

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA - DBio

PEDRO DIAS BARRETO NETO

**A INFLUÊNCIA DO RITMO CIRCADIANO E DA SAZONALIDADE NA
ICTIOFAUNA DA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DE UMA ILHA TROPICAL
EM UBATUBA, SP**

Sorocaba
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA - DBio

PEDRO DIAS BARRETO NETO

**A INFLUÊNCIA DO RITMO CIRCADIANO E DA SAZONALIDADE NA
ICTIOFAUNA DA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DE UMA ILHA TROPICAL
EM UBATUBA, SP**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Ciências Biológicas, para
obtenção do título de bacharel em
Ciências Biológicas.

Orientação: Prof. Dr. George Mendes
Taliaferro Mattox

Co-Orientação: Prof. Dr. Maurício Cetra

Sorocaba
2016

Dias, Pedro Barreto Neto

A influência do ritmo circadiano e da sazonalidade na ictiofauna da zona de arrebentação de uma ilha tropical em Ubatuba, SP / Pedro Barreto Neto
Dias. -- 2016.

53 f. : 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: George Mendes Taliaferro Mattox

Banca examinadora: Alexander Vicente Christianini, Fernando Rodrigues da Silva

Bibliografia

1. Ecologia de comunidade. 2. Ictiofauna. 3. Conservação. I. Orientador.
II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Folha de aprovação

Pedro Dias Barreto Neto

A INFLUÊNCIA DO RITMO CIRCADIANO E DA SAZONALIDADE NA
ICTIOFAUNA DA ZONA DE ARREBENTAÇÃO DE UMA ILHA TROPICAL EM
UBATUBA, SP.

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Sorocaba, 30 de junho de 2016.

Orientador



Prof. Dr. George M. T. Mattox

Membro 1



Prof. Dr. Fernando Rodrigues da Silva

Membro 2



Prof. Dr. Alexander V. Christianini

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Aos meus pais, avô e esposa, cujo apoio incondicional permitiu a conclusão desta obra.

Aos meus orientadores George e Maurício, cujo conhecimento e sabedoria guiaram meus olhos cegos por entre a escuridão mundana para estar alguns passos mais perto da saída desta caverna platônica.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Proc. 2015/07829-6) pelo privilégio e subsídio imprescindível para viabilizar o projeto.

À melhor trupe de “pescadores”, vital para o prosseguimento das coletas: Ageu Vassão, Nathalie Amorim, Nathalia de Angelo, Dion Cassius, Karen Fernanda, George Mattox, Caio Gomes e Felipe Gueiros.

À família caiçara residente da Ilha do Prumirim que permitiu minha estadia durante as coletas em seu belo quintal com vista para o mar.

Ao Nilton, pescador e guarda-parque, nativo de Ubatuba – SP, que realizou o deslocamento do continente até a Ilha do Prumirim.

RESUMO

DIAS, P.B.N. A influência do ritmo circadiano e da sazonalidade na ictiofauna da zona de arrebentação de uma ilha tropical em Ubatuba, SP. 2016. 53 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2016.

A zona de arrebentação de praias arenosas funciona como um berçário, abrigando elevado número de larvas e indivíduos juvenis de peixes. Entre os fatores disponíveis neste ambiente estão a possibilidade de abrigo contra predadores e uma rica alimentação de zooplâncton. A ictiofauna da zona de arrebentação é caracterizada geralmente por baixa riqueza de espécies e elevada dominância por uma ou poucas espécies quando comparada a regiões mais profundas, além de apresentar pequeno número de espécies residentes. Abundância e composição da comunidade de peixes da zona de arrebentação estão sujeitas não somente aos fatores abióticos (e.g., marés, direção e velocidade do vento, salinidade), como também às variações sazonais e circadianas. Apesar da importância da zona de arrebentação de praias arenosas para o ciclo de vida dos peixes, estudos focando este ambiente em ilhas brasileiras ainda são escassos. Assim, este trabalho iniciado em novembro de 2014 teve como objetivo executar um estudo ecológico da ictiofauna da zona de arrebentação da Ilha do Prumirim, Ubatuba, SP, analisando a composição e estrutura da assembleia de peixes, levando em consideração as variações sazonal e circadiana. Amostragens ocorreram mensalmente com rede de picaré de manhã e à noite em dois pontos na praia. Foi coletada uma biomassa total de 4312 g referente a 3444 indivíduos pertencentes a 21 famílias e 37 espécies. A comunidade íctica foi caracterizada por oito espécies residentes anuais que utilizam a área durante o início da vida e também pela ocorrência constante de espécies raras. O índice de Shannon foi a única variável cuja variação ao longo do ano foi explicada pela interação entre os fatores sazonalidade e ritmo circadiano, sendo que nas manhãs da primavera e no período noturno do inverno a diversidade foi menor do que nos outros períodos e estações. Em relação à variação da abundância ao longo do ano, a sazonalidade foi o fator mais influente, sendo que o inverno apresentou o menor valor. De maneira aditiva e quatro vezes menos influente o ritmo circadiano contribuiu numa escala menor para explicar a variação da abundância ao longo do ano juntamente com a sazonalidade, sendo que o período diurno apresentou a maior quantidade de espécimes amostrados. O número de espécies variou numa escala de curto prazo, ou seja, entre os períodos diurno e noturno, sendo que a riqueza foi maior à noite. Embora o resultado da ordenação MDS tenha mostrado uma variação pouco óbvia da estrutura e composição da comunidade, foi possível fazer algumas observações circadianas e mais evidentemente sazonais, refletindo em mudanças na abundância das espécies residentes ao longo da primavera, verão, outono e no período noturno do inverno.

Palavras-chave: fauna insular . peixes juvenis . picaré . praia arenosa.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

The surf-zone of sandy beaches acts as nurseries, housing a great number of larval and juvenile fish. Among the available factors in this environment are the possibility of shelter against predators and a rich source of zooplankton. The surf-zone ichthyofauna is often characterized by its low richness and high dominance by one or few species when compared to deeper regions of the ocean, in addition to presenting a low number of resident species. Abundance and composition of the fish community of the surf-zone are subject to abiotic factors (e.g., tidal, wind direction and speed, salinity) as well as seasonal and diel variations. Although the great importance of the surf-zone of sandy beaches for the life cycle of fishes, studies focusing on this environment in Brazilian islands are still scarce. Thus, this project initiated in November 2014 aiming at an ecological study of the ichthyofauna of the surf-zone of Prumirim Island, Ubatuba, SP, analyzing the composition and structure of the fish assemblage taking into account both seasonal and diel variations. Samplings occurred monthly with a beach seine, in the morning and at night at two sites along the beach. We collected a total of 4312 g and 3444 individuals belonging to 21 families and 37 species. The ichthyofauna was characterized by eight annual resident species that use the area in their early life stages as well as the constant occurrence of rare species. Shannon index was the only variable for which variation along the year was explained by the interaction between seasonal and diel factors, with mornings of spring and nights of winter presenting a lower value than remaining periods and seasons. In relation to variation of abundance along the year, seasonality was the most influent factor, with winter presenting the lower value. In an additive way and four times less influent, the diel factor contributed less to explain the variation in abundance along the year along with seasonality, with diurnal periods presenting the highest amount of sampled specimens. The number of species varied in a short scale, i.e., between days and nights, with richness being higher at night. Although the MDS ordination had shown an inconspicuous community structure and composition, it was possible to observe subtle diel and more evident seasonal variations, reflecting in changes in resident species abundance along the spring, summer, autumn and at winter nights.

Keywords: insular fauna . juvenile fish . beach seine . sandy beach.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Área de estudo..... | 20 |
| Figura 2 – Ilha do Prumirim AGO/2003..... | 21 |
| Figura 3 – Ilha do Prumirim DEZ/2011..... | 21 |
| Figura 4 – Média da precipitação mensal..... | 22 |
| Figura 5 – Box-plot abundância..... | 34 |
| Figura 6 – Box-plot resíduo ($S \sim Ab$)..... | 35 |
| Figura 7 – Média do índice de Shannon (H')..... | 37 |
| Figura 8 – Ordenação MDS..... | 39 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Modelos Lineares Generalizados..... | 26 |
| Tabela 2 – Status, nível trófico, e distribuição geográfica das espécies..... | 31 |
| Tabela 3 – Comprimento médio e comum das espécies residentes anuais..... | 32 |
| Tabela 4 – Análise de variância do modelo mínimo da abundância..... | 33 |
| Tabela 5 – Teste dos coeficientes do modelo linear da abundância..... | 33 |
| Tabela 6 – Análise de variância do modelo mínimo da riqueza..... | 34 |
| Tabela 7 – Teste dos coeficientes do modelo linear da riqueza..... | 35 |
| Tabela 8 – Análise de variância do modelo mínimo do índice de Shannon..... | 36 |
| Tabela 9 – Teste dos coeficientes do modelo linear do índice de Shannon..... | 36 |
| Tabela 10 – Análise de variância do modelo mínimo da biomassa..... | 37 |
| Tabela 11 – Análise de variância do modelo mínimo do índice de equabilidade..... | 38 |
| Tabela 12 – Análise de variância do modelo mínimo do índice de Margalef..... | 38 |
| Tabela 13 – Espécies ameaçadas de extinção..... | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| AC | Água Costeira |
| AMP | Área Marinha Protegida |
| ANOVA | Análise de Variância |
| ANOSIM | Análise de Similaridade |
| AT | Água Tropical |
| EA | Estação do Ano |
| Cwa | Clima Temperado Úmido com Inverno Quente e Verão Seco |
| DAEE | Departamento de Águas e Energia Elétrica |
| GLM | Modelo Linear Generalizado |
| H | Herbívoro |
| H' | Índice de Shannon |
| I | Invertívoro |
| IN | Inverno Noite |
| I/H | Invertívoro Herbívoro |
| I/P | Invertívoro Piscívoro |
| IUCN | União Internacional para Conservação da Natureza |
| J' | Índice de Equabilidade |
| HidroWeb | Sistema de Informações Hidrológicas |
| MDS | Escalonamento Multidimensional Não-Métrico |
| O | Onívoro |
| OM | Outono Manhã |
| ON | Outono Noite |
| P | Piscívoro |
| Per | Período do Dia |
| S | Riqueza |
| Te | Clima Temperado e Temperado que se Estende a Regiões Tropicais |
| Tr | Clima Tropical e Tropical que se Estende a Regiões Tropicais |
| UTM | Universal Transversal Mercator |
| Z | Zooplactívoro |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2 OBJETIVO..... | 17 |
| 3 METODOLOGIA..... | 18 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 18 |
| 3.2 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM..... | 22 |
| 3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 23 |
| 4 RESULTADOS..... | 27 |
| 5 DISCUSSÃO..... | 40 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |

1 INTRODUÇÃO

Está cada vez mais claro que estuários, pradarias marinhas e outros habitats protegidos não são as únicas ou as mais importantes áreas utilizadas como berçário pela ictiofauna (McLachlan & Brown 2006). A zona de arrebenção de praias arenosas, considerada como a faixa litorânea que se estende desde a linha de costa até o limite externo das células de circulação das correntes geradas pela própria ação das ondas (McLachlan & Erasmus 1983), é também extensivamente usada para o mesmo fim, sendo que, as características mais distintivas da comunidade íctica encontrada nessa área são a sua grande variabilidade no tempo e no espaço, seu comportamento alimentar oportunista, e a elevada proporção de larvas e indivíduos juvenis (Layman 2000, Gillanders et al. 2003, Barreiros et al. 2004, McLachlan & Brown 2006, Gondolo et al. 2011).

