

## **Análise quantitativa trianual da riqueza íctia em função da lua e períodos do dia: estudo de caso na zona de arrebentação, Itamaracá, Pernambuco**

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do período (diurno e noturno) e da lua (nova e crescente) na riqueza de espécies de peixes da zona de arrebentação da Praia de Jaguaribe (Ilha de Itamaracá, PE); avaliar a variação interanual da riqueza dessas espécies e avaliar o desenho amostral utilizado para representar a riqueza das espécies de peixes em zonas de arrebentação. Para isto os peixes foram coletados mensalmente, ao longo de 36 meses, em quatro combinações de período do dia e fases da lua, sendo: diurno-nova, diurno-crescente, noturno-nova; noturno-crescente. Para as comparações entre estas situações e também entre os agrupamentos de dados para período diurno, período noturno, lua nova, lua crescente, ano 1, ano 2 e ano 3, foram calculadas as seguintes variáveis: riqueza total de espécies, número de espécies compartilhadas, número de espécies exclusivas, número de espécies raras e comuns em termos de abundância e frequência de ocorrência. Foram também comparadas as curvas de riqueza acumulada para as diferentes combinações de dados. Podemos observar que houve forte efeito do período do dia, da fase da lua e do ano sobre as assembléias, embora estes efeitos sejam mais claros sobre a composição de espécies do que sobre o número de espécies. Cada situação avaliada apresentou elevado número de espécies raras. Os valores de riqueza de espécies e de abundância de indivíduos foram maiores no período diurno do que no noturno, na lua nova do que na lua crescente, e no ano 1 do que nos demais anos. As assembléias de peixes da zona de arrebentação do Jaguaribe podem ser representadas adequadamente com 12 meses de coleta, desde que em cada mês sejam coletados os dois períodos do dia e as duas fases da lua.

**Palavras-chave:** Ictiofauna; Peixes; Abundância; Sizígia; Quadratura.

## **Quantitative analysis of ichtial wealth as a function of the moon and periods of the day: case study in the surf zone, Itamaracá, Pernambuco**

The objective of this work was to evaluate the influence of the period (day and night) and moon (new and crescent) on the richness of fish species in the Jaguaribe Beach (Itamaracá Island, PE); to evaluate the interannual variation of the richness of these species and to evaluate the sample design used to represent the richness of fish species in breaking zones. For this, the fishes were collected monthly, over 36 months, in four combinations of day and moon phases, namely: daytime-new, daytime-crescent, night-new; night-rising. For comparisons between these situations and also between data groups for daytime, nighttime, new moon, crescent moon, year 1, year 2 and year 3, the following variables were calculated: total species richness, number of species shared, number of unique species, number of rare and common species in terms of abundance and frequency of occurrence. The cumulative richness curves for the different data combinations were also compared. We observed that there was a strong effect of day time, moon phase, and year on assemblages, although these effects are clearer on species composition than on number of species. Each situation evaluated presented a high number of rare species. Species richness and abundance were higher in the daytime than in the night, in the new moon than in the crescent moon, and in year 1 than in the other years. The fish assemblages of the Jaguaribe surf zone can be adequately represented with 12 months of collection, provided that each month the two periods of the day and the two phases of the moon are collected.

**Keywords:** Ichthyofauna; Fish; Abundance; Szigia; Quadrature.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Fabio Magno da Silva Santana**  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5346671879489841>  
[emaildefabio@uol.com.br](mailto:emaildefabio@uol.com.br)

**Simone Rabelo Cunha**  
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1295351107962092>  
[cunha.simone@hotmail.com](mailto:cunha.simone@hotmail.com)

**William Severi**   
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0914569737947285>  
<http://orcid.org/0000-0001-8873-5965>  
[wseveri@gmail.com](mailto:wseveri@gmail.com)

Received: **02/10/2019**

Approved: **26/11/2019**

**Maria Elisabeth de Araújo**   
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8326852713577369>  
<http://orcid.org/0000-0001-9747-092X>  
[betharau08@gmail.com](mailto:betharau08@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0026

### **Referencing this:**

SANTANA, F. M. S.; CUNHA, S. R.; SEVERI, W.; ARAÚJO, M. E.. Análise quantitativa trianual da riqueza íctia em função da lua e períodos do dia: estudo de caso na zona de arrebentação, Itamaracá, Pernambuco. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.6, p.302-315, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0026>

## **INTRODUÇÃO**

A riqueza de espécies é uma das maneiras mais simples de descrever uma comunidade (MAGURRAN, 1988), constituindo a base para muitos modelos ecológicos sobre a estrutura das comunidades (GOTELLI et al., 2001). A quantificação adequada da riqueza de espécies permite comparações entre diferentes locais e diferentes situações, facilitando o entendimento da estrutura e dos processos atuantes nas comunidades de interesse.

