e algumas foram destinadas ao processo histológico de rotina. As gônadas foram fixadas em ALFAC por 18 horas, incluídas em parafina e coradas com Hematoxilina-Eosina (HE), processadas de acordo com Fávoro e Oliveira (2012).

As lâminas histológicas foram analisadas em microscópio de luz, para correção da análise macroscópica do sexo e da determinação dos estádios de desenvolvimento gonadal, quando necessário. As análises de desenvolvimento gonadal foram realizadas baseadas nos estudos de Vazzoler (1996) e de Brown-Peterson et al., (2011), utilizando como critério a quantidade de tipos celulares da linhagem germinativa presente nas gônadas, baseando-se nas escalas de Lowerre-Barbieri et al., (2011), para a análise ovariana, e de Gomes e Araújo (2004) para a análise testicular.

Os dados abióticos de pluviosidade e temperatura para o período amostrado foram obtidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná - Simepar.

Análise de Dados

Os dados obtidos foram analisados da mesma maneira para as duas séries temporais. O período reprodutivo da espécie foi caracterizado, para

sexos separados, através das análises gráficas do Índice Gônado-Somático (GSI) individual através da fórmula $IGS = (Wg/Wt) \times 100$, na qual, Wg é o peso da gônada, e Wt é o peso total do peixe, e a partir deste, foi calculado o IGS médio mensal para a confecção da curva de maturação gonadal. A determinação da distribuição mensal da frequência mensal dos estádios de desenvolvimento gonadais, para ambos os sexos, foi realizada através da caracterização microscópica das gônadas. Através das análises histológicas foi caracterizado o tipo de desova realizado pela espécie.

Para verificar a alocação de recursos no processo reprodutivo, inicialmente foi determinada a relação peso-comprimento através da expressão $Wt = aLt^b$ (método dos mínimos quadrados), para determinar o valor de a que corresponde ao coeficiente linear e o valor de b que corresponde ao coeficiente angular (Le Cren, 1951). Posteriormente, foram calculadas as médias mensais do fator de condição total (K) e somático (K'), separadamente para cada sexo, utilizando as seguintes fórmulas: $K = Wt / Lt^b$ e $K' = Wc / Lt^b$, onde Wt = peso total, Lt = comprimento total, Wc = peso corporal ($Wc = Wt - Wg$, onde Wg = peso da gônada), b = coeficiente angular obtido a partir da relação peso-comprimento. O resultado obtido por essa análise é fornecido de acordo com o distanciamento das curvas de K e K' , sendo, quanto maior a distância entre as curvas, maior é a energia destinada a maturação e desenvolvimento das gônadas. Por esse motivo, indivíduos imaturos foram retirados da análise, a fim de evitar o mascaramento dos dados.

A determinação do comprimento de primeira maturação sexual foi realizada através da curva que relaciona a frequência relativa de indivíduos adultos com o ponto médio das classes de comprimento (estabelecidas através do Postulado de Sturges), ajustada pela equação: $Fr = 1 - (e^{-aLmb})$ onde: Fr é a frequência relativa de indivíduos adultos, “ e ” é a base do logaritmo neperiano, “ a ” e “ b ” são os coeficientes linear e angular estimados pelo método dos mínimos quadrados (Le Cren, 1951) aplicado na relação linear obtida pela transformação das variáveis envolvidas, e (Lm) é o ponto médio das classes de comprimento total.

Pela baixa frequência e abundância de exemplares jovens obtidos no período de out/2011 a set/2012, não foi possível determinar o comprimento de

primeira maturação para nenhum dos sexos. Assim, essa análise foi realizada somente para os exemplares obtidos na série temporal de 2019-2020, para ambos os sexos.

A proporção sexual foi analisada mensal e sazonalmente para verificar a ocorrência de diferença significativa entre a frequência absoluta de fêmeas e de machos, que pudesse ser relacionada com o processo reprodutivo. As diferenças foram analisadas pela aplicação do teste do χ^2 (Qui-quadrado), com grau de liberdade 1 e significância $\alpha = 0.05$ ($\chi^2 > 3.84$), de acordo com Vazzoler (1996).

Os dados reprodutivos obtidos para cada série temporal foram analisados separadamente. A utilização de duas séries temporais, para avaliar a reprodução da espécie invasora *O. beta*, permitiu verificar se ocorreu variação nas táticas reprodutivas de ao longo de sete anos e compreender a estratégia reprodutiva que permitiu que a espécie exótica se estabelecesse no novo ambiente, se tornando uma invasora. Neste estudo, as estações do ano foram consideradas: Primavera (outubro a dezembro), Verão (janeiro a março), Outono (abril a junho) e Inverno (julho a setembro).

RESULTADOS

Através dos dados obtidos nos períodos analisados, nossos resultados permitem caracterizar, quanto à estrutura reprodutiva e em comprimento dos exemplares de *O. beta*, que a população utiliza a área estuarina de Paranaguá durante todos os meses do ano sendo constituída por indivíduos jovens e adultos.

No período de 2011/2012 foram analisados 440 indivíduos, sendo 147 fêmeas (33,5%) e 293 machos (66,5%). Os comprimentos totais variaram de 6,5cm a 28,5cm para fêmeas e de 6,6cm a 32cm para os machos. Na série temporal 2019/2020 foram analisados 365 indivíduos, sendo 162 fêmeas (44,4%) e 203 machos (55,6%), com a variação de comprimento total de 6,2cm a 29cm para fêmeas e de 5,2cm a 28,8cm para os machos. Ainda, é importante relatar que uso de metodologia de captura diferente entre os períodos analisados refletiu na abundância de indivíduos jovens (gônadas imaturas), sendo reduzida no período de 2011/2012 e abundante nos anos de 2019/2020. Essa constatação é importante porque reflete nas análises reprodutivas.

Através da análise microscópica das gônadas, confeccionadas com material biológico dos espécimes obtidos nos dois períodos analisados, foram evidenciados cinco estádios de desenvolvimento ovariano e cinco estágios de desenvolvimento testicular.

Para estabelecer os estádios de desenvolvimento ovariano foram caracterizadas as fases de desenvolvimento dos folículos ovarianos, correspondendo às respectivas características: Fase I (FI) – Ovogônias, Fase II (FII) – Ovócitos pré-vitelogênicos, Fase III (FIII) – ovócitos com vesículas citoplasmáticas, Fase IV (FIV) – ovócitos com vesículas citoplasmáticas e grânulos de vitelo, Fase V (FV) - ovócitos com o citoplasma repleto de grânulos de vitelo e Fase VI (FVI) – ovócitos hialinizados (hidratação pré-ovulatória). As características e constituição celular de cada estágio gonadal encontram-se descritos na Tabela 1 e registrados nas Figuras 2 e 3.

Tabela 1 - Caracterização microscópica dos estádios de desenvolvimento ovariano e testicular de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil.

Estádios	Características microscópicas	
	Fêmeas	Machos
Imaturo (A) (♀ e ♂)	Ovário constituído somente por células germinativas pré-vitelogênicas. Ovogônias e Folículos ovarianos na fase II.	Túbulos seminíferos pouco desenvolvidos com presença de espermatogônias. Ausências das demais células da linhagem germinativa masculina. (Fig. 3A)
Em desenvolvimento (B) (♀ e ♂)	Ovário constituído por células germinativas pré-vitelogênicas e vitelogênicas em diferentes fases de desenvolvimento. Folículos ovarianos nas fases II, III e IV. (Fig. 2A)	Túbulos seminíferos parcialmente desenvolvidos, com vários tipos de células da linhagem espermiática. Geralmente com espermatozoides ausentes ou pouco abundantes. (Fig. 3B)
Capaz de desovar (C) (♀) Capaz de espermiar (C) (♂)	Ovário constituído por predomínio de células vitelogênicas desenvolvidas. Folículos ovarianos nas fases II, III, IV, V e VI. (Fig. 2B)	Túbulos seminíferos desenvolvidos com predomínio de espermatozoides. (Fig. 3C)
Semidesovado (SD) (♀) Semiespermiado (SE) (♂)	Ovário caracterizado por células germinativas pré-vitelogênicas (fase II), vitelogênicas (fases II, III, IV, V), hialinizados (VI) e folículos pós ovulatórios. (Fig. 2C e 2D)	Túbulos seminíferos com a quantidade de espermatozoides diminuída, em relação ao estágio anterior. Observam-se espaços vazios nas bordas dos túbulos e pequena quantidade de outras células da linhagem germinativa. (Fig. 3D)
Desovado (D) (♀) Espermiado (E) (♂)	Ovário caracterizado por folículos pós ovulatórios e folículos ovarianos nas fases II (pré-vitelogênicos). (Fig. 2E)	Os túbulos seminíferos apresentam-se esvaziados, com poucos espermatozoides dispersos na luz e presença de células germinativas em desenvolvimento inicial. (Fig. 3E)

Através da análise histológica foram observadas gônadas femininas e masculinas com liberação parcial dos gametas, caracterizando os estádios semidesovado e semiespermiado, respectivamente, para fêmeas e machos (Figs. 2D e 3D) e, determinando a desova do tipo parcelada para *O. beta*.