A possibilidade de abrigo contra predadores e uma rica alimentação de zooplâncton podem ser as características mais importantes das áreas de berçário em praias arenosas (Gillanders et al. 2003, McLachlan & Brown 2006). Além disso, diversas espécies podem desovar na zona de arrebenção ou em suas proximidades. Nas espécies do gênero *Trachinotus*, por exemplo, juvenis e larvas habitam a zona de arrebenção, enquanto os adultos ocorrem quase exclusivamente em águas mais profundas (McLachlan & Brown 2006).

A ictiofauna da zona de arrebenção é caracterizada geralmente por uma baixa riqueza de espécies e elevada dominância por uma ou poucas espécies quando comparada a regiões mais profundas (Lasiak 1983, Andreatta et al. 2002, Pessanha & Araújo 2003, Félix et al. 2007, Gondolo et al. 2011). Além disso, a zona de arrebenção apresenta um pequeno número de espécies residentes (Lasiak 1983, Monteiro Neto 1990, Barreiros et al. 2004). Cabe ressaltar ainda que a abundância e a composição da comunidade de

peixes da zona de arrebentação estão sujeitas não somente às pressões abióticas como as marés, direção e velocidade do vento, luz, salinidade e fases da lua (Kingsford & Finn 1997, Pessanha & Araújo 2003), como também às variações sazonais e circadianas.

McLachlan & Brown (2006) relataram uma variação circadiana na abundância de peixes da zona de arrebentação, sendo que essa variação no curto prazo pode inclusive exceder as variações de longo prazo ou sazonais. Em muitos casos, o aumento da abundância da ictiofauna tem sido associado ao aumento das marés altas, especialmente à tarde e após a noite, devido principalmente a movimentação dos peixes em águas rasas no período noturno (Lasiak 1984, Ross et al. 1987, Layman 2000, Pessanha e Araújo 2003). Lasiak (1984) também demonstrou as alterações nas dimensões e dinâmicas da zona de arrebentação causadas pelo vento e que afetaram a estrutura da comunidade de peixes.

A variação de longo prazo ou sazonal também é importante e ocasiona alterações na dinâmica da comunidade de peixes. Ayvazian et al. (1992), Santos & Nash (1995) e Barreiros et al. (2004) relataram valores mais elevados na densidade média, biomassa e número de espécies no verão como resultado do recrutamento de jovens de espécies residentes e transitórias seguindo suas estações de procriação (Gibson et al. 1993, Gibson & Yoshiyama 1999). Lasiak (1984) informou que esse padrão sazonal, referente ao resultado das mudanças na abundância no verão, indica um declínio no número de indivíduos e espécies durante o inverno, e picos durante a primavera/verão. Por outro lado, Pessanha & Araujo (2003) obtiveram resultados diferentes de Ayvazian et al. (1992) e Santos & Nash (1995). Nas praias estudadas pelos autores, localizadas na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, foi registrada uma ligeira tendência de maior abundância antes do nascer do sol no inverno causada principalmente pelo recrutamento de espécies abundantes, e uma maior biomassa durante a escuridão no inverno e verão devido à contribuição de indivíduos de maior porte, sugerindo uma influência fótica sobre

a comunidade de peixes (Pessanha & Araujo 2003). Além disso, apesar de alguns autores mencionarem que a abundância das espécies está associada com a pluviosidade (Costa et al. 1995, Santana et al. 2013), Chaves (1998) observou que a abundância das espécies depende mais da redução da temperatura da água do que dos indicadores de pluviosidade. Vale ressaltar que a divergência do clima entre as áreas estudadas por Costa et al. (1995) e Santana et al. (2013) e a estudada por Chaves (1998), que estão localizadas respectivamente no nordeste e sul, impossibilita uma comparação ecológica direta, uma vez que existem apenas duas estações bem marcadas no nordeste e quatro no sul do Brasil.

Há poucos estudos abordando a comunidade de peixes da zona de arrebentação de praias arenosas em ilhas brasileiras. Neste contexto, foram estudadas apenas praias na Ilha de Itamaracá, Pernambuco (Santana & Severi 2009, Santana et al. 2013), Ilha Marambaia, Rio de Janeiro (Pereira et al. 2015), Ilha do Cardoso, São Paulo (Favero & Dias 2013) e Ilha de Florianópolis, Santa Catarina (Ribeiro et al. 2014). Pereira et al. (2015) destacaram a importância das praias arenosas em ambientes insulares devido ao seu relativo maior estado de conservação, que se reflete em comunidades de peixes mais complexas e dinâmicas do que aquelas no continente, próximas a fontes de impactos antropogênicos.

2 OBJETIVO

Executar um estudo ecológico da ictiofauna da zona de arrebentação da Ilha do Prumirim, localizada no município de Ubatuba - SP, analisando a composição e estrutura da assembleia de peixes através das variáveis abundância, riqueza, biomassa e índices de diversidade de Shannon (H'), Margalef e equabilidade (J'), afim de verificar o efeito da sazonalidade e ritmo circadiano.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Ilha do Prumirim possui cerca de 30 hectares de área e está localizada a aproximadamente 550 metros de distância da costa de Ubatuba – SP (FIGURA 1), imediatamente à frente da Praia do Prumirim no continente. A ilha está inserida nos limites da província Argentina, que se estende de Cabo Frio/RJ (22°-24°S) à Península de Valdés/Argentina (41°-43°S), sendo a comunidade íctica desta região caracterizada não só por um conjunto de espécies endêmicas como também pela sobreposição de um conjunto de espécies tipicamente tropicais e espécies temperadas que se encontram em seus limites sul e norte, respectivamente (Vazzoler et al. 1999).

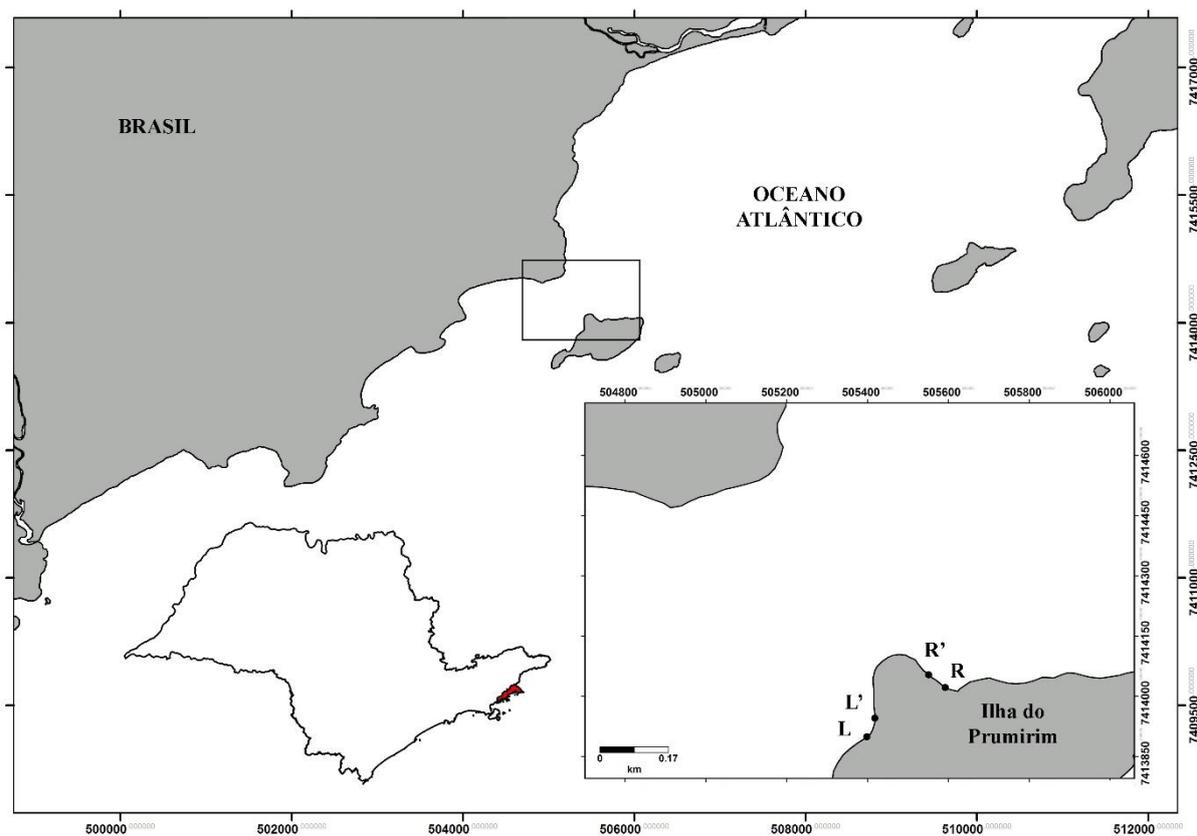
Segundo Castro Filho et al. (1987) o domínio interior e costeiro da região ao largo de Ubatuba é caracterizado durante o verão pela presença de uma estratificação de massa em duas camadas resultantes da termoclina sazonal característica desta época do ano. A camada superficial (profundidades inferiores a 20 m) de toda a região é ocupada pela Água Costeira – AC (caracterizada por valores mais baixos de salinidade associados a altas temperaturas) que se mistura com a Água Tropical – AT (caracterizada por valores máximos de salinidade) proveniente da região mais afastada da costa. No inverno, a estratificação dessa região é mais homogênea quando comparada ao verão, sendo a camada superficial ocupada principalmente pela AC.

A praia onde o projeto foi desenvolvido é um ambiente dinâmico em constante transformação, sendo que no intervalo de 2003 a 2011 pode ser observado um deslocamento significativo do banco de areia no sentido sudoeste (FIGURAS 2 e 3). O tipo de ambiente onde as coletas foram realizadas é predominantemente caracterizado por fundo não-consolidado e relativamente homogêneo, coberto por uma camada de areia,

silte, conchas quebradas e outros materiais finos em várias proporções. Nas proximidades dos pontos de amostragem (FIGURA 1) há ainda trechos com grandes matacões de rocha, embora o fundo seja não-consolidado.

De acordo com Peel et al. (2007), a classificação climática de Köppen-Geiger referente à Ilha do Prumirim enquadra-se no tipo climático Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente). Segundo o inventário do volume diário de chuvas das Estações Hidrológicas Mato Dentro (Código 02345036) e Ubatuba (Código 02345040), disponibilizado pelo Sistema de Informações Hidrológicas – HydroWeb dos anos de 2000 a 2012, o início do período chuvoso ocorre a partir do mês de novembro, com um volume médio de precipitação de 264,1 mm (FIGURA 4). Em fevereiro inicia-se a transição do período chuvoso para o de estiagem, sendo que o estabelecimento deste último período ocorre no mês de maio com um volume médio de precipitação de 101,1 mm e se encerra em julho (FIGURA 4). Por fim, ocorre a transição do período de estiagem para o chuvoso nos meses de agosto a outubro (FIGURA 4).

FIGURA 1 – Localização dos pontos de amostragem na Ilha do Prumirim, Ubatuba - SP (L: *Left* e R: *Right*) assim como os pontos finais (L' e R') situados após 50 metros de distância dos primeiros. Destacado no Estado de São Paulo encontra-se o município de Ubatuba. A projeção utilizada na elaboração do mapa foi a Universal Transversal Mercator – UTM (Datum WGS-1984).



Fonte: Dias et al. 2016.

FIGURA 2 – Imagem de satélite da Ilha do Prumirim capturada em 05/Ago/2003, obtida através do software GoogleEarth. A seta indica a praia arenosa onde o trabalho foi desenvolvido.