Um dos padrões mais recorrentes da ecologia é o pressuposto de que as comunidades ecológicas são compostas por poucas espécies muito abundantes e muitas espécies mais raras. Embora este seja um padrão comum em ambientes não impactados, a estrutura das comunidades pode variar amplamente entre diferentes assembleias em função de características intrínsecas da comunidade, em função da organização temporal e espacial das comunidades, e também em função do desenho amostral utilizado para as coletas (MAGURRAN et al., 2012).

Com relação à distribuição temporal da comunidade, as assembleias de peixes de praias arenosas tem sido reconhecidas por ter muitas espécies não residentes e esporádicas, com poucas espécies numericamente dominantes (MCFARLAND 1963, MODDE et al., 1981; LASIAK, 1984; GIBSON et al., 1996; CLARK, 1997; GODEFROID et al., 2004; FELIX et al., 2007; SANTANA et al., 2009; entre outros). Esta situação evidencia a necessidade de um bom desenho amostral para a quantificação e o entendimento da parcela da comunidade composta por espécies mais raras. Além disso, muitos estudos tem reportado às variações na estrutura das comunidades de peixes em função das fases da lua, níveis de maré e do período do dia (NASH, 1986; NASH et al., 1994; GIBSON et al., 1996; GODEFROID et al., 1998; FÉLIX-HACKRADT et al., 2010; REIS-FILHO et al., 2010), identificando principalmente modificações na densidade e na estrutura de tamanho das populações de espécies dominantes. As variações temporais de curto prazo podem ter efeitos bastante relevantes também sobre a composição das espécies menos abundantes. O detalhamento da distribuição temporal dessas espécies de peixes pode contribuir para a compreensão do papel da zona de arrebentação de praias arenosas para os ecossistemas adjacentes.

Além das mudanças temporais de curta escala, ocasionadas pelo ciclo diário e pelas fases da lua, as comunidades marinhas estão ainda sujeitas a variações interanuais importantes, decorrentes de processos populacionais, de variações ambientais naturais e também de influências antrópicas. Entretanto, a maior parte dos estudos sobre assembleias de peixes apresentam duração máxima de um ciclo anual, dificultando a identificação de variações interanuais na riqueza e abundância das espécies de peixes. Esta questão evidencia a importância do presente estudo, em que foram avaliados três ciclos anuais.

A Praia de Jaguaribe é uma praia de baixa hidrodinâmica, que apresenta elevada diversidade de espécies de peixes em sua zona de arrebentação, muitas das quais são importantes recursos pesqueiros, responsáveis pela subsistência de comunidades de pescadores artesanais (SANTANA et al., 2009). As assembleias de peixes apresentam elevada proporção de espécies não residentes, assim como de indivíduos juvenis (SANTANA et al., 2009), o que evidencia sua função de berçário e área de conexão entre ecossistemas

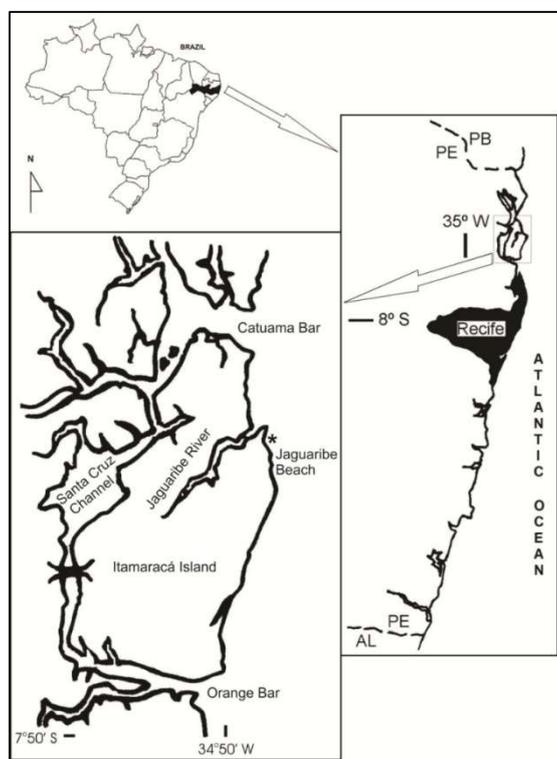
adjacentes. Um entendimento mais detalhado destas assembleias pode subsidiar estudos futuros, assim como ações de manejo e conservação destes ecossistemas.