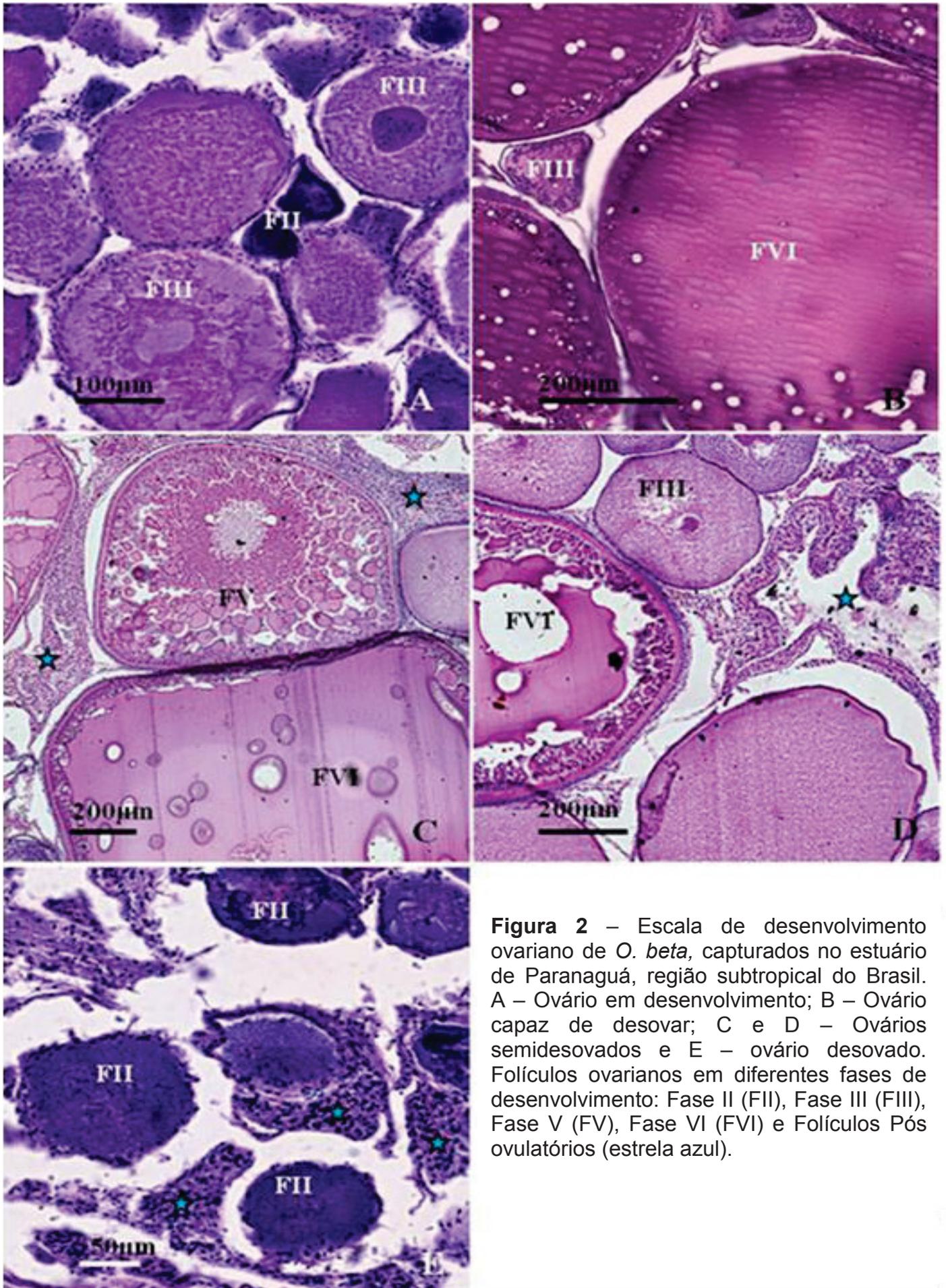


Figura 2 – Escala de desenvolvimento ovariano de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A – Ovário em desenvolvimento; B – Ovário capaz de desovar; C e D – Ovários semidesovados e E – ovário desovado. Folículos ovarianos em diferentes fases de desenvolvimento: Fase II (FII), Fase III (FIII), Fase V (FV), Fase VI (FVI) e Folículos Pós ovulatórios (estrela azul).

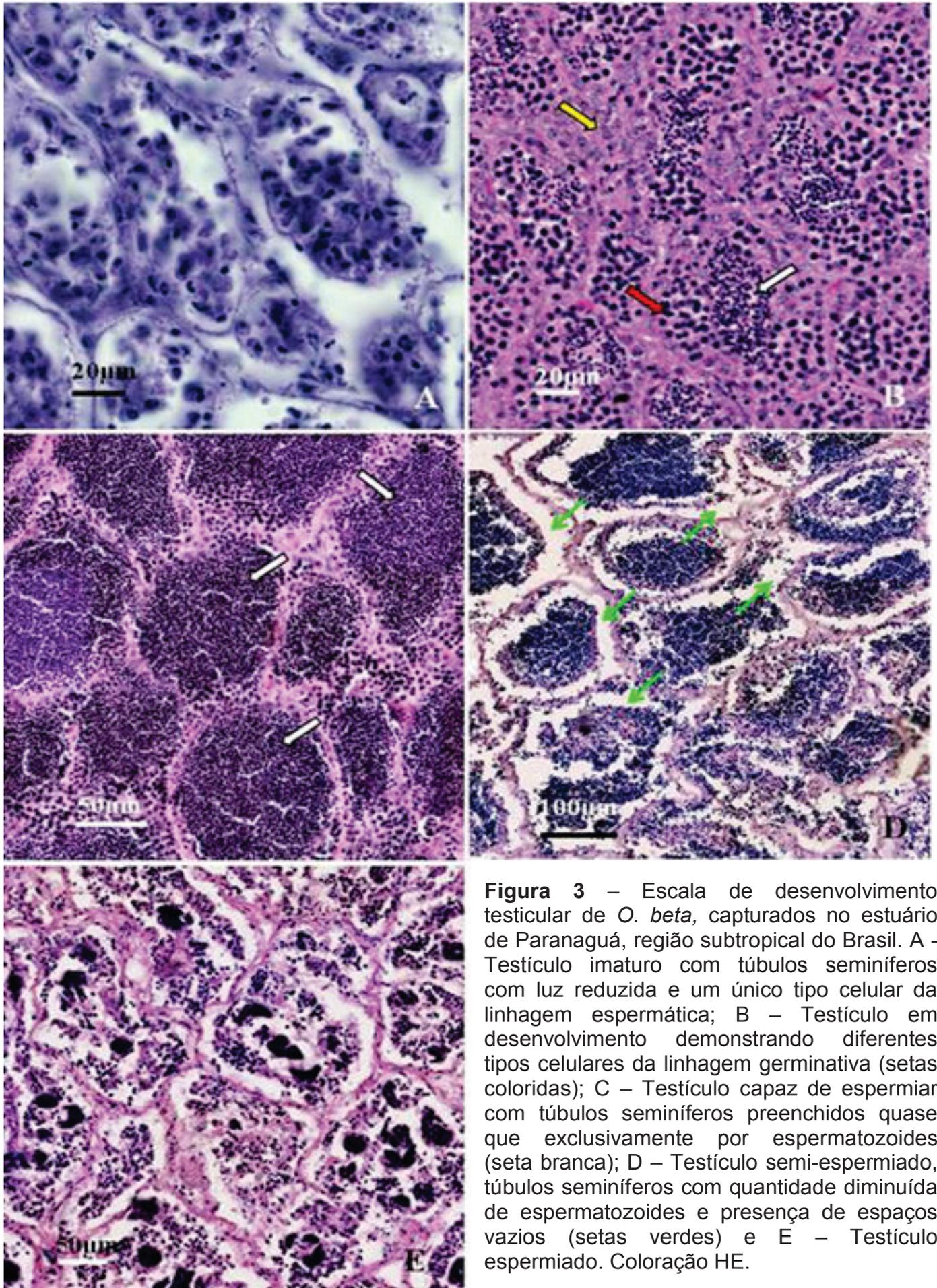


Figura 3 – Escala de desenvolvimento testicular de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A - Testículo imaturo com túbulos seminíferos com luz reduzida e um único tipo celular da linhagem espermática; B - Testículo em desenvolvimento demonstrando diferentes tipos celulares da linhagem germinativa (setas coloridas); C - Testículo capaz de espermiar com túbulos seminíferos preenchidos quase que exclusivamente por espermatozoides (seta branca); D - Testículo semi-espermiado, túbulos seminíferos com quantidade diminuída de espermatozoides e presença de espaços vazios (setas verdes) e E - Testículo espermiado. Coloração HE.

A curva de maturação sexual, confeccionada a partir do IGS Médio mensal, evidenciou a tendência de desenvolvimento gonadal sincronizado entre os sexos (Fig. 4). Os maiores valores de IGS foram evidenciados nos períodos de junho a novembro correspondendo à ocorrência de maior número de indivíduos com gônadas capazes de desovar/espermiar (C) e semidesovadas (SD) e semiespermiadas (SE) para os dois períodos analisados (Fig. 5).