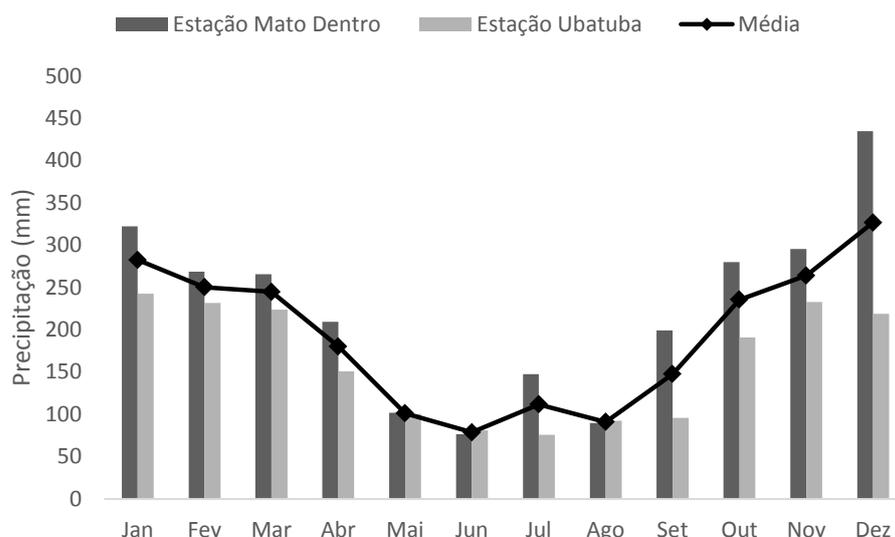
Fonte: GoogleEarth.

FIGURA 3 – Imagem de satélite da Ilha do Prumirim capturada em 02/Dez/2011, obtida através do software GoogleEarth. A seta indica a praia arenosa onde o trabalho foi desenvolvido.



Fonte: GoogleEarth.

FIGURA 4 – Média da precipitação mensal dos anos 2001 a 2011 da Estação Hidrológica Mato Dentro e dos anos 2000, 2006 a 2009, e 2011 a 2012 da Estação Hidrológica Ubatuba, além da média de precipitação entre as duas estações nos doze meses do ano. Ambas as estações estão localizadas em Ubatuba, próximas a Ilha do Prumirim, e são geridas e operadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE de São Paulo.



Fonte: Dias et al. 2016.

3.2 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

As coletas ocorreram mensalmente durante um ano, a partir de novembro de 2014 até novembro de 2015, exceto no mês de setembro devido às condições oceânicas que impossibilitaram o deslocamento do continente até a ilha. Cada amostragem foi constituída por dois pontos espaciais nos extremos opostos da praia (FIGURA 1) e três arrastos consecutivos de 50 m cada realizados paralelamente à praia com uma rede de arrasto de praia (picaré) de 9 m de comprimento, 2 m de altura e malha de 5 mm de distância entre-nós.

As amostragens foram realizadas não só nas diferentes estações do ano: primavera (agosto, outubro e novembro de 2015), verão (novembro de 2014 a janeiro de

2015), outono (fevereiro a abril de 2015) e inverno (maio a julho de 2015), como também logo após o nascer e pôr do sol nos períodos diurno e noturno, respectivamente. Embora inicialmente tenha sido preconizado a padronização das coletas na maré de sizígia, especificamente na lua cheia, a imprevisibilidade das condições meteorológicas e oceânicas inviabilizaram esta proposta em alguns casos.

Os exemplares coletados foram eutanasiados, fixados em formaldeído 4% e após 72 horas transferidos para álcool 70%. No laboratório, os espécimes foram identificados de acordo com Barletta & Corrêa (1992), Figueiredo & Menezes (1978, 1980, 2000) e Menezes & Figueiredo (1980, 1985) até o menor nível taxonômico possível. Após a identificação, foi determinado o comprimento total de cada espécime com o auxílio de um ictiômetro e o peso através de uma balança semi-analítica com precisão de 0,01g.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A frequência e raridade das espécies foram determinadas através do primeiro e terceiro quartil da frequência de ocorrência, abundância e biomassa. A frequência de ocorrência (Fo_i) representa o número de amostragens nos quais a espécie i foi capturada, enquanto a frequência de espécies em termos de abundância foi calculada através de $N_i^* = N_i/Fo_i$ e a frequência em termos de biomassa via $P_i^* = P_i/Fo_i$, onde N_i^* e P_i^* são respectivamente a abundância e biomassa total das espécies i em todas as amostragens. Cada espécie foi classificada basicamente através do primeiro e terceiro quartil da distribuição dos dados, sendo que espécies cujo valor referente a cada uma das três variáveis foi menor ou igual ao primeiro quartil, receberam o nível 1 (baixo), espécies cuja posição foi maior ou igual o terceiro quartil receberam o nível 3 (alto) e, as outras espécies 2 (médio). Dessa forma, cada espécie recebeu um código de três números (para Fo_i , N_i^* e P_i^*) cuja soma definiu o score relacionado à sua contribuição geral. Scores

menores ou iguais a 5 são relacionados a espécies raras, maiores ou iguais a 8, a espécies frequentes e o restante, a espécies com contribuição intermediária (Teshima et al. 2015).

Os níveis tróficos foram determinados indiretamente através de dados provenientes da literatura, sendo que sete níveis foram identificados: I) **H**: herbívoros, II) **I**: invertívoro, III) **I/P**: invertívoro/piscívoro, IV) **I/H**: invertívoro/herbívoros, V) **O**: onívoro, VI) **P**: piscívoro, VII) **Z**: zooplancctívoros (adaptado de Ayvazian 1995). A distribuição geográfica das espécies também foi determinada através de dados provenientes da literatura, sendo estas descritas como de clima temperado e temperado que se estende a regiões tropicais (Te) ou de clima tropical e tropical que se estende a regiões temperadas (Tr) (adaptado de Ayvazian 1995).

Para a análise dos dados, as amostragens foram agrupadas tanto através dos solstícios de verão e inverno e equinócios de primavera e outono, como também através dos períodos do dia. Com a finalidade de analisar o efeito do ritmo circadiano e sazonalidade na dinâmica da comunidade ictiológica, foram portanto utilizadas duas variáveis categóricas: estação do ano e período do dia; sendo a primeira composta por quatro níveis (primavera, verão, outono e inverno) e a segunda por dois (manhã e noite). Dessa forma, através do software R (Team 2016), foi verificado o efeito destas duas variáveis categóricas no logaritmo natural da abundância e biomassa, riqueza e nos índices de diversidade de Shannon (H'), equabilidade (J') e Margalef por intermédio dos modelos lineares generalizados (GLM) (TABELA 1). A riqueza (S), exclusivamente, varia substancialmente com o efeito da abundância, sendo assim esperado um aumento na variabilidade da riqueza nas diferentes variáveis categóricas (Logan 2010). Portanto, a abundância foi utilizada como uma covariável, provendo assim um meio para o qual a riqueza pode ser uniformizada.

O modelo linear mínimo mais adequado foi obtido através da simplificação do modelo máximo (mais complexo) e sua posterior comparação com outros modelos (TABELA 1) utilizando a análise de variância (ANOVA), sendo que, no geral uma variável é retida no modelo somente se ela causa um aumento significativo no desvio quando é removida do modelo corrente. Ao final do processo de simplificação, o modelo mínimo mais adequado contém nada além de termos significativos. Se nenhuma das variáveis categóricas é significativa, o modelo mais adequado é composto por um único parâmetro: a grande média ($\bar{y} = a$). É importante levar em consideração que em experimentos não-ortogonais (nos quais a combinação de tratamentos não são igualmente representadas), a variação que é atribuída a um dado fator não é constante como nos experimentos ortogonais e, portanto, a ordem na qual os fatores são retirados do modelo máximo importam (Crawley 2012). Através do contraste *a posteriori* seguido do teste de significância dos coeficientes de regressão dos níveis das variáveis categóricas significativas, foi verificado quais níveis (primavera, verão, outono, inverno, manhã e noite) ocasionaram um efeito significativo na abundância, biomassa, riqueza e nos índices de diversidade. A porcentagem da variância total destas variáveis que são explicadas pelo modelo ajustado foi estabelecida pelo coeficiente de determinação (r^2) (Zar 2010).

A análise comparativa da assembleia de peixes nas diferentes estações do ano e períodos do dia incluiu o Escalonamento Multidimensional Não-Métrico – MDS baseado na abundância dos indivíduos com o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. A adequabilidade da ordenação das amostras na análise MDS foi obtida pelos resultados do stress, sendo que, valores de stress menores que 0,05 fornecem uma excelente representação com uma probabilidade inexistente de interpretar erroneamente a ordenação, enquanto que valores entre 0,1 e 0,2 ainda podem levar a uma imagem utilizável, embora o extremo superior deste intervalo tenha potencial para induzir ao erro,

sendo, portanto as representações gráficas perigosas de se interpretar (Clarke 1993). O teste de análise de similaridade – ANOSIM foi realizado para avaliar a significância dos grupos representados na MDS. Os resultados da ANOSIM variam de -1 a +1, sendo que valores equivalentes a +1 ocorrem quando todas as amostragens dentro dos grupos são mais similares entre elas do que qualquer amostragem de grupos diferentes (Clarke & Warwick 2001). Embora a distância de Bray-Curtis (1957) seja de uso frequente, por ser disponível na maioria dos pacotes estatísticos, este índice não considera as duplas-ausências e é fortemente influenciado pelas espécies dominantes. As espécies raras acrescentam muito pouco ao seu valor. Estas análises foram realizadas através do pacote Vegan (Oksanen et al. 2016) do software R.

TABELA 1 – Modelos lineares generalizados e seus respectivos fatores (Per – períodos do dia (manhã e noite), EA – estações do ano (primavera, verão, outono e inverno)) propostos para a análise da abundância, biomassa e índices de diversidade de Shannon (H'), Simpson (D), Margalef e equabilidade (J').

| Modelo | Parâmetros |
|---------------|---------------------|
| Modelo mínimo | $\bar{y} = a$ |
| 1 | Per |
| 2 | EA |
| 3 | Per : EA |
| 4 | Per + EA |
| Modelo máximo | Per + EA + Per : EA |

Fonte: Dias et al. 2016.

4 RESULTADOS

No total das 48 amostragens, foi coletada uma biomassa total de 4312 g referente a 3444 indivíduos pertencentes a 21 famílias e 37 espécies (APÊNDICES A e B). Trinta e um exemplares muito pequenos (*Actinopterygii* sp.1 (1), *Actinopterygii* sp.2 (2), *Mugil* sp. (25), *Sphoeroides* sp. (1), *Strongylura* sp. (2)), não puderam ser identificados até o nível de espécie por serem muito jovens e não possuírem ainda as características diagnósticas de nenhuma das espécies conhecidas de cada um dos gêneros.

Dentre as 37 espécies capturadas, 15 (41%) obtiveram um score menor ou igual a 5 sendo portanto consideradas raras – *Actinopterygii* sp.1, *Scartella cristata*, *Sphoeroides* sp, *Gobiesox barbatulus*, *Ophioscion punctatissimus*, *Sardinella brasiliensis*, *Sphyraena tome*, *Sphoeroides spengleri*, *Actinopterygii* sp.2, *Strongylura* sp, *Atherinella blackburni*, *Synodus foetens*, *Ulaema lefroyi*, *Centropomus parallelus* e *Fistularia tabacaria*. Destas, 70% pertencem ao nível dos invertívoros (I) ou piscívoros (P) (TABELA 2).