Tendo em vista este contexto, este trabalho teve como objetivos avaliar: I. a influência do período (diurno e noturno) e da lua (nova e crescente) na riqueza de espécies de peixes da zona de arrebentação da Praia de Jaguaribe (Ilha de Itamaracá, PE); II. a variação interanual da riqueza dessas espécies; III. o desenho amostral utilizado para propor uma estratégia mais adequada para representar a riqueza das espécies de peixes em zonas de arrebentação, como o estudado neste trabalho.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta e processamento das amostras

A área de estudo compreendeu a praia de Jaguaribe (Figura 1), localizada na porção norte da ilha de Itamaracá (Pernambuco, Brasil) ( $07^{\circ}43'08''$  e  $07^{\circ}45'32''S$ ;  $034^{\circ}50'14''$  e  $034^{\circ}51'05''W$ ). As coletas foram realizadas mensalmente durante três anos consecutivos, de março de 2005 a fevereiro de 2008. As campanhas ocorreram durante as luas nova e crescente, correspondentes a marés de sizígia e quadratura, em períodos diurno e noturno, sempre na baixa-mar, resultando em 4 eventos amostrais por mês: período diurno na lua nova, período noturno na lua nova, período diurno na lua crescente, período noturno na lua crescente. Cada evento de coleta consistiu em dois arrastos consecutivos de 25m de comprimento. O apetrecho utilizado foi uma rede de arrasto tipo picaré, com 20 m de comprimento, 1,5 m de altura e 5 mm de malha entrenós.



**Figura 1:** Localização da área de estudo, na praia de Jaguaribe, Ilha de Itamaracá, Pernambuco. O asterisco (\*) indica a área exata onde os arrastos foram realizados.

Após os arrastos, cada amostra de peixes foi identificada, armazenada em formol 4% para posterior

análise. Em laboratório cada espécime de peixe foi identificado se utilizando a literatura adequada, e a abundância de indivíduos por espécie foi determinada para cada evento de coleta.

## **Análise dos dados**

### **Avaliação da riqueza média de espécies**

A riqueza média de espécies nos 36 meses de coleta foi descrita para os períodos (diurno e noturno) e as luas (crescente e nova) utilizando-se diagrama de caixas (mediana, intervalo interquartil, máximo e mínimo e valores discrepantes). A normalidade e homocedasticidade dos dados foi testada com os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. A seguir, os dados foram comparados por meio de e por meio de análise de variância (ANOVA) de dois critérios. Para estas análises foi utilizado o *software* livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2009).

Para a comparação interanual da riqueza de espécies, o período amostral foi dividido da seguinte maneira: Primeiro ano: março de 2005 a fevereiro de 2006; Segundo ano: março de 2006 a fevereiro de 2007; Terceiro ano: março de 2007 a fevereiro de 2008. Nesta comparação, a riqueza média foi descrita e comparada para cada ano (ano 1, ano 2 e ano 3), período (diurno e noturno) e lua (crescente e nova), utilizando-se a mesma abordagem descrita acima, na análise da riqueza média em 36 meses.

### **Avaliação da riqueza acumulada de espécies em 36 meses de estudo**

A avaliação da riqueza de espécies ao longo dos 3 anos de estudo foi efetuada utilizando os dados dos 36 meses de coleta em 3 abordagens, descritas a seguir: a) Na primeira abordagem cada uma das condições de coleta foi analisada separadamente: Diurno-Nova (período diurno e lua nova), Diurno-Crescente (período diurno e lua crescente), Noturno-Nova (período noturno e lua nova), Noturno-Crescente (período noturno e lua crescente); b) Na segunda abordagem as condições de coleta foram agrupadas 2 a 2, de modo a investigar as variações entre os períodos diurno e noturno ou as variações entre as luas novas e crescente: Diurno (período diurno na lua nova + período diurno na lua crescente), Noturno (período noturno na lua nova + período noturno na lua crescente); Lua Nova (período diurno na lua nova + período noturno na lua nova); Lua Crescente (período diurno na lua crescente + período noturno na lua crescente); c) Na terceira abordagem as 4 condições de coleta do mesmo mês foram agrupadas, possibilitando a análise integrada da diversidade de espécies naquele mês, formando o grupo denominado de Geral (Diurno-Nova + Diurno-Crescente + Noturno-Nova + Noturno-Crescente).