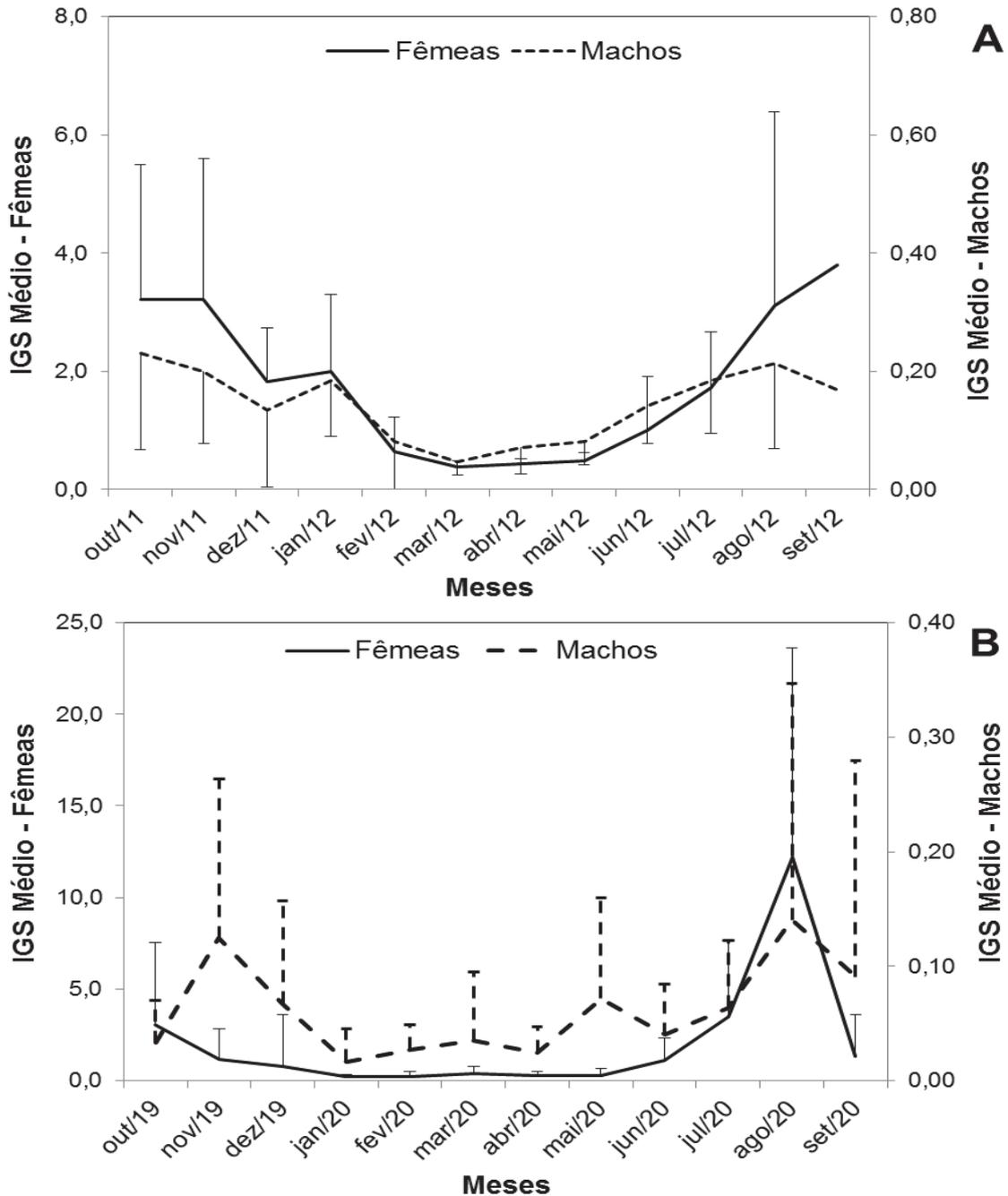
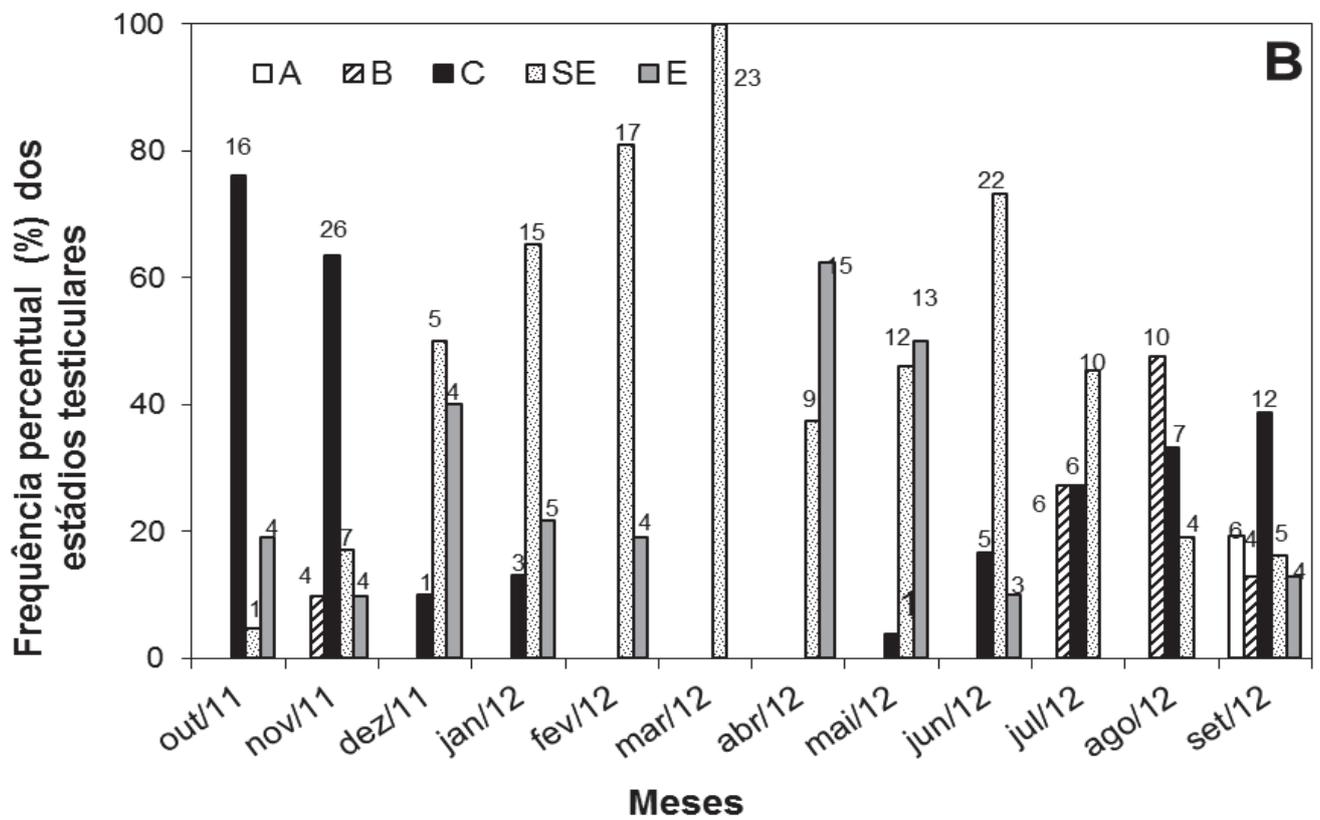
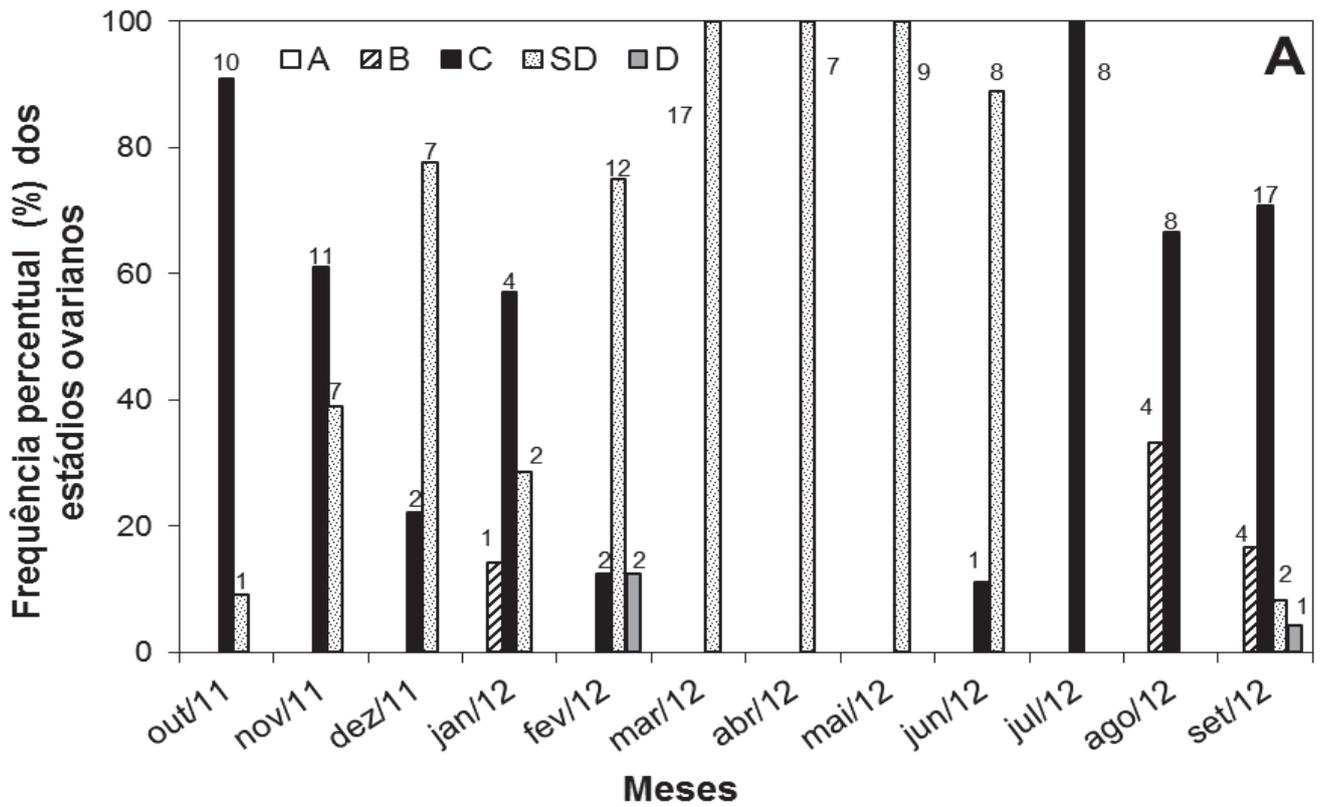