Oito espécies (22%) foram frequentes, i.e. obtiveram o score 8 – *Albula vulpes*, *Atherinella brasiliensis*, *Diplodus argenteus*, *Harengula clupeola*, *Trachinotus carolinus*, *Trachinotus falcatus*, *Umbrina coroides* e *Hemiramphus brasiliensis*, sendo que os onívoros foram os mais representativos (50%) (TABELA 2). Estas espécies dominantes consideradas residentes anuais foram constituídas no geral por indivíduos juvenis (TABELA 3) com exceção das espécies *A. brasiliensis* e *H. brasiliensis* que apresentaram exemplares adultos durante as amostragens. Apesar do comprimento médio da espécie *A. vulpes* (TABELA 3) sugerir a ocorrência exclusiva de indivíduos juvenis, foi coletado o ciclo de vida completo da espécie, que compreende o estágio de larva leptocéfala até os indivíduos adultos.

Em relação à distribuição geográfica das espécies, apenas *D. argenteus*, *S. brasiliensis* e *S. tome* são de clima temperado e temperado que se estende a regiões tropicais (Te), sendo as outras 32 espécies de clima tropical e tropical que se estende a regiões temperadas (Tr) (TABELA 2).

O modelo mínimo mais adequado selecionado para descrever a abundância inclui os fatores estação do ano (EA: $F_{3,40} = 6,78$; $P < 0,001$) e período do dia (Per: $F_{1,40} = 4,73$; $P < 0,05$), sendo que, a porcentagem da variância da abundância explicada pelo modelo foi 32,39%. A inexistência de interação (Per : EA) evidencia o efeito aditivo dos dois fatores, sendo que o efeito da variável estação do ano é 4,3 vezes maior que o do período, ou seja, a variável sazonal é a que mais explica o modelo (TABELA 4). Investigando os coeficientes dos níveis dos fatores que compõem o modelo linear mínimo mais adequado através do contraste *a posteriori*, pode-se observar que o coeficiente de todos os níveis são significativamente diferentes de zero (TABELA 5), evidenciando não só que a média da abundância na primavera, verão e outono foi significativamente maior que no inverno (intercepto), como também que a média da abundância no período noturno foi menor que na manhã (intercepto) (TABELA 5). Com efeito, a maior quantidade de indivíduos foi amostrada no período diurno e nas estações primavera, verão e outono (FIGURA 5), sendo que, a sazonalidade é a variável que mais explica o modelo.

Com referência à riqueza, retirado o efeito da abundância, o modelo mínimo mais adequado inclui apenas o fator período (Per: $F_{1,43} = 4,19$; $P < 0,05$) (TABELA 6), sendo que 6,77% da variância é explicada pelo modelo (TABELA 7). Apenas o coeficiente do nível referente ao período noturno foi significativamente diferente de zero ($P < 0,05$), ou seja, a riqueza de espécies foi significativamente maior no período noturno (FIGURA 6).

Em relação ao índice de diversidade de Shannon (H'), o modelo mínimo mais adequado é composto somente pela interação entre os fatores período do dia e estação do ano (Per : EA: $F_{7,37} = 2,47$; $P < 0,05$) (TABELA 8), sendo que, a porcentagem da variância do índice de Shannon explicada pelo modelo foi 18,97%. Somente os coeficientes dos níveis referentes às interações entre o período da manhã e inverno, e o período da manhã e primavera foram significativamente diferentes de zero ($P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente) (TABELA 9). A grande média de H' equivalente a 1,09 indica no geral uma diversidade alta e uniforme nas diferentes amostragens realizadas no decorrer do estudo. No entanto, como pode ser observado na TABELA 9, as manhãs do inverno e primavera apresentaram uma média de H' significativamente menor (0,96 e 0,53 respectivamente) quando comparadas a grande média (FIGURA 7).

Concluindo as análises dos modelos lineares generalizados, a biomassa e os índices de equabilidade (J') e Margalef foram melhor representados pelo modelo mínimo ($\bar{y} = a$) que inclui como parâmetro apenas a grande média a (TABELAS 10, 11 e 12, respectivamente). Sendo assim, devido ao valor de $P > 0,05$, a hipótese nula cuja variação entre os grupos de tratamentos é reflexo do erro aleatório é aceita.

A ordenação MDS relacionada à abundância de espécies da assembleia de peixes nas diferentes estações do ano e períodos do dia não revelaram a formação de grupos bem definidos com exceção dos grupos outono (OM + ON) e inverno noite (IN). Embora não seja evidente, o cluster que agrupou os períodos da primavera e verão e o período diurno do inverno representa o conjunto das espécies anuais, já que ele compreende a maior parte das estações do ano. Essa observação é corroborada pelo fato de que todas as espécies residentes anuais classificadas como frequentes na TABELA 2 com exceção de *Trachinotus falcatus* e *Hemiramphus brasiliensis* estão compreendidas no intervalo de confiança deste conjunto. O stress de 0,22 indicou que as similaridades representadas pela

distância no gráfico não são muito adequadas (FIGURA 8) e, portanto, foi tomado o devido cuidado através de comparações entre a ordenação MDS e a tabela de abundância das espécies (APÊNDICE A). No grupo outono noite (ON), apenas a espécie *T. falcatus*, cuja abundância foi alta (TABELA 2), ocorreu em quase todas as amostragens (exceto uma) com uma abundância total de 43 indivíduos (APÊNDICE A). *Sardinella brasiliensis* não ocorreu no cluster, sendo portanto considerada um artefato devido a sua raridade e esporádica ocorrência, e *Polydactylus oligodon*, cuja abundância também foi baixa (TABELA 2), ocorreu em apenas uma amostragem do ON com apenas um indivíduo. No grupo outono manhã (OM), tanto *Ophioscion punctatissimus* quanto *Sphoeroides spengleri* tiveram uma abundância baixa, sendo que ambas ocorreram em apenas uma amostragem com um e quatro indivíduos, respectivamente. A espécie *Strongylura timucu* ocupou o conjunto composto pelos grupos OM e ON com uma abundância intermediária de 12 indivíduos no período diurno e um no período noturno. Já no grupo inverno noite (IN) as espécies que compuseram o intervalo de confiança foram *Fistularia tabacaria*, *Caranx latus*, *Odontoscion dentex*, e *Hemiramphus brasiliensis*. A espécie *F. tabacaria* não foi capturada no inverno (APÊNDICE A) sendo considerada também um artefato no agrupamento devido a sua raridade e esporádica ocorrência (TABELA 2). As espécies *C. latus* e *O. dentex*, de abundância intermediária, ocorreram respectivamente em duas e quatro amostragens do IN com um total de dois e 15 indivíduos. Por fim, a espécie *H. brasiliensis*, de elevada abundância, ocorreu em duas amostragens do IN com um total de 12 indivíduos. Apesar da ANOSIM indicar que os meios para separação dos grupos foram fracos ($R = 0,3442$, $P = 0,001$) foi observado uma diferença significativa entre os grupos.

TABELA 2 – Espécies agrupadas de acordo com os níveis atribuídos a cada variável (frequência de ocorrência, abundância de biomassa). Classificação das espécies segundo o nível trófico e distribuição geográfica.

| Características | Níveis | Espécies | Score | Status | NI ¹ | DG ² |
|---|--------|----------------------------------|-------|---------------|-----------------|-----------------|
| Distribuição restrita, baixa abundância and biomassa | 1-1-1 | <i>Actinopterygii</i> sp. 1 | 3 | Rara | - | Tr |
| | | <i>Scartella cristata</i> | | | I/H | Tr |
| | | <i>Sphoeroides</i> sp. | | | - | Tr |
| Distribuição restrita, baixa abundância, biomassa intermediária | 1-1-2 | <i>Gobiesox barbatulus</i> | 4 | Rara | I | Tr |
| | | <i>Ophioscion punctatissimus</i> | | | I | Tr |
| | | <i>Sardinella brasiliensis</i> | | | P | Te |
| | | <i>Sphyraena tome</i> | | | P | Te |
| Distribuição restrita, abundância intermediária, baixa biomassa | 1-2-1 | <i>Sphoeroides spengleri</i> | 4 | Rara | I | Tr |
| Distribuição intermediária, baixa abundância e biomassa | 2-1-1 | <i>Actinopterygii</i> sp. 2 | 4 | Rara | - | Tr |
| | | <i>Strongylura</i> sp. | | | - | Tr |
| Distribuição e abundância intermediária, baixa biomassa | 2-2-1 | <i>Atherinella blackburni</i> | 5 | Rara | - | Tr |
| | | <i>Synodus foetens</i> | | | I/P | Tr |
| | | <i>Ulaema lefroyi</i> | | | I | Tr |
| Baixa distribuição e abundância, alta biomassa | 1-1-3 | <i>Centropomus parallelus</i> | 5 | Rara | I/P | Tr |
| | | <i>Fistularia tabacaria</i> | | | P | Tr |
| Distribuição restrita, abundância intermediária, alta biomassa | 1-2-3 | <i>Tylosurus acus</i> | 6 | Intermediária | P | Tr |
| Distribuição intermediária, alta abundância, baixa biomassa | 2-3-1 | <i>Mugil</i> sp. | 6 | Intermediária | H | - |
| Distribuição intermediária, baixa abundância, alta biomassa | 2-1-3 | <i>Polydactylus oligodon</i> | 6 | Intermediária | I | Tr |
| Distribuição, abundância e biomassa intermediária | 2-2-2 | <i>Oligoplites saurus</i> | 6 | Intermediária | I/P | Tr |
| | | <i>Polydactylus virginicus</i> | | | I | Tr |
| Distribuição e abundância intermediária, alta biomassa | 2-2-3 | <i>Caranx latus</i> | 7 | Intermediária | I/P | Tr |
| | | <i>Haemulon steindachneri</i> | | | O | Tr |
| | | <i>Odontoscion dentex</i> | | | I/P | Tr |
| | | <i>Pemppheris schomburgkii</i> | | | Z | Tr |
| | | <i>Strongylura timucu</i> | | | P | Tr |
| Distribuição intermediária, alta abundância, biomassa intermediária | 2-3-2 | <i>Eucinostomus argenteus</i> | 7 | Intermediária | I/H | Tr |
| Alta distribuição, abundância e biomassa intermediária | 3-2-2 | <i>Dactyloscopus crossotus</i> | 7 | Intermediária | - | Tr |
| | | <i>Menticirrhus littoralis</i> | | | I | Tr |
| | | <i>Trachinotus goodei</i> | | | I | Tr |
| Alta distribuição e abundância, biomassa intermediária | 3-3-2 | <i>Albula vulpes</i> | 8 | Frequente | I | Tr |
| | | <i>Atherinella brasiliensis</i> | | | O | Tr |
| | | <i>Diplodus argenteus</i> | | | O | Te |
| | | <i>Harengula clupeiola</i> | | | O | Tr |
| | | <i>Trachinotus carolinus</i> | | | I/P | Tr |
| | | <i>Trachinotus falcatus</i> | | | I/P | Tr |
| | | <i>Umbrina coroides</i> | | | I | Tr |
| Distribuição intermediária, alta abundância e biomassa | 2-3-3 | <i>Hemiramphus brasiliensis</i> | 8 | Frequente | O | Tr |

Níveis: 1 - baixo, 2 - intermediário, 3 - alto. Score: soma dos níveis. ¹Nível trófico (H - herbívoro, I - invertívoro, I/P - invertívoro/piscívoro, I/H - invertívoro/herbívoro, O - onívoro, P - piscívoro, Z - zooplânctívoros), ²Distribuição geográfica (Te - clima temperado e temperado que se estende a regiões tropicais, Tr - clima tropical e tropical que se estende a regiões

Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 3 – Comprimento médio (\bar{L}) do total de indivíduos amostrados e comprimento comum (L_c) obtido na literatura das espécies residentes anuais (¹Comprimento máximo já registrado).