Para cada uma das situações descritas acima, foi calculado o número total de espécies e a abundância total de indivíduos. Foram também calculados, em valores absolutos e relativos (%), o número de espécies que apresentaram um único indivíduo (*singletons*) ou apenas 2 indivíduos (*doubletons*) em toda a amostragem, e o número de espécies que apareceram em apenas uma amostra (Frequência de ocorrência = 1: unives) ou em apenas 2 amostras (Frequência de ocorrência = 2: duplicates). As espécies com no máximo 2 indivíduos (*singletons* + *doubletons*) foram categorizadas como raras. As espécies com mais de 2 indivíduos

foram categorizadas como comuns. Procedimento similar foi utilizado para a frequência de ocorrência das espécies, ou seja, as que apresentaram frequência de ocorrência máxima de 2 (uniques+duplicates) foram raras e aquelas com frequência de ocorrência maior que 2 foram categorizadas como comuns. Para estes cálculos foi utilizado o *software* livre EstimateS (COWELL, 2006).

Foram construídas curvas de dominância em termos de abundância de indivíduos (quantidade de espécies para cada categoria de abundância de indivíduos) para o período de 36 meses. Para isto, foram utilizadas 11 categorias de abundância (1 a 20 indivíduos, 21 a 40 indivíduos, assim por diante), sendo que a última categoria de abundância (eixo x) para cada um dos casos vai de 200 indivíduos até o número máximo de indivíduos observados para cada condição. Foram também construídas curvas de dominância em termos de frequência de ocorrência (quantidade de espécies para cada categoria de frequência de ocorrência). Foram utilizadas 7 categorias (Frequência de ocorrência de 1 a 5 vezes; de 6 a 10 vezes, e assim por diante). As curvas de dominância foram construídas para as condições de coleta analisadas separadamente (Diurno-Nova, Diurno-Crescente, Noturno-Nova, Noturno-Crescente), utilizando-se o *software* livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2009).

Para avaliar o comportamento da riqueza de espécies em função do tamanho amostral, foram construídas curvas de riqueza de espécies (curvas de acumulação de espécies, conforme proposto por GOTELLI et al., 2001; 2012). Foram também construídas curvas de riqueza de espécies em função da abundância. Para a construção destas curvas foi utilizado o *software* livre EstimateS (COWELL, 2006). O número de espécies para cada tamanho amostral e também o número de espécies em relação à abundância foram gerados a partir de 500 re-amostragens aleatórias com reposição, conforme indicado por Gotelli et al. (2001; 2012). Estas análises foram efetuadas para as três abordagens citadas anteriormente: a) condições amostrais isoladas; b) condições amostrais agrupadas 2 a 2; c) as quatro condições do mês agrupadas.

### **Comparação interanual da riqueza acumulada de espécies**

Para a comparação interanual da riqueza de espécies, o período amostral foi dividido da seguinte maneira: Primeiro ano: março de 2005 a fevereiro de 2006; Segundo ano: março de 2006 a fevereiro de 2007; Terceiro ano: março de 2007 a fevereiro de 2008. Para esta comparação, foram utilizadas duas das abordagens citadas anteriormente: a) cada uma das 4 condições isoladamente (Diurno-Nova, Diurno-Crescente, Noturno-Nova, Noturno-Crescente); e c) todas as 4 condições consideradas conjuntamente (Geral = Diurno-Nova + Diurno-Crescente + Noturno-Nova + Noturno-Crescente). Para cada uma das situações descritas acima, foi calculado o número total de espécies e a abundância total de indivíduos. Foram também calculados, em valores absolutos e relativos (%), *singletons*, *doubletons*, *uniques* e *duplicates* (conforme descrito anteriormente), utilizando-se o *software* livre EstimateS (COWELL, 2006).

Para cada condição, o número acumulado de espécies (total observado no ano) foi comparando entre os três anos por meio de teste Chi-quadrado, utilizando-se o *software* livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2009). Para o estudo das curvas de riqueza para cada ano e cada condição, foram utilizados os mesmos

procedimentos descritos na análise de 3 anos (descrita acima), com o *software* livre EstimateS (COWELL, 2006).