Figura 4 - Curvas de maturação de fêmeas e machos de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- referente a série 2011/2012 e B- série 2019/2020



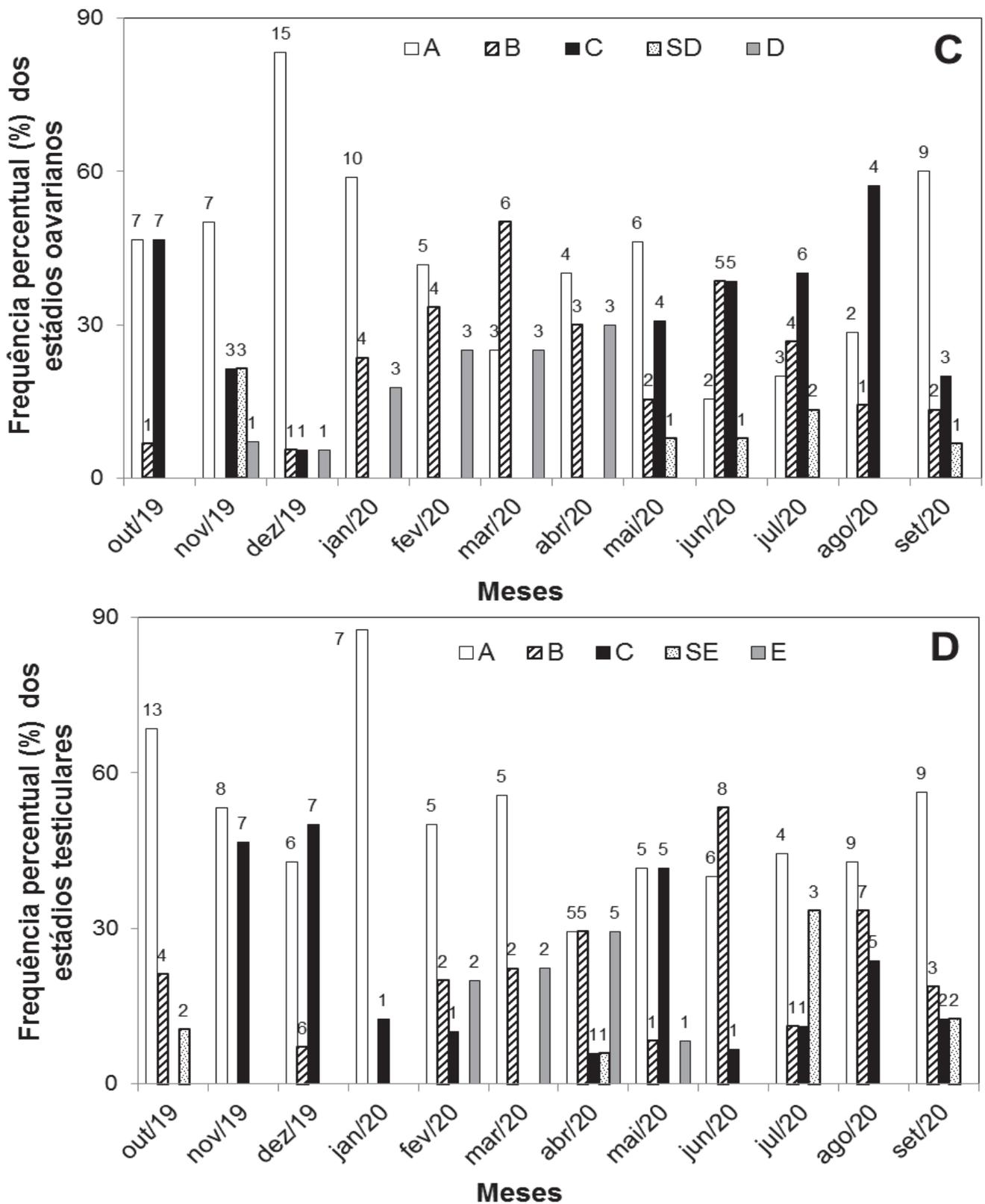
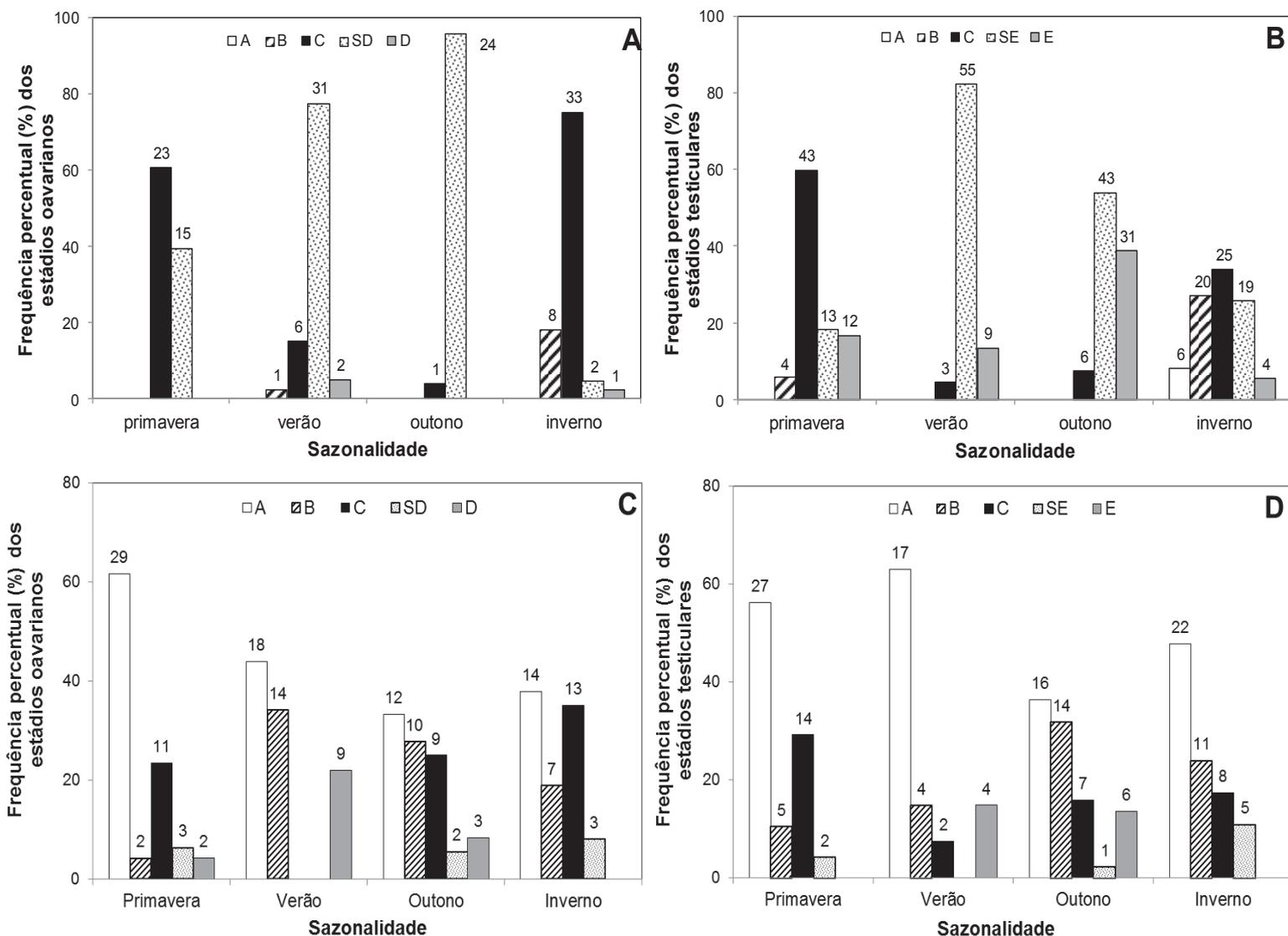


Figura 5 – Distribuição da frequência percentual mensal dos estádios de desenvolvimento gonadal de *O. beta* capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- fêmeas, B- machos da serie temporal 2011/2012, C- fêmeas e D- machos da serie temporal 2019/2020. Estádios: A- imaturo; B- em desenvolvimento; C- capaz de desovar/espermiar; SD- Semidesovado; SE- Semiespermiado; D- desovado e E- espermiado.

Através da análise mensal e sazonal dos estádios de desenvolvimento gonadal (Figs. 5 e 6) ficou evidenciado a abundância de indivíduos jovens (gônadas imaturas) obtidos no período de 2019/2020. Através da análise sazonal (Fig. 6) foi observado que indivíduos capazes de se reproduzir ocorrem durante todas as estações, com predomínio no inverno e primavera. Somente fêmeas capazes de desovar não foram obtidas no verão do período 2019/2020. Ainda, é possível inferir que o pico do recrutamento ocorre na primavera e no verão, coincidindo com o final de maior intensidade do período reprodutivo (Figs. 6C e 6D).