| Espécie | \bar{L} (cm) | L_c (cm) | Referências bibliográficas |
|---------------------------------|----------------|--------------------|--|
| <i>Albula vulpes</i> | 5,65 | 104,0 ¹ | Robins, C.R. and G.C. Ray, 1986. A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 354 p. |
| <i>Atherinella brasiliensis</i> | 7,86 | 12,0 | Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina and B. Rodriguez, 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Rome. 513 p. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. |
| <i>Diplodus argenteus</i> | 3,15 | 37,8 ¹ | David, G.S., R. Coutinho, I. Quagio-Grassiotto and J.R. Verani, 2005. The reproductive biology of <i>Diplodus argenteus</i> (Sparidae) in the coastal upwelling system of Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brazil. Afr. J. Mar. Sci. 27(2):439-447. |
| <i>Harengula clupeola</i> | 3,52 | 10,0 | Whitehead, P.J.P., 1985. FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeioidi). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. FAO Fish. Synop. 125(7/1):1-303. Rome: FAO. |
| <i>Hemiramphus brasiliensis</i> | 18,15 | 35 | Collette, B.B., 1981. Hemiramphidae. In W. Fischer, G. Bianchi and W.B. Scott (eds.) FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic (Fishing Areas 34, 47 (in part)). Volume 2. Department of Fisheries and Oceans Canada and FAO. Rome. |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 3,24 | 40,0 | Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina and B. Rodriguez, 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Rome. 513 p. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. |
| <i>Trachinotus falcatus</i> | 3,66 | 94,0 | Berry, F.H. and W.F. Smith-Vaniz, 1978. Carangidae. In W. Fischer (ed.) FAO species identification sheets for fishery purposes. West Atlantic (Fishing Area 31). volume 1. FAO, Rome. [var. pag.]. |
| <i>Umbrina coroides</i> | 4,38 | 25,0 | Chao, L.N., 1978. Sciaenidae. In W. Fischer (ed.) FAO species identification sheets for fishery purposes. West Atlantic (Fishing Area 31). Volume 4. FAO, Rome. |

TABELA 4 – Análise de variância (ANOVA) do modelo mínimo mais adequado que descreve o logaritmo natural da abundância ($\log(Ab)$). Os fatores período do dia (Per) e estação do ano (EA) são os parâmetro que compõem o modelo (gl - graus de liberdade, SQ - soma dos quadrados, QM - quadrado médio, F - razão-F, Pr (> F) - valor de P, ‘****’ - $p < 0,001$; ‘***’ - $p < 0,01$).

| Resposta: $\log(Ab)$ | gl | SQ | QM | F | Pr (> F) | |
|----------------------|----|--------|--------|--------|----------|------|
| EA | 3 | 25,589 | 8,5295 | 6,7813 | 0,000837 | **** |
| Per | 1 | 5,952 | 5,9518 | 4,7320 | 0,035576 | * |
| Resíduos | 40 | 50,312 | 1,2578 | | | |

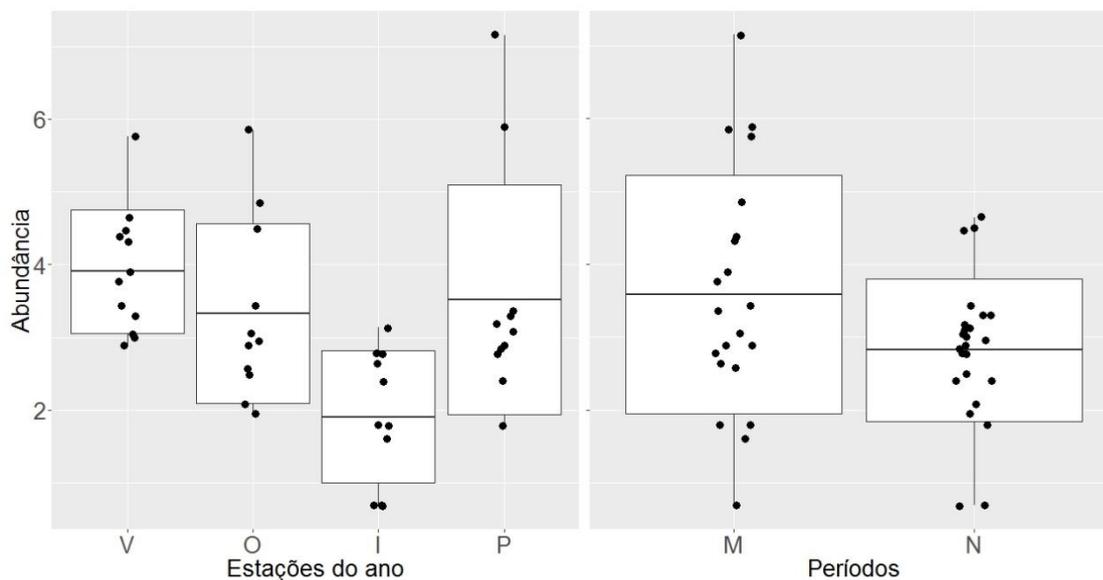
Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 5 – Coeficientes dos níveis referentes aos fatores estação do ano e período do dia que compõem o modelo mínimo mais adequado do logaritmo natural da abundância (Intercepto – representa a estimativa da média dos níveis inverno e manhã, ‘****’ – $p < 0,001$; ‘***’ – $p < 0,01$; ‘**’ – $p < 0,05$; r^2 – coeficiente de determinação).

| | Estimativa | Erro padrão | t | Pr (> t) | | r^2 |
|--------------|------------|-------------|--------|------------|------|--------|
| (Intercepto) | 2.3061 | 0.3845 | 5.998 | 4.75E-07 | **** | 0.3239 |
| Outono | 1.4169 | 0.4782 | 2.963 | 0.005112 | ** | |
| Primavera | 1.6061 | 0.4782 | 3.359 | 0.001730 | ** | |
| Verão | 1.9652 | 0.4684 | 4.196 | 0.000147 | **** | |
| Noite | -0.7296 | 0.3354 | -2.175 | 0.035575 | * | |

Fonte: Dias et al. 2016.

FIGURA 5 – Box-plot com média, intervalo de confiança a 95% e valores mínimos e máximos do logaritmo natural da abundância nas diferentes estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) e períodos do dia (manhã e noite).



Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 6 – Análise de variância (ANOVA) do modelo mínimo mais adequado que descreve a riqueza sem o efeito da abundância (resíduo (S~Ab)). O fator período do dia (Per) é o único parâmetro que compõem o modelo (S~Ab - riqueza em função da abundância, gl - graus de liberdade, SQ - soma dos quadrados, QM - quadrado médio, F - razão-F, Pr (> F) - valor de P, '*' - $p < 0,05$).

| Resposta: resíduo (S~Ab) | gl | SQ | QM | F | Pr (> F) |
|--------------------------|----|---------|---------|--------|-----------|
| Per | 1 | 17,516 | 17,5160 | 4,1956 | 0,04667 * |
| Resíduos | 43 | 179,518 | 4,1748 | | |

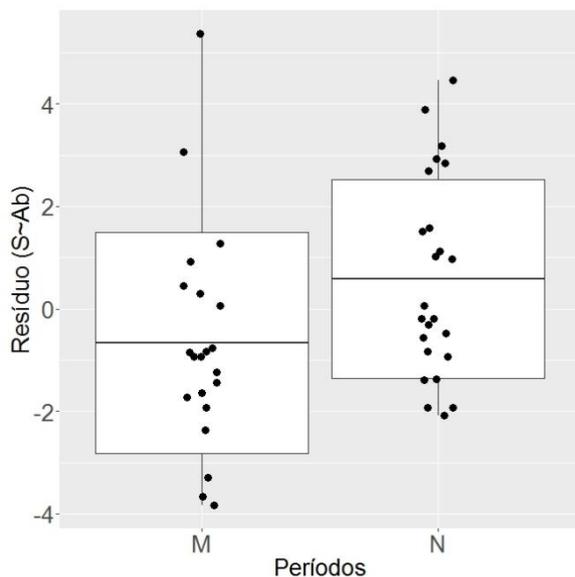
Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 7 – Coeficiente do nível referente ao fator período do dia que compõem o modelo mínimo mais adequado da riqueza sem o efeito da abundância (Intercepto – representa a estimativa da média do nível manhã, ‘*’ – $p < 0,05$; r^2 – coeficiente de determinação).

| | Estimativa | Erro padrão | t | Pr (> t) | r^2 |
|--------------|------------|-------------|--------|--------------|---------|
| (Intercepto) | -0,6670 | 0,4459 | -1,496 | 0,1420 | 0,06771 |
| Noite | 1,2506 | 0,6105 | 2,048 | 0,0467 | * |

Fonte: Dias et al. 2016.

FIGURA 6 – Box-plot com média, intervalo de confiança a 95% e valores mínimos e máximos da riqueza sem o efeito da abundância (resíduo (S~Ab)) nos diferentes períodos do dia (manhã e noite) (S~Ab - riqueza em função da abundância).



Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 8 – Análise de variância (ANOVA) do modelo mínimo mais adequado que descreve o índice de Shannon (H'). A interação entre os fatores período do dia (Per) e estação do ano (EA) é o único parâmetro que compõem o modelo (gl - graus de liberdade, SQ - soma dos quadrados, QM - quadrado médio, F - razão-F, Pr (> F) - valor de P, '*' - $p < 0,05$).

| Resposta: H' | gl | SQ | QM | F | Pr (> F) |
|----------------|----|--------|---------|--------|-----------|
| Per : EA | 7 | 3,9502 | 0,56431 | 2,4716 | 0,03468 * |
| Resíduos | 37 | 8,4478 | 0,22832 | | |

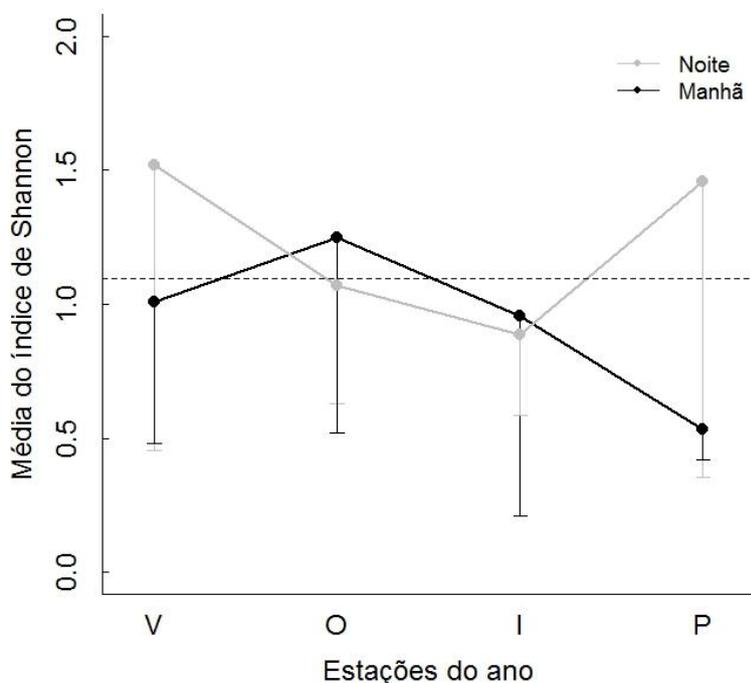
Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 9 – Coeficientes dos níveis referentes aos fatores que compõem o modelo mínimo mais adequado que descreve o índice de Shannon (H') (Intercepto – representa a estimativa da grande média, ND – não disponível, '***' – $p < 0,001$; '**' – $p < 0,01$; '*' – $p < 0,05$; r^2 – coeficiente de determinação).

| | Estimativa | Erro padrão | t | Pr (> t) | r^2 |
|-------------------|------------|-------------|--------|--------------|--------|
| (Intercepto) | 1,5166 | 0,1951 | 7,774 | 2,70E-09 *** | 0,1897 |
| Manhã : Inverno | -0,5593 | 0,2893 | -1,933 | 0,06093 . | |
| Noite : Inverno | -0,6309 | 0,2759 | -2,287 | 0,02801 * | |
| Manhã : Outono | -0,2696 | 0,2893 | -0,932 | 0,35743 | |
| Noite : Outono | -0,4479 | 0,2759 | -1,624 | 0,11294 | |
| Manhã : Primavera | -0,9829 | 0,2893 | -3,397 | 0,00164 ** | |
| Noite : Primavera | -0,0592 | 0,2759 | -0,215 | 0,83126 | |
| Manhã : Verão | -0,5064 | 0,2759 | -1,836 | 0,07443 . | |
| Noite : Verão | ND | ND | ND | ND | |

Fonte: Dias et al. 2016.