### Análise de agrupamento

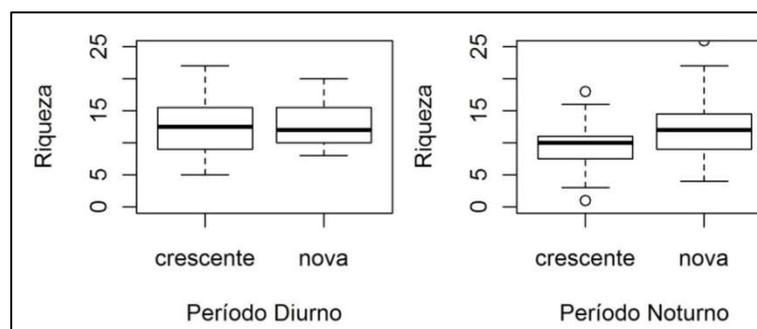
Para avaliar a similaridade das comunidades de peixes entre os períodos (diurno e noturno) os anos (ano 1, ano 2 e ano 3) e as luas (crescente e nova), foi utilizada uma matriz de dados com a composição específica e a abundância de cada espécie. Para o cálculo da similaridade entre as condições (período+lua+ano) foi utilizado o índice de Bray-Curtis, sem transformação de dados. Para a análise de agrupamento, foi utilizado o método de agrupamento pelas médias não ponderadas. Foi utilizado o *software* Primer Primer (CLARKE et al., 2006).

Foram também realizadas análises de similaridade (ANOSIM), para verificar se houve diferença significativa nas comunidades de peixes entre: (a) os períodos diurno noturno, (b) entre as luas crescente e nova e (c) entre os anos 1, 2 e 3. A ANOSIM é equivalente à MANOVA, entretanto não possui os pré-requisitos de normalidade multivariada e homocedasticidade, sendo mais amplamente aplicável (CLARKE et al., 2001; GOTELLI et al., 2011). Estas análises foram efetuadas com o *software* Primer (CLARKE et al., 2006).

## RESULTADOS

### Estudo da riqueza média de espécies

Considerando os 36 meses de amostragem simultaneamente, podemos comparar a riqueza de espécies entre os períodos diurno e noturno e entre as luas nova e crescente (Figura 2). Durante o período diurno a mediana e a dispersão da riqueza foram bastante semelhantes entre as luas (Figura 2A). Para o período noturno, entretanto, a riqueza foi menor na lua crescente do que na lua nova (Figura 2B). A análise de variância indicou diferença significativa entre os períodos ( $p=0,0203$ ) e entre as luas ( $p=0,0226$ ), embora não tenha havido interação significativa entre estes fatores ( $p>0,1$ ).



**Figura 2:** Riqueza de espécies (apresentada como mediana, intervalo interquartílico e máximos e mínimos) para os períodos (A) diurno e (B) noturno, durante as luas crescente e nova, considerando-se todo o período de amostragem (36 meses).

Comparando-se o número de espécies entre período (diurno e noturno), lua (crescente e nova) e anos (ano 1, ano 2 e ano 3), observamos que a riqueza foi significativamente diferente (Tabela 1) entre os dois períodos ( $p=0,0189$ ) e as duas luas ( $p=0,0211$ ). Não houve diferença significativa na riqueza média de

espécies entre os anos e também não houve interação entre os três fatores analisados, embora tenha havido uma tendência de diferença na interação entre período e ano (marginalmente siginificante,  $p > 0,1$ ).

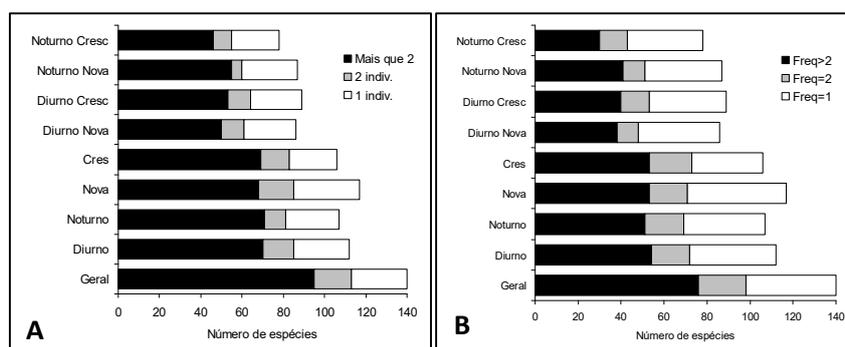
**Tabela 1:** Sumário da análise de variância de 3 fatores (período, lua e ano), com interação entre os fatores. Os valores de p menores do que 5% estão em negrito.

|               | GL  | Soma dos quadrados | Quadrados médios | F    | p-valor       |
|---------------|-----|--------------------|------------------|------|---------------|
| Período       | 1   | 88,7               | 88,7             | 5,66 | <b>0,0189</b> |
| Lua           | 1   | 85,6               | 