Ainda, através da análise gráfica da distribuição dos estádios de maturação gonadal (Figs. 5 e 6) foi possível observar que nos meses de outono, a abundância de indivíduos com gônadas nos estádios C, capazes de desovar e espermiar, foi maior no período 2019/2020 do que na primeira série temporal (2011/2012). Assim, podemos considerar que a atividade reprodutiva, apesar de ocorrer no outono nas duas séries temporais analisadas, foi mais intensa no período 2019/2020.

A análise gráfica dos fatores de condição total (K) e somático (K') (Fig. 7) realizada, para os dois períodos amostrais, permite identificar o período em que ocorre maior investimento energético no processo de desenvolvimento das gônadas. A energia destinada ao desenvolvimento gonadal é evidenciada pelas maiores distâncias entre a curva de K e de K', não importando a tendência das curvas. Assim, foi detectado um maior investimento energético para fêmeas, nos dois períodos amostrados, nos meses de junho a janeiro, coincidindo com as maiores frequências e abundâncias de ovários no estágio capazes de desovar. Os machos de *O. beta* destinam um maior investimento energético no desenvolvimento dos testículos praticamente durante todo o ano, provavelmente, por conter na população indivíduos com testículos nos estádios capazes de espermiar e semiespermiados em todo o período do ano.

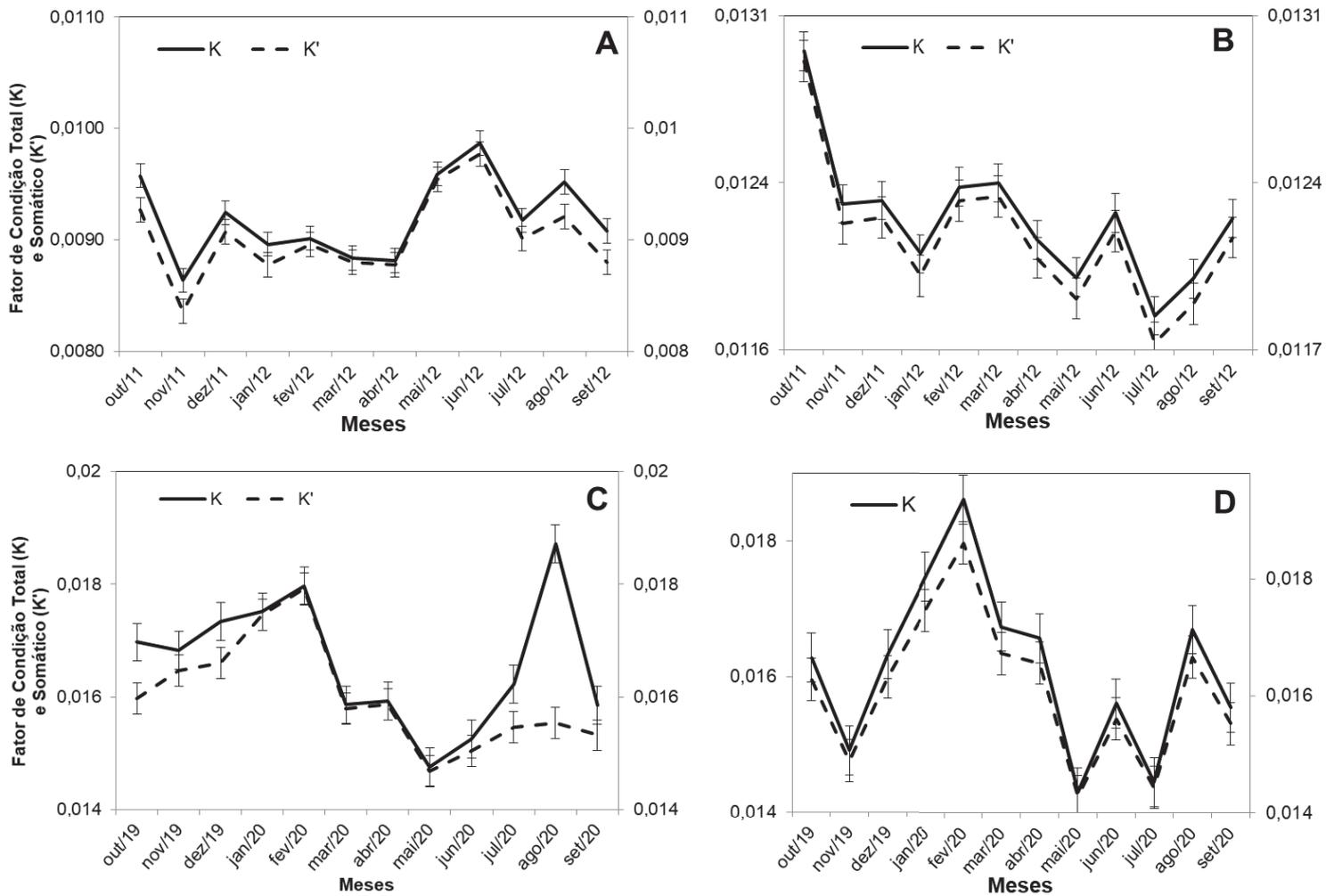


Figura 7 - Valores médios mensais do fator de condição total (K) e somático (K') de *O. beta* capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil. A- fêmeas, B- machos da serie temporal 2011/2012, C- fêmeas e D- machos da serie temporal 2019/2020.

Os resultados obtidos pelas análises, da curva de maturação gonadal, frequência dos estádios de desenvolvimento gonadal (mensal e sazonal) e distribuição dos valores mensais de K e K', permitiram caracterizar a ocorrência do período reprodutivo do final do outono a primavera, nos dois períodos analisados.

A análise de proporção sexual referente ao período amostral 2011/2012 evidenciou um predomínio de machos em todos os meses, com diferença significativa nos meses de novembro e janeiro, e entre abril e julho. A análise sazonal evidenciou o predomínio de machos sobre as fêmeas com diferenças significativas em todas as estações (Tab. 2).

Para o período amostral 2019/2020 os machos foram predominantes sobre as fêmeas na maior parte do período analisado, exceto nos meses janeiro e julho. Entretanto, diferença significativa ocorreu somente no mês de agosto com o predomínio de machos sobre as fêmeas. A análise sazonal não demonstrou diferença significativa em nenhuma das estações (Tab. 3).

Tabela 2 - Proporção sexual mensal e sazonal de espécimes de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente a série amostral de 2011/2012. * diferença significativa ($X^2 = 3.84$, $p < 0.05$)

Mês	Total	Fêmeas	Machos	χ^2	Estações	χ^2
out/11	32	11	21	3,13		
nov/11	59	18	41	8,96*	Primavera	10,51*
dez/11	19	9	10	0,05		
jan/12	30	7	23	8,53*		
fev/12	37	16	21	0,68	Verão	6,81*
mar/12	40	17	23	0,90		
abr/12	31	7	24	9,32*		
mai/12	35	9	26	8,26*	Outono	28,81*
jun/12	39	9	30	11,31*		
jul/12	30	8	22	6,53*		
ago/12	33	12	21	2,45	Inverno	7,63*
set/12	55	24	31	0,89		

Tabela 3 - Proporção sexual mensal e sazonal de espécimes de *O. beta*, capturados no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente a série amostral de 2019/2020. * diferença significativa ($X^2 = 3.84$, $p < 0.05$)

Mês	Total	Machos	Fêmeas	X²	Estação	X²
out/19	35	20	15	0,71	Primavera	1,42
nov/19	29	15	14	0,03		
dez/19	38	20	18	0,11		
jan/20	29	12	17	0,86	Verão	0,63
fev/20	33	21	12	2,45		
mar/20	30	18	12	1,20		
abr/20	30	19	11	2,13	Outono	1,09
mai/20	28	15	13	0,14		
jun/20	28	15	13	0,14		
jul/20	26	11	15	0,62	Inverno	1,67
ago/20	28	21	7	7,00*		
set/20	31	16	15	0,03		

Nas coletas de material biológico realizadas no período de 2011/2012 foram obtidos um predomínio de indivíduos adultos. Os espécimes jovens, de ambos os sexos, foram amostrados com pouca frequência e com abundância reduzida, não permitindo a determinação do comprimento de 1ª maturação sexual. Assim, a determinação do comprimento de 1ª maturação (L₅₀) para fêmeas e machos de *O. beta* (Fig. 8) foi realizada com os espécimes obtidos no período de 2019/2020, onde a frequência e abundância de indivíduos jovens foram satisfatórias. O L₅₀ determinado para fêmeas foi de 10,0cm e o L₁₀₀, foi de 17,4cm. Para machos o L₅₀ correspondeu a 14,35cm e o L₁₀₀ a 18,0cm.