FIGURA 7 – Média do índice de Shannon (H') segundo os períodos do dia (manhã e noite) e estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). As barras verticais representam o desvio-padrão e a linha horizontal tracejada a grande média de H' equivalente a 1,09.



Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 10 – Análise de variância (ANOVA) do modelo que descreve o logaritmo natural da biomassa ($\log(\text{Bio})$). O fator período do dia (Per) é o único parâmetro que compõem o modelo (gl - graus de liberdade, SQ - soma dos quadrados, QM - quadrado médio, F - razão-F, Pr (> F) - valor de P, ‘.’ - $p < 0,1$).

| Resposta: $\log(\text{Bio})$ | gl | SQ | QM | F | Pr (> F) |
|------------------------------|----|--------|--------|--------|-----------|
| Per | 1 | 5,932 | 5,9322 | 2,8512 | 0,09855 . |
| Resíduos | 43 | 89,465 | 2,0806 | | |

Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 11 – Análise de variância (ANOVA) do modelo que descreve o índice de equabilidade (J'). O fator período do dia (Per) é o único parâmetro que compõem o modelo (gl - graus de liberdade, SQ - soma dos quadrados, QM - quadrado médio, F - razão-F, Pr (> F) - valor de P, ‘.’ - $p < 0,1$).

| Resposta: J' | gl | SQ | QM | F | Pr (> F) |
|--------------|----|---------|---------|--------|-----------|
| Per | 1 | 0,19018 | 0,19018 | 3,2938 | 0,07669 . |
| Resíduos | 42 | 2,42508 | 0,05774 | | |

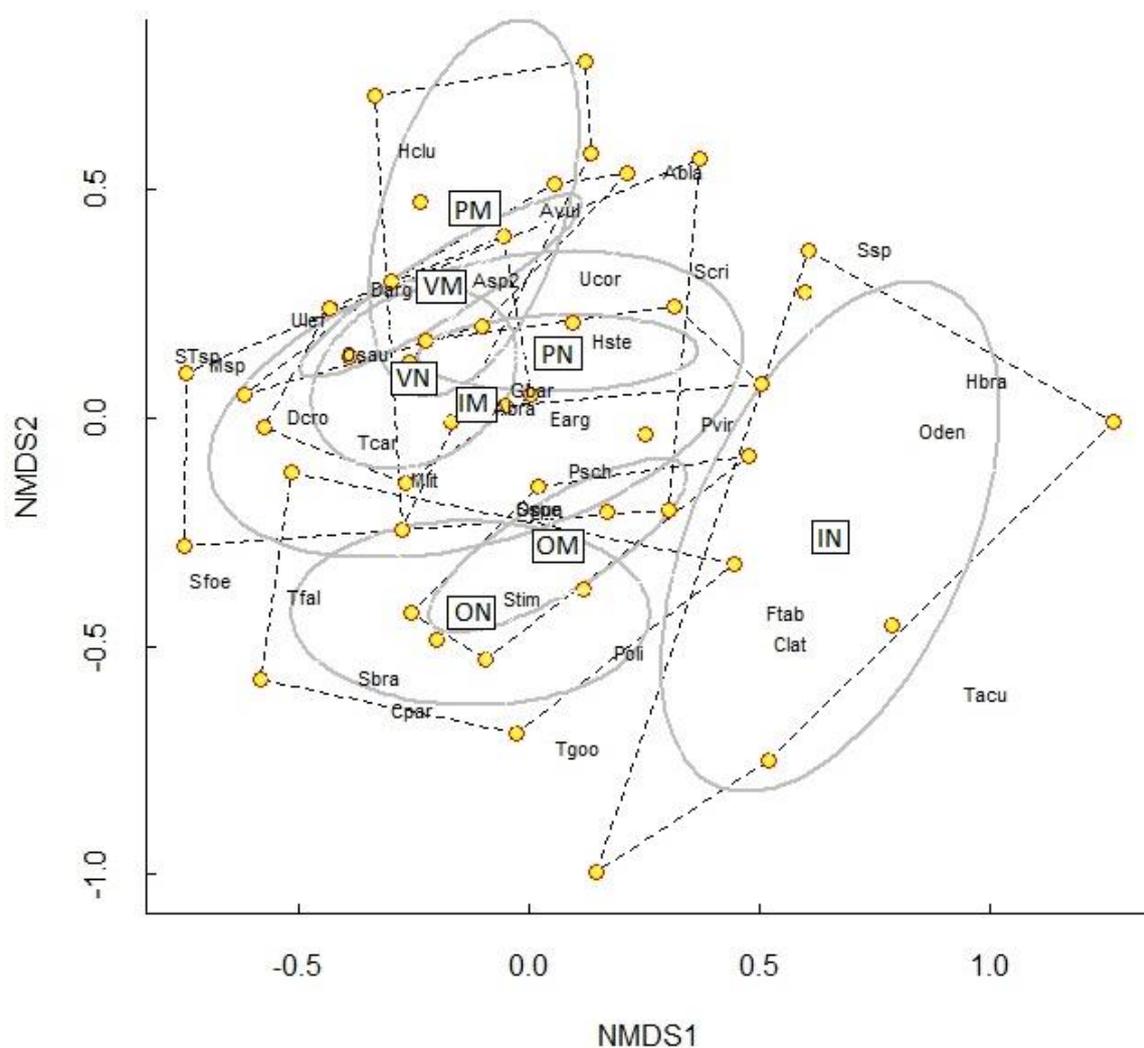
Fonte: Dias et al. 2016.

TABELA 12 – Análise de variância (ANOVA) do modelo que descreve o índice de Margalef. O fator período do dia (Per) é o único parâmetro que compõem o modelo (gl - graus de liberdade, SQ - soma dos quadrados, QM - quadrado médio, F - razão-F, Pr (> F) - valor de P, ‘.’ - $p < 0,1$).

| Resposta: Margalef | gl | SQ | QM | F | Pr (> F) |
|--------------------|----|---------|---------|--------|-----------|
| Per | 1 | 1,3454 | 1,34543 | 3,7029 | 0,06095 . |
| Resíduos | 43 | 15,6236 | 0,36334 | | |

Fonte: Dias et al. 2016.

FIGURA 8 – Ordenação MDS (coeficiente de Bray-Curtis) da abundância de espécies da assembleia de peixes nas diferentes estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) e períodos do dia (manhã e noite). Stress = 0,22. (Elipse = intervalo de confiança de 95%, polígono tracejado = abrange todos os pontos de amostragem (círculos amarelos) do grupo, nomes de identificação dos grupos = centroide, espécies identificadas pela primeira letra do gênero e as três iniciais do epíteto específico).



Fonte: Dias et al. 2016.

5 DISCUSSÃO

A comunidade íctica da zona de arrebentação da Ilha do Prumirim é caracterizada por poucas espécies residentes anuais que utilizam a área durante o início da vida, como registrado na zona de arrebentação de outras praias arenosas (McLachlan & Brown 2006, Gondolo et al. 2011, Pereira et al 2015). O padrão de dominância registrado no presente estudo, no qual oito espécies foram consideradas residentes anuais, foi similar a vários resultados obtidos em outras praias e estuários, onde no geral menos de 10 espécies dominam o ambiente (Griffiths 2001, Strydom 2003, Pessanha et al. 2003, Félix et al. 2007, Santana et al. 2013, Ribeiro et al. 2014). Assim como relatado por Veloso & Neves (2009), a ocorrência de espécies raras foi constante na zona de arrebentação sendo que estas foram as espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade dos agrupamentos na ordenação MDS.

A zona de arrebentação pode ser definida como um ambiente muito dinâmico, caracterizado pela turbulência e uma elevada energia proveniente das ondas, marés e correntes de movimento (Romer 1990). A turbulência gerada pelas ondas pode reduzir a taxa de ingestão de comida pelos peixes devido à necessidade contínua do ajuste da posição do corpo na coluna d'água e também diminuir o campo de visão (Clark 1997). Dessa forma, espécies generalistas como *Atherinella brasiliensis*, *Diplodus argenteus*, *Harengula clupeola* e *Hemiramphus brasiliensis*, pertencentes ao nível trófico dos onívoros, podem obter certa vantagem nesse ambiente. Como foi observado, o grupo dos onívoros foi o mais representativo dentre as espécies dominantes, abarcando 2029 indivíduos principalmente devido a elevada abundância da espécie *H. clupeola* em duas amostragens da primavera no período da manhã. O maior número de indivíduos amostrados pertencentes à espécie *H. clupeola* também foi observado no estudo de Pereira

e colaboradores (2015) na Ilha de Marambaia localizada ao sul do estado do Rio de Janeiro, distante 100 km aproximadamente da Ilha do Prumirim.

Além dos clupeídeos (51,6%), as famílias com maior abundância de indivíduos capturados foram Carangidae (22,3%), Sciaenidae (5,9%), Sparidae (3,6%), Atherinopsidae (3,1%), Gerreidae (1,9%), Albulidae (8%), Hemiramphidae (0,9%) e Mugilidae (0,7%), sugerindo que a Ilha do Prumirim é uma importante área de criação de espécies devido ao elevado valor comercial dos carangídeos, scianídeos e mugilídeos.