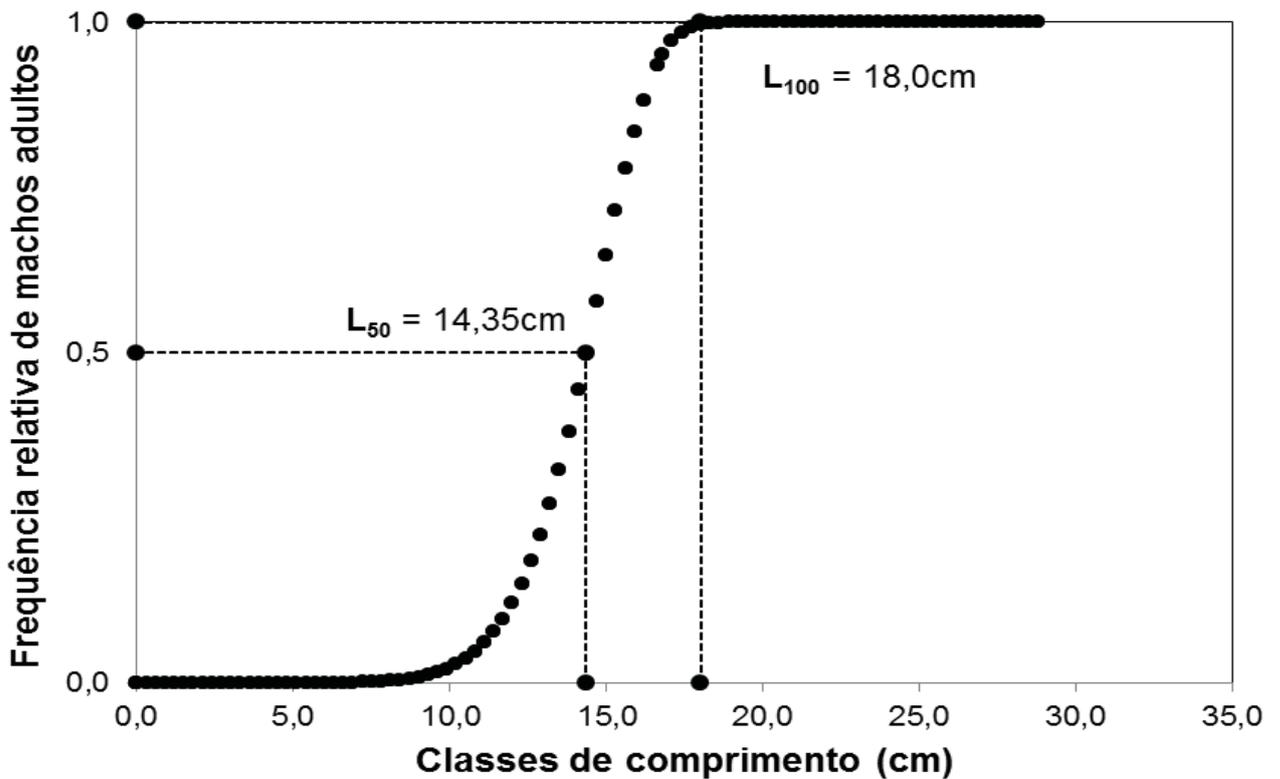
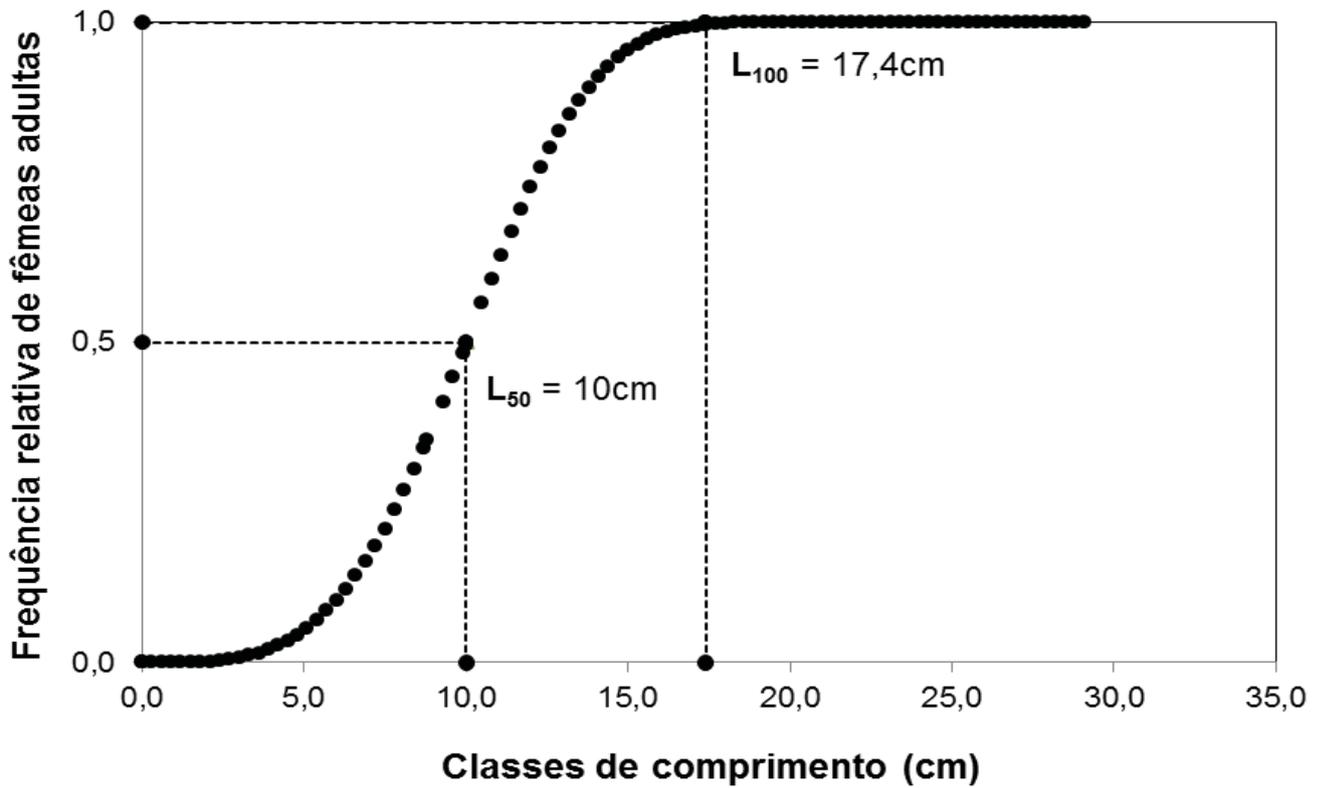


Figura 8 - Curva de comprimento de primeira maturação para fêmeas e machos de *O. beta*, capturados no período de 2019/2020 no estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil.

Os dados ambientais de temperatura média mensal (T°C) e precipitação total (mm) foram registrados mensal (Tab. 4) e sazonalmente (Tab. 5). Através dos registros dos valores da temperatura foi observada uma variação mensal e sazonal, relativamente, pequena entre os dois períodos amostrados. Entretanto, o verão, outono e inverno apresentaram temperaturas mais baixas no período 2019/2020 em comparação com o período de 2011/2012 (diferença maior que 1°C ocorreu somente no verão).

Os dados de precipitação total, mensal e sazonal, revelaram diferenças expressivas entre os dois períodos amostrados. Em nove meses do período de 2019/2020 os valores da precipitação foram menores quando comparados com o período de 2011/2012, correspondendo a uma redução de 18,5%, quando comparada a precipitação total anual dos dois períodos analisados. Especificamente, no outono de 2020 a precipitação foi 59,6% menor do que o outono de 2012, período em que foi detectada diferença significativa através do teste de Kruskal-Wallis ($p = 0,049$).

Tabela 4 - Distribuição mensal da Temperatura Média (T°C) e da Precipitação Total (mm) na área estuda do estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente as séries amostrais de 2011/2012 e 2019/2020. Os valores em negrito representam os meses com os menores valores de precipitação total do período 2019/2020, quando comparados com o período 2011/2012.

T°C Média			Precipitação Total (mm)		
Meses	2011/2012	2019/2020	Meses	2011/2012	2019/2020
Out	20,6	21,3	Out	213,6	241,2
Nov	21,1	21,8	Nov	150,4	294,6
Dez	22,8	23,1	Dez	223,8	105,4
Jan	23,7	23,9	Jan	473,6	309,2
Fev	25,8	23,1	Fev	273,6	359,2
Mar	23,9	23,3	Mar	99	94,4
Abr	22,6	21,4	Abr	198,2	49,6
Mai	19,6	18,6	Mai	185,8	27,2
Jun	17,8	18,4	Jun	252,8	180,4
Jul	16,9	17,7	Jul	174,2	60,6
Ago	19,7	17,7	Ago	28,6	178,2
Set	21,0	21,1	Set	113,6	45,2
			Total	2387,2	1945,2

Tabela 5 - Distribuição sazonal da Temperatura Média (T°C) e da Precipitação Total (mm) na área estuda do estuário de Paranaguá, região subtropical do Brasil referente às séries amostrais de 2011/2012 e 2019/2020. Os valores em negrito representam as estações com os menores valores de precipitação total do período 2019/2020, quando comparados com o período 2011/2012.

T°C Média			Precipitação Total (mm)		
Sazonalidade	2011/2012	2019/2020	Sazonalidade	2011/2012	2019/2020
Primavera	21,5	22,0	Primavera	195,9	213,7
Verão	24,5	23,4	Verão	282,1	254,3
Outono	20,0	19,5	Outono	212,3	85,7
Inverno	19,2	18,8	Inverno	105,5	94,7

DISCUSSÃO

A realização das coletas mensais para a obtenção de material biológico, utilizando metodologia de captura diferente em cada uma das séries temporais analisadas, proporcionou uma estrutura em comprimento distinta para a mesma população de *O. beta*. Devido a isso, indivíduos menores foram capturados em maior quantidade nos anos de 2019-2020 permitindo alcançar resultados que não haviam sido obtidos com as coletas realizadas nos anos de 2011-2012.

Existem dois tipos de coleta: passiva e ativa. A coleta passiva é mais seletiva e consiste em utilizar apetrechos que não são movidos pelo coletor (Uieda e Castro, 1999; Ribeiro e Zuanon, 2006), realizada na série temporal 2011/2012 resultando na captura de indivíduos maiores. A coleta ativa é menos seletiva na captura dos indivíduos, permite o deslocamento do coletor por diferentes ambientes possibilitando a captura de indivíduos com tamanhos variados (Uieda e Castro, 1999), como observado nas coletas da série 2019/2020.

Nesse contexto é importante relatar que a metodologia de captura utilizada nas amostragens é seletiva e irá refletir na análise dos dados coletados. Ainda, a utilização de espécimes obtidos por diferentes petrechos, não inviabiliza as análises reprodutivas e, confere um aspecto positivo às análises por incluir uma parcela da população que não seria analisada se fosse utilizada somente uma arte e pesca.

Em relação ao desenvolvimento gonadal, a maioria dos estudos reprodutivos não investem na análise microscópica por serem demoradas e necessitar de uma estrutura laboratorial (Favaro e Oliveira, 2012). Muitos autores utilizam apenas a análise macroscópica das gônadas, que de acordo com Dias et al., (1998) refletem em resultados com menor precisão.

As análises microscópicas, utilizadas nesse estudo para a determinação dos estádios do desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos, resultaram nas mesmas escalas de maturidade já estabelecidas nos estudos realizados em estuário subtropical no sul do Brasil (Fávaro et al., 2003; Oliveira e Fávaro

2010, 2011; Possamai e Fávaro 2015) as quais foram baseados e adaptados dos estudos realizados por Vazzoler (1996) e por Brown-Peterson et al. (2011).

Através da análise histológica foram observados ovários e testículos parcialmente esgotados, permitindo caracterizar a desova do tipo parcelada para *O. beta*, no estuário analisado. O mesmo tipo de desova foi observado para a referida espécie na área de distribuição natural (Breder, 1941; Barimo et al., 2007; Franco-Lopez et al., 2017) e também registrada para a espécie congênere *O. tau* (Gray e Winn, 1961; Schwartz, 1974; Wilson, 1982).

As análises reprodutivas utilizadas neste estudo, tais como a curva de maturação gonadal, distribuição da frequência dos estádios de desenvolvimento gonadal, determinação do K e K', corroboraram entre si e permitiram caracterizar o período reprodutivo da espécie invasora no estuário.

A curva de maturação de fêmeas e machos apresentou diferença gráfica entre os períodos analisados, onde a queda dos valores de IGS nos meses do inverno de 2020 se deve ao maior número de indivíduos jovens obtidos. Por este motivo é necessário não utilizar somente a curva de maturação para determinar o período reprodutivo de uma espécie.

O período reprodutivo foi estabelecido pelas maiores frequências de exemplares com gônadas capazes de desovar/espermisar (estádio C) e gônadas parcialmente esgotadas (estádios SD/SE). Se comparar as duas séries temporais analisadas, nos anos de 2011-2012 o período reprodutivo ocorreu nos meses de inverno e primavera e nos anos de 2019-2020 o período reprodutivo se adiantou, iniciando no final do outono com alta frequência de indivíduos capazes de desovar/espermisar e se prolongando ao longo do inverno e parte da primavera. Apesar do adiantamento do período reprodutivo nos anos de 2019-2020 a duração foi a mesma do período reprodutivo ocorrido nos anos de 2011-2012. Esse resultado demonstra que a população da espécie invasora analisada está bem adaptada no novo ambiente, sendo capaz de ajustar o ciclo reprodutivo com as características abióticas. Essa característica é necessária para que a população se estabilize em ambientes invadidos (Moyle e Marchetti 2006, Blackburn et al. 2011).

A pequena variação observada no período reprodutivo, entre as séries temporais analisadas, pode ser explicada pela variação da precipitação, que

mostrou diferença significativa entre as estações de outono das duas séries temporais. O estuário de Paranaguá, provavelmente seja influenciado diretamente por fatores meteorológicos, como ocorre na Lagoa dos Patos, estuário subtropical no sul Brasil (D’Incao, 1991). A pluviosidade e mudança nos fatores abióticos podem alterar o padrão de entrada de água marinha ou de água doce no ambiente estuarino, interferindo também na vazão. A redução da precipitação no período de 2019/2020, provavelmente, influenciou outras variáveis ambientais dependentes, como por exemplo, a salinidade e pH. Quando comparadas as duas séries temporais, a precipitação no outono de 2020 teve redução de, aproximadamente, 60% em relação ao outono de 2012. Ainda, é importante observar que o outono é o período do ano onde, provavelmente, acontece o gatilho ambiental que promove o final do desenvolvimento das gônadas e o início do período reprodutivo.

A população de *O. beta* no estuário de Paranaguá apresentou período reprodutivo longo, semelhante ao registrado por Barimo et al., 2007) e diferente dos registros de Breder (1941) e Franco-Lopez et al., 2017), que relataram o período reprodutivo restrito ao inverno, em área de distribuição natural da referida espécie.

Ainda, corroborando os dados da curva de maturação e da distribuição dos estádios de desenvolvimento gonadal, através da variação do k e K' foi possível observar que o maior investimento energético destina ao processo reprodutivo coincide com o período de maiores valores de IGS médio mensal e com os períodos reprodutivos em cada serie temporal analisada, que reflete as maiores frequências de indivíduos com gônadas capazes de se reproduzir e/ou parcialmente esgotadas. Resultado semelhante foi descrito por Franco-Lopez et al., 2017) para a mesma espécie em seu local de origem.

Na região estuarina de Paranaguá, as diferenças significativas observadas entre os sexos na maior parte do período, referente aos anos de 2011-2012, provavelmente, deu-se em decorrência da metodologia utilizada que, além de capturar indivíduos de maior porte, também incidiu preferencialmente sobre os espécimes machos. No período dos anos 2019-2020, apesar do predomínio de machos na maior parte do período, somente o mês de agosto mostrou diferença significativa entre os sexos, sendo o referido

mês caracterizado por altos valores de IGS, alta frequência de exemplares capazes de se reproduzir e alto investimento energético no desenvolvimento gonadal.

O predomínio de machos sobre fêmeas, observados nas duas séries temporais, no estuário de Paranaguá também foi evidenciado em áreas de distribuição não natural, no estuário de Santos, sudeste do Brasil (Tomás et al., 2012) e em áreas de distribuição natural (Franco-Lopez et al., 2017). Essa característica demonstra a facilidade da espécie invasora em reestruturar a população em novos ambientes, possibilitando alcançar o sucesso reprodutivo e o seu estabelecimento. Ainda, é importante registrar que existem algumas características da área invadida que podem ter facilitado o estabelecimento de *O. beta*, como aspectos semelhantes com a área de origem e alto nível de perturbação humana (áreas portuárias) (Moyle e Light 1996; Havel et al. 2005; Johnson et al. 2008).

A determinação do comprimento de 1ª maturação sexual é um parâmetro biológico muito utilizado nos estudos de reprodução em peixes, pois permite a elaboração de leis para normatizar a exploração sustentável do recurso (espécies comerciais) além de assegurar a reprodução das espécies, mantendo os estoques. No entanto, esse mesmo parâmetro é importante para monitorar espécies exóticas, prever o potencial reprodutivo e possíveis danos ao ambiente e às espécies nativas.

Com base na relação L_{50}/L_{maximo} , os valores foram 0,34 para as fêmeas e 0,50 para os machos. Considerando que o valor da relação L_{50}/L_{maximo} é geralmente entre 0,40 e 0,90 para diferentes espécies (Beverton e Holt 1959), as fêmeas de *O. beta*, no estuário de Paranaguá, foram caracterizadas com primeira maturidade precoce. Essa evidência, em relação a primeira maturação de fêmeas, pode ser considerada uma tática reprodutiva temporária utilizada para aumentar o sucesso reprodutivo na área invadida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo permitem concluir que a população de *Opsanus beta* utiliza o estuário de Paranaguá, região subtropical do sul do

Brasil, em todo o seu ciclo de vida. A utilização do referido estuário como área de reprodução e sítio de desova foi confirmada pela presença de ovários com folículos hialinizados e folículos pós-ovulatórios, de acordo com Vazzoler (1996) e Dias et al., (1998).

As táticas reprodutivas utilizadas pela espécie, tais como: alta frequência de gônadas no estágio capazes de reproduzir na maior parte do período analisado, período reprodutivo prolongado e nos meses de menor temperatura (a maioria das espécies estuarinas se reproduzem nos períodos de maiores temperaturas – primavera e verão), desova do tipo parcelada e primeira maturação precoce para as fêmeas, possibilitam alcançar o sucesso reprodutivo e se manterem no ambiente invadido.

REFERÊNCIAS

- Alpert, P.; Bone, E.; Holzapfel, C. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 3, p. 52-66, 2000
- Andrade-Tubino, M.F, Salgado, F.L.K., Uehara, W., Utsunomia, R., Araújo, F.G. *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880) (Acanthopterygii: Batrachoididae), a nonindigenous toadfish in Sepetiba Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, n. 1-9. 2021.
- ANVISA. Estudo exploratório para identificação e caracterização de espécies patogênicas em água de lastro em portos selecionados no Brasil. *Relatório Técnico, Agência Nacional de Vigilância Sanitária*, Ministério da Saúde, Brasília, DF. 2002
- Barimo, J.F.; Serafy, J.E.; Frezza, P.E. & Walsh, P.J. Habitat use, urea production and spawning in the gulf toadfish *Opsanus beta*. *Mar Biol*, v. 150, p. 497-508, 2007.
- Beverton R.J.H., Holt S.J. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In: Wolstenholme G.E.W., Oconnor M. (eds), *Ciba Foundation Colloquia on Ageing*. V. 5, n. 142-180. 1959.
- Bigarella, J.J. *A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná Contribuição à geografia, geologia e ecologia regional*. Curitiba: Secretaria

do Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental, 248p. 1978.

Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., ... & Richardson, D. M. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, v. 26, n. 7, p. 333-339, 2011.

Bovy, H.C.; Barrios-O’neill, D.; Emmerson, M.C.; Aldridge, D.C. & Dick, J.T.A. Predicting the predatory impacts of the “demon shrimp” *Dikerogammarus haemobaphes*, on native and previously introduced species. *Biological Invasions*, v. 17, p. 597-607, 2015.

Breder, C.M. On the reproduction of *Opsanus beta* Goode and Bean. *Zoologica*, v. 26, p. 229–232, 1941.

Brown-Peterson, N.J.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F.; Macewicz, B.J.; Lowerre-Barbieri, S.K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, p. 52-70, 2011.

Caires, R.A.; Pichler, H.A.; Spach, H.L.; Ignácio, J.M. *Opsanus brasiliensis* Rotundo, Spinelli & Zavalla-Camin, 2005 (Teleostei: Batrachoidiformes: Batrachoididae), a junior synonym of *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880), with notes on its occurrence in the Brazilian coast. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 2, p. 136-139, 2007.

Carlton, J.T. Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology. *Biological Conservation*, v. 78, p. 97-106, 1996.

Carlton, J.T. *Introduced species in U.S coastal waters: environmental impacts and management priorities*. 2001. [acesso em 08 de fevereiro de 2021]. Disponível em http://www.iatp.org/files/Introduced_Species_in_US_Coastal_Waters_Enviro.htm.

Carvalho, B.M., Ferreira Junior, A.L., Fávaro, L.F., Artoni, R.F., Vitule, J. Human-facilitated dispersal of the Gulf toadfish *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880) in the Guaratuba Bay, south-eastern Brazil. *Journal of Fish Biology*, v. 97, n. 3, p. 686-690, 2020.

Colautti, R.I.; Grigorovich, I.A.; Macisaac, H.J. Propagule pressure: a null model for biological invasions. *Biological Invasions*, v. 8, n. 5, p. 1023-1037, 2006.

- Collette, B.B. Batrachoididae. In The Living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol 2.: Bony Fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae) (K.E. Carpenter, ed.). *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication*, n. 5, p. 1026-1042, 2002.
- Cordeiro, B. D., Bertoincini, A. A., Abrunhosa, F.E., Corona, L.S., Araújo, F.G., Santos, L.N. First report of the nonnative gulf toadfish *Opsanus beta* (Goode & Bean, 1880) on the coast of Rio de Janeiro – Brazil. *BioInvasions Records* v. 9, p. 279–286. 2020
- Cox, J. G., Lima, S. L. L. Naiveté and an aquatic-terrestrial dichotomy in the effects of introduced predators. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 21, p. 674–680, 2006.
- Dias, J.F.; Peres-Rio, E.; Chaves, P.T.C. & Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 58, n. 1, p. 55-69, 1998.
- D'incao, F. Pesca e biologia de *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. *Revista Atlântica*. v. 13, p. 159-169. 1991.
- Duncan, R.P., 2011. Propagule pressure. Pages 561-563. in Simberloff, D., M. Rejmànek (editors). *Encyclopedia of Biological Invasions*. University of California Press, Berkeley.
- Emery, A.R. Preliminary comparisons of Day and night habits of freshwater fish in Ontario lakes. *Journal of Fisheries Research Board Canadá*, v. 30, p. 761-774, 1973.
- Essl, F.; Dullinger, S.; Rabitsch, W.; Hulme, P.E.; Huber, K.; Jarosik, V.; Kleinbauer, I.; Krausmann, F. Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 108, p. 203-207, 2011.
- Fávaro, L.F.; Lopes, S.C.G.; Spach, H.L. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. v. 20, n. 3, p. 501-506, 2003.

- Fávaro, L.F.; Oliveira, E.C. *Ecologia reprodutiva em peixes*, p. 321-339. Em: Ciro A. de Oliveira Ribeiro; Herculano S. Reis Filho; Sonia R. Grotzner. (Org.) *Técnicas e Métodos para a Utilização Prática de Microscopia*. 1ed. São Paulo: SANTOS, 2012, v. 1, 422 p, 2012.
- Font, W. F. The global spread of parasites: what do Hawaiian Streams tell us? *Bioscience*, v. 53, p. 1061-1067, 2003.
- Franco-López, J.; alma, G.S.G; Arenas, L.G.A.; Sánchez, C.B.; Escorcía, H.B.; Pérez, J.A.M.; Rodríguez, E.P.; Legorreta, J.L.V. Ecología y reproducción de *Opsanus beta* (Actinopterygii: Batrachoididae) en la Laguna de Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, v. 65, n.4, 1381-1396, 2017.
- Gomes, I.D.; Araújo, F.G. Reproductive biology of two marine catfishes (Siluriformes, Ariidae) in the Sepetiba Bay, Brazil. *Revista de Biología Tropical*. v. 52, n. 1, p. 143-156, 2004.
- Gray, G.A.; Winn, H.E. Reproductive ecology and sound production of scarecrow toadfish, *Opsanus tau*. *Ecology*, v. 42, n. 2, p. 274-282, 1961.
- Gurevitch, J., D. K. Padilla. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution*, v. 19, p. 470–474, 2004.
- Hewitt, C.L.; Everett, R.A.; Parker, N.; Campbell, M.L. Marine Bioinvasion Management: Structural Framework. In: Rilov G., Crooks J.A. (eds) *Biological Invasions in Marine Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, v. 204. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009.
- Hobson, E.S. Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia*. p. 291-302, 1965.
- IAPARDES. Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. *Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social*. Curitiba: IAPARDES, 150 p. 2001.
- Lana, P.C., Marone, E., Lopes, R.M.; Machado, E.C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: SEELIGER, U.; KJERFRE, B. (Eds). *Coastal Marine Ecosystems of Latin American*. Berlin: Springer. p: 131-145. 2001.

- Le Cren, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, v. 20, n. 2, p. 201–219. 1951.
- Lowerre-Barbieri, S.K.; Brown-Peterson, N.J.; Murua, H., Tomkiewicz, J.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 32-51, 2011.
- Maack, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. BDT/UFPR/IBPT, Curitiba, 350 p. 1981.
- Malca, E; Barimo, J.F.; Serafy, J.E.; Walsh, P.J. Age and growth of the gulf toadfish *Opsanus beta* based on otolith increment analysis. *Journal of Fish Biology*, v. 75, n. 7, p. 1750-1761, 2009.
- Marchetti, M.P.; Moyle, P.B.; Levine, R. Invasive species profiling: exploring the characteristics of exotic fishes across invasion stages in California. *Freshwater Biology*, v. 49, p. 646-661, 2004.
- Oliveira, E.C., Fávaro, L.F. Reproduction of the flatfish *Achirus lineatus* (Pleuronectiformes, Achiridae) in Paranaguá Bay-PR, a subtropical region in Brazil. *Zoologia*, v. 27, p. 523-532. 2010.
- Oliveira, E.C., Favaro, L.F. Reproductive biology of the flatfish *Etropus crossotus* (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) in the Paranaguá Estuarine Complex, Paraná State, subtropical region of Brazil. *Neotropical Ichthyology*. v. 9, n. 4, p. 795-805. 2011.
- Perkins, L.B.; Hatfield, G. Competition, legacy, and priority and the success of three invasive species. *Biological Invasions*, v. 16, p. 2543-2550, 2014.
- Possamai B., Fávaro L.F. Using mariculture as a breeding site: reproduction of *Hypoleurochilus fissicornis* (Actinopterygii: Blenniidae). *Sci. Mar.* V. 79, n. 3, p. 335-343. 2015.
- Rahel, F.J. and J.D. Olden. Assessing the effects of climate change on Aquatic invasive species. *Conservation Biology*, v. 22, p. 521–533, 2008.
- Ribeiro, O. M., & Zuanon, J. Comparação da eficiência de dois métodos de coleta de peixes em igarapés de terra firme da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 36, p. 389-394, 2006.

- Sala, O. E., F. S. III Chapin, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. HuberSanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker, D. H. Wall. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, v. 287, p. 1770–1774, 2000.
- Schwartz, F.J.: Movements of the oyster toadfish (Pisces: Batrachoididae) about Solomons, Maryland. *Ches. Sci.* V. 15, p. 155–159. 1974.
- Thorson, R.F.; Fine, M.L. Acoustic competition in the gulf toadfish *Opsanus beta*: acoustic tagging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 111, n. 5, p. 2302-2307, 2002.
- Tomás, A.R.G.; Tutui, S.D.S.; Fagundes, L.; Souza, M.R. *Opsanus beta*: an invasive fish species in the Santos estuary, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 38, n. 4, p. 349-355, 2012.
- Townsend, M.; Lohrer, A.M.; Rodil, I.F.; Chiaroni, L.D. The targeting of large-sized benthic macrofauna by an invasive portunid predator: evidence from a caging study. *Biological Invasions*, v. 17, p. 231-244, 2015.
- Uieda, V.S.; Castro, R.M.C. Coleta e fixação de peixes de riacho. In *Ecologia de peixes de riachos* (E.P. Caramaschi, R. Mazzoni & P.R. Peres-Neto, eds.). PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 1-22, 1999.
- Vazzoler, A.E.A.M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM/Nupélia 169p. 1996.
- Wilson, C. A., Dean, J. M., Radtke, R. Age, growth rate and feeding habits of the oyster toadfish, *Opsanus tau* (Linnaeus) in South Carolina. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 62, p. 251-259. 1982.