A grande riqueza de espécies que ocupam a zona de arrebentação desperta uma simples questão: como um ambiente fisicamente simples pode suportar um número elevado de espécies? Nesse contexto, Vasconcellos et al. (2011) mencionaram que a compartimentalização sazonal e circadiana da assembleia de peixes pode ser um fator importante para responder essa pergunta. De maneira convergente, embora o resultado da ordenação MDS tenha mostrado uma variação pouco óbvia da estrutura e composição da comunidade, foi possível fazer algumas observações circadianas e mais evidentemente sazonais na estrutura e composição da ictiofauna, como foi observado por Favero & Dias (2013), Ribeiro et al. (2014) e Pereira et al. 2015, refletindo em mudanças na abundância das espécies residentes anuais ao longo da primavera, verão, outono e no período noturno do inverno. A primavera foi composta pelas espécies *Albula vulpes* (I), *Diplodus argenteus* (O) e *Harengula clupeola* (O). *A. vulpes* apresentou uma distribuição e abundância homogênea ao longo das amostragens em pequenos cardumes de até 74 indivíduos, sendo que sua ocorrência se estendeu até o verão. Os exemplares amostrados neste intervalo foram em sua maioria larvas leptocéfalas (Bonecker 2006) caracterizadas morfológicamente pela posição da nadadeira anal (posicionada posteriormente à nadadeira dorsal) e pela contagem do número de miômeros (de 69 a 73), sugerindo a demarcação precisa do intervalo de recrutamento desta espécie desde o início da

primavera até o final do verão. *D. argenteus*, descrito por Menezes e Figueiredo (1980) como espécie encontrada nas proximidades de ilhas, ocorreu também em sincronia com *A. vulpes*. *H. clupeola* ocorreu pontualmente em duas amostragens da manhã formando grandes cardumes (1198 e 349 indivíduos) cujo número de indivíduos resultante da soma de ambos foi equivalente a 45% do total de espécimes capturados em todo o estudo. No verão, os onívoros foram substituídos por uma proporção elevada de invertívoros (*Umbrina coroides*) e invertívoros e piscívoros (*Trachinotus carolinus*). A ocorrência da espécie *T. carolinus* se estendeu até o outono, cuja composição foi marcada pelas espécies *Trachinotus falcatus* (I/P) principalmente no período da noite e em esporádica e menor abundância pela espécie *Strongylura timucu* (P) principalmente no período da manhã. Por fim, o período noturno do inverno, cluster representado pela maior dissimilaridade entre os grupos na ordenação MDS, foi caracterizado pela ocorrência das espécies *Odontoscion dentex* (I/P) e *Hemiramphus brasiliensis* (O). A espécie *Atherinella brasiliensis* (O) não exibiu nenhum padrão evidente sazonal ou circadiano, ocorrendo esporadicamente ao longo de todo o ano. Tais mudanças sazonais na assembleia de peixes caracterizadas pela substituição de espécies podem ser uma estratégia de compartilhamento de recursos que reduz a competição por alimento, ou então refletir uma resposta das espécies a condições físicas ambientais sub-ótimas e, até mesmo, pode ser uma combinação dos dois fatores (Akin et al. 2003).

O índice de diversidade de Shannon (H') é um parâmetro de comunidade utilizado frequentemente para estabelecer em que medida, e porque as comunidades variam com o tempo (Pielou 1974). No presente estudo, H' foi a única variável cuja variação ao longo do ano foi explicada pela interação entre os fatores sazonalidade e ritmo circadiano, sendo que nas manhãs da primavera e no período noturno do inverno a diversidade foi significativamente menor do que nos outros períodos e estações. Esse

padrão foi observado devido à elevada abundância de poucas espécies dominantes. Nas manhãs da primavera, *A. vulpes* e *H. clupeola* foram as espécies que contribuíram para o baixo índice de diversidade devido a ocorrências destas em grande cardumes quando comparadas as outras espécies. Nas noites do inverno, *O. dentex* e *H. brasiliensis* assumiram este papel.

Embora a substituição de espécies mais evidente entre as estações do ano indique aparentemente uma possível variação da riqueza em função da sazonalidade, este fator não foi incluído no modelo linear elaborado para explicar a variação da riqueza. Apesar do modelo explicar apenas 7% da variância, o número de espécies variou numa escala de curto prazo, ou seja, entre os períodos diurno e noturno, sendo que a riqueza foi significativamente maior a noite. Este padrão está geralmente relacionado a dois tipos de comportamento observados na zona de arrebentação: evitar predadores e forrageamento. No período noturno, o movimento dos piscívoros em direção a praia força o deslocamento das presas para águas mais rasas (Girsa & Zhuravel 1983, Brown & McLachlan 1990, Ansell & Gibson 1990, Gibson et al. 1996, Layman 2000), além disso, marés altas permitem que alguns peixes de hábito invertívoro se desloquem para zonas mais elevadas de distribuição de invertebrados intertidais (Brown & McLachlan 1990). Layman (2000) observou que o maior número de espécies é coletado significativamente durante as marés altas, dessa forma o baixo poder explicativo (7%) pode ser resultante do fato de que a altura das marés não foi incluída no modelo. Por outro lado, Pereira e colaboradores (2015) verificaram que a variação do número de espécies ocorreu em função da sazonalidade, sendo maior no outono e inverno quando comparado com a primavera e verão.

Em relação à variação da abundância ao longo do ano, a sazonalidade foi o fator mais influente, sendo que o inverno apresentou significativamente a menor abundância.

Embora a maior quantidade de indivíduos não tenha ocorrido especificamente no verão como relataram Ayvazian (1992), Santos & Nash (1995) e Barreiros e colaboradores (2004) o declínio do número de indivíduos no inverno (Lasiak 1984) sugere que a abundância foi maior nos meses mais quentes (Clark 1996, Godefroid et al. 2003, Félix et al. 2006, Araújo et al. 2008, Favero & Dias 2013) em razão comum do recrutamento de jovens de espécies residentes e transitórias seguindo suas estações de procriação.

Diferente da observação de McLachlan & Brown (2006) na qual a variação da abundância em curto prazo ou circadiana excede a sazonal, no presente estudo de maneira aditiva e quatro vezes menos influente o ritmo circadiano contribuiu numa escala menor para explicar a variação da abundância ao longo do ano juntamente com a sazonalidade, sendo que o período diurno apresentou significativamente a maior quantidade de espécimes amostrados (Santana et al. 2013, Ribeiro et al. 2014). Semelhantemente à riqueza, esse padrão pode estar relacionado ao forrageamento das espécies. Durante o dia, a zona de arrebentação, uma região pouco profunda, concentra uma elevada quantidade de fitoplâncton (Schlacher 2008) fornecendo um grande aporte de alimento não só para as espécies planctívoras como também para muitas espécies carnívoras ou onívoras que são planctívoras em seu estágio inicial de vida (Helfman et al. 2009). Além disso, como citado anteriormente, espécies de hábito noturno são geralmente predadoras e, portanto menos abundantes que os níveis tróficos inferiores (Helfman et al. 2009). Dessa forma, sabendo que a zona de arrebentação é ocupada no geral por indivíduos juvenis, o maior número de indivíduos é de fato esperado no período da manhã.

Aproximadamente 1400 espécies marinhas de peixes conhecidas têm sido reportadas em águas brasileiras (Menezes et al. 2003, Reis et al. 2016), sendo que a região que vai do litoral norte do estado de São Paulo até a região central do litoral baiano é onde está concentrada a maior riqueza de espécies do Atlântico que banha a costa brasileira. A

Ilha do Prumirim está localizada na zona de transição de baixa para alta diversidade onde o número de espécies varia de 1 a 25 em Bertioga – SP e atinge um platô de 101 a 500 espécies a partir de Caraguatatuba, sendo que, especificamente na região em que se encontra a ilha onde o estudo foi realizado, a riqueza varia entre 51 e 100 (Miloslavich et al. 2011).

Concomitantemente a esta grande diversidade de espécies verificada na costa brasileira, encontra-se o fato de que 7,5% de todas as espécies marinhas de peixes brasileiros estão incluídas em uma das categorias de ameaça da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN. No presente estudo, foram verificadas três espécies ameaçadas (TABELA 13) e, embora duas delas tenham ocorrido esporadicamente, *Atherinella brasiliensis* foi incluída no grupo das espécies residentes anuais e, portanto deveria ser levada em consideração em políticas públicas de conservação da Ilha do Prumirim.

A sobrepesca foi identificada como a principal causa do declínio populacional para muitas espécies marinhas listadas no livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, seguida pelo desenvolvimento costeiro, perda de habitat e degradação (Reis et al. 2016). Adicionalmente, as áreas marinhas protegidas – AMP contam com apenas 1,5% da costa do Brasil, considerando que os acordos internacionais ditam que 10% de toda a superfície do oceano devem ser protegidas a fim de assegurar a viabilidade do estoque de peixes para as gerações futuras (Mittermeier et al. 2010, Vilar et al. 2015).

Embora o presente estudo não tenha um caráter global, a quantidade escassa de trabalhos realizados em praias arenosas de ilhas brasileiras faz com que ele tenha importância significativa no contexto nacional uma vez que apenas quatro destes ambientes haviam tido abordagens similares até então (Santana & Severi 2009, Favero &

Dias 2013, Santana et al. 2013, Ribeiro et al. 2014, Pereira et al. 2015). Na Ilha do Prumirim foram detectados alguns padrões circadianos e sazonais na estrutura e composição da ictiofauna que permitem fornecer subsídios para futuras políticas de conservação dos peixes marinhos. Para tanto, sugere-se que praias arenosas de outras ilhas da costa brasileira sejam estudadas, com um delineamento mais amplo, para que se reduza a lacuna no conhecimento dos peixes insulares.

TABELA 13 – Espécies ameaçadas de extinção registradas no presente estudo, com categorias de ameaça segundo IUCN.

| Espécies | SP | Brasil |
|--|----|--------|
| <i>Atherinella brasiliensis</i> | AS | - |
| <i>Centropomus parallelus</i> | AS | - |
| <i>Sardinella brasiliensis</i> | SE | SE |
| AS - ameaçada de sobreexploração, SE - sobreexplorada | | |

Fonte: Dias et al. 2016.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andreatta, J., Meuer, B., Baptista, M., Manzano, F., Teixeira, D., Longo, M., et al. (2002). Composição da assembléia de peixes da Baía da Ribeira, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(4), 1139-1146.

Ansell, A. D. & Gibson, R. N. (1990). Patterns of feeding and movement of juvenile flatfishes on an open sandy beach. In *Trophic Relationships in the Marine Environment* (Barnes, M. & Gibson, R. N., ed.). Aberdeen University Press, Aberdeen, 197–207.

Akin S., Winemiller K.O., Gelwick F.P. (2003) Seasonal and spatial variations in fish and macrocrustacean assemblage structure in Mad Island Marsh estuary, Texas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 269–282.

Aprieto, V. (1974). Early development of five carangid fishes of the Gulf of Mexico and the south coast of the United States. *Fishery Bulletin- National Oceanic and Atmospheric Administration*, 72(2), 415-443.

Ayvazian, S., Deegan, L., & Finn, J. (1992). Comparison of habitat use by estuarine fish assemblages in the Acadian and Virginian zoogeographic provinces. *Estuaries*, 15(3), 368-383.

Barletta, M. & Corrêa, M. F. M. (1992). *Guia para identificação de peixes da costa do Brasil*. Editora da UFPR, Curitiba, 131.

Barreiros, J., Figna, V., Hostim-Silva, M., & Santos, R. (2004). Seasonal changes in a sandy beach fish assemblage at Canto Grande, Santa Catarina, South Brazil. *Journal of Coastal Research*, 20(3), 862-870.

Bonecker, A. C. (2006). *Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional.

Bray, J. C. (1957). An ordination of the Upland Forest Communities os Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325-349.

Brown, A. C. & McLachlan, A. (1990). *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam, 328.

Castro Filho, B.M.; Miranda, L.B. & Miyao, S.Y. (1987). Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 35(2): 135-151.

Chaves, P. (1998). Estrutura populacional de *Pomadasys corvinaeformis* (Steindachner) (Teleostei, Haemulidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15(1), 203-209.

Clarke, K. (1993). Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117-143.

Clark, B.M., Bennett, B.A. & Lambert, S.J. (1996). Temporal variations in surf zone fish assemblages from False Bay, South Africa. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 131, 35-47.

- Clark, B.M. (1997). Variation in surf-zone fish community structure across a wave-exposure gradient. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 44(6), 659-674.
- Clarke, K. W. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* (2 ed.). Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Costa, P., Santos, M., Espínola, M., & Monteironeto, C. (1995). Biologia e biometria do coró, *Pomadasys corvinaeformis* (Steindachner) (Teleostei: Pomadasyidae), em Fortaleza, Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, 29, 20-27.
- Crawley, M. (2012). *The R book* (2 ed.). Chichester, West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ditty, J., Zieske, G., & Shaw, R. (1988). Seasonality and depth distribution of larval fishes in the northern Gulf of Mexico above latitude 20°00'N. *Fishery Bulletin-National Oceanic and Atmospheric Administration*, 86(4), 811-823.
- Favero, L., & Dias, J. (2013). Spatio-temporal variation in surf zone fish communities at Ilha do Cardoso State Park, São Paulo, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(2), 239-253.
- Félix, F., Spach, H., Moro, O., Schwarz, J., Santos, C., Hackradt, C., et al. (2007). Utilization patterns of surf zone inhabiting fish from beaches in Southern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2(1), 27-39.
- Figueiredo, J.L. & Menezes, N.A. (1978). *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1)*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Figueiredo, J.L. & Menezes, N.A. (1980). *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Figueiredo, J.L. & Menezes, N.A. (2000). *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. VI*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Gibson, R.N. & Yoshiyama, R. M. (1999). Intertidal fish communities. In *Intertidal Fishes: Life in Two Worlds*. Editora Academic Press, Londres, 264–296.
- Gibson, R., Ansell, A., & Robb, L. (1993). Seasonal and annual variations in abundance and species composition of fish and macrocrustacean communities on a Scottish sandy beach. *Marine Ecology Progress Series*, 98(1-2), 89-105.
- Gillanders, B., Able, K., Brown, J., Eggleston, D., & Sheridan, P. (2003). Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. *Marine Ecology Progress Series*, 247, 281-295.
- Girsa, I. I. & Zhuravel, V. N. (1983). Behavioural rhythm of some fishes in the coastal regions of the White Sea. *Journal of Ichthyology* 23, 138–142.
- Godefroid, R.S., Spach, H.L., Schwarz Jr., R. & MacLaren, G. (2003). A fauna de peixes da praia do Balneário Atami, Paraná, Brasil. *Atlântica*, 25(2), 147-161.
- Gondolo, G., Mattox, G., & Cunningham, P. (2011). Ecological aspects of the surf-zone ichthyofauna of Itamambuca Beach, Ubatuba, SP. *Biota Neotropica*, 11(2), 183-192.

- Gotelli, N. &. (2011). *Princípios de Estatística em Ecologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Griffiths, S. P. (2001). Diel variation in the seagrass ichthyofaunas of three intermittently open estuaries in South-eastern Australia: implications for improving fish diversity assessments. *Fish. Manage. Ecol.*, 8(2), 123–140.
- Helfman, G., Collette, B.B., Facey, D.E. & Bowen, B. (2009). The diversity of fishes. Biology, evolution and ecology. 2nd ed. *John Wiley & Sons*, Willey-Blackwell.
- Kingsford, M., & Finn, M. (1997). The influence of phase of the moon and physical processes on the input of presettlement fishes to coral reefs. *Journal of Fish Biology*, 51(Suplemento: A), 176-205.
- Lasiak, T. A. (1983). Recruitment and growth patterns of juvenile marine teleosts caught at Kings Beach, Algoa Bay. *South African Journal Of Zoology*, 18(1), 25-30.
- Lasiak, T. A. (1984). Structural aspects of the surf zone fish assemblages at Kings Beach, Algoa Bay, South Africa: Short-term fluctuations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 18(3), 347-360.
- Layman, C. A. (2000). Fish assemblage structure of the shallow ocean surf-zone on the eastern shore of Virginia barrier islands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(2), 201-213.
- Logan, M. (2010). *Biostatistical design and analysis using R : a practical guide*. Oxford, Inglaterra: Wiley-Blackwell.
- McLachlan, A., & Brown, A. (2006). Surf-zone Fauna . In: *The Ecology of Sandy Shores* (pp. 197-213). Amsterdam: Academic Press.
- McLachlan, A. & Erasmus, T. (1983). Physical Variability of Sandy Beaches. In *Sandy Beaches as Ecosystems*. Zoology Department, University of Port Elizabeth, África do Sul, 133-144.
- Menezes, N.A. & Figueiredo, J.L. (1980). *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3)*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N.A. & Figueiredo, J.L. (1985). *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (4)*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes, N.A., Buckup, P.A., Figueiredo, J.L., & Moura, R.L. (2003). *Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mittermeier, R., Baião, P. C., Barrera, L., Buppert, T., McCullough, J., Langrand, O., Larsen, F. W. & Scarano, F. R. (2010). O protagonismo do Brasil no histórico acordo global de proteção à biodiversidade. *Natureza & Conservação* 8, 197–200.
- Monteiro Neto, C. (1990). Comparative community structure of surf- zone fishes in the Chesapeake Bight and Southern Brazil. Ph.D. Tese. Virginia Institute of Marine Science, Faculty of the School of Marine Science. 150.
- Oksanen, J. B. (2016). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-5. Fonte: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

- Miloslavich, P. et al. (2011). Marine Biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: Knowledge and Gaps. *Plos one*, 6(1), 43.
- Peel, M., Finlayson, B., & McMahon, T. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hidrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644.
- Pereira, H. N. (2015). Fish assemblage structure on sandy beaches with different anthropogenic influences and proximity of spawning grounds. *Marine Ecology*, 36, 16-27.
- Pessanha, A. L., & Araujo, F. G. (2003). Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57(5-6), 817-828.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144.
- Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P. & Rocha, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, doi:10.1111/jfb.13016, disponível em wileyonlinelibrary.com
- Ribeiro, G. S. (2014). Nycthemeral and monthly occupation of the fish assemblage on a sheltered beach of Baía Norte, Florianópolis, Santa Catarina State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 62(3), 209-223.
- Rocha, M., Fernandez, W., & Filho, A. (2010). Spatial and temporal distribution of fish in Palmas Bay, Ubatuba, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1), 31-43.
- Romer, G.S. (1990). Surf zone fish community and species response to wave energy gradient. *J. Fish Biol.*, 36, 279-287.
- Ross, S. T., McMichael, R. H., & Ruple, D. L. (1987). Seasonal and diel variation in the standing crop of fishes and macroinvertebrates from a Gulf of Mexico surf zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 25(4), 391-412.
- Santana, F. M., Severi, W., Feitosa, C. V., & Araújo, M. E. (2013). The influence of seasonality on fish life stages and residence in surf zones: a case of study in a tropical region. *Biota Neotrópica*, 13(3), 181-192.
- Santana, F. S. (2009). Composition and structure of fish assemblage of the surf zone at Jaguaribe beach, Itamaracá (PE), Brazil. *Bioikos*, 23(1), 3-17.
- Santos, R., & Nash, R. (1995). Seasonal changes in a sandy beach fish assemblage at Porto Pim, Faial, Azores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 41(5), 579-591.
- Schlacher, T.A., Schoeman, D.S, Dugan, J., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F. & McLachlan, A. (2008). Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. *Mar. Ecol.* 29(1),70-90.
- Strydom, N. A. (2003). Occurrence of larval and early juvenile fishes in the surf zone adjacent to two intermittently open estuaries. *South Africa. Environ. Biol. Fishes*, 66(4), 349-359.

Suda, Y., Inone, T., & Uchida, H. (2002). Fish communities in the surf zone of a protected sandy beach at Doigahama, Yamaguchi Prefecture, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(1), 81-96.

Team, R. C. (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. Fonte: <https://www.R-project.org/>

Teshima, F. F. (2015). Rarity status of endemic and vulnerable fish species in a Brazilian Atlantic Forest protected area . *Natureza e Conservação*, 13(1), 67-73.

Vasconcellos, R. M.; Araújo, F. G.; Santos, J. N. S.; Silva, M. A. (2011). Diel seasonality in fish biodiversity in a sandy beach in South-eastern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 91(6), 1337-1344.

Vazzoler, A., Soares, L., & Cunningham, P. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Veloso, V.G. & Neves, G. (2009). Praias arenosas. In *Biologia Marinha* (R.C. Pereira & A. Soares-Gomes, eds.). *Interciência*, Rio de Janeiro, 339-360.

Vilar, C. R., Joyeux, J.-C., Loyola, R. & Spach, H. L. (2015). Setting priorities for the conservation of marine vertebrates in Brazilian waters. *Ocean & Coastal Management* 107, 28–36.

Zar, J. (2010). *Biostatistical Analysis* (5 ed.). Prentice Hall.

APÊNDICE A

Abundância das espécies organizada em ordem alfabética de acordo com as estações do ano, pontos de coleta (L e R) e períodos do dia (manhã e noite).

| | Verão 1 | | Verão 2 | | Verão 3 | | Outono 1 | | Outono 2 | | Outono 3 | | Inverno 1 | | Inverno 2 | | Inverno 3 | | Primavera 1 | | Primavera 2 | | Primavera 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|----|---------|----|---------|----|----------|----|----------|----|----------|-----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-------------|---|-------------|----|-------------|---|----|----|---|----|---|----|---|---|---|---|----|---|----|----|---|----|---|----|------|----|----|----|-----|----|
| | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | L | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | M | N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Actinopterygii</i> sp. 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Actinopterygii</i> sp. 2 | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Albula vulpes</i> | 24 | - | 72 | 5 | 1 | - | 36 | 7 | - | - | - | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Atherinella blackburni</i> | - | - | - | - | 3 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Atherinella brasiliensis</i> | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | 60 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Caranx latus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Centropomus parallelus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dactyloscopus crossotus</i> | 1 | 3 | - | - | 3 | 7 | - | - | 4 | 6 | - | - | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 2 | 1 | - | - | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Diplodus argenteus</i> | 1 | 9 | - | 5 | - | 2 | - | 5 | - | 2 | 17 | 14 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eucinostomus argenteus</i> | - | - | - | - | - | - | 7 | - | - | - | - | - | 40 | - | - | 2 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fistularia tabacaria</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gobiesox barbatulus</i> | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Haemulon steindachneri</i> | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Harengula clupeiola</i> | 7 | - | - | - | - | - | 29 | 2 | - | - | 170 | 13 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hemiramphus brasiliensis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Menticirrhus littoralis</i> | 1 | - | - | 4 | 2 | 4 | - | 1 | 1 | - | 6 | 13 | - | 28 | 2 | 3 | - | 6 | 3 | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Mugil</i> sp. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Odontoscion dentex</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 | - | - | 5 | - | 7 | - | 1 | - | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oligoplites saurus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ophioscion punctatissimus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pempheris schomburgkii</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Polydactylus oligodon</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Polydactylus virginicus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sardinella brasiliensis</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Scartella cristata</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphoeroides</i> sp. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphoeroides spengleri</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sphyaena tome</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Strongylura</i> sp. | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Strongylura timucu</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Synodus foetens</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 4 | - | 5 | 5 | 8 | 2 | - | 1 | 43 | 70 | 108 | 28 | 103 | 43 | 160 | 13 | 4 | - | 2 | - | - | - | 1 | - | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trachinotus falcatus</i> | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | 7 | 9 | 1 | 34 | 10 | 1 | - | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trachinotus goodei</i> | - | 2 | - | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 21 | 9 | 9 | 1 | 6 | 8 | 4 | - | - | 3 | - | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tylosurus acus</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ulaema lefroyi</i> | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Umbrina coroides</i> | - | - | 3 | 5 | 4 | 4 | 2 | 14 | - | - | 1 | 3 | - | - | 17 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 43 | 18 | 80 | 27 | 21 | 20 | 75 | 31 | 49 | 87 | 316 | 104 | 128 | 89 | 346 | 19 | 13 | 12 | 18 | 7 | 0 | 21 | 31 | 8 | 16 | 16 | 6 | 11 | 5 | 23 | 2 | 6 | 0 | 2 | 14 | 2 | 18 | 16 | 6 | 27 | 0 | 11 | 1278 | 24 | 29 | 17 | 360 | 22 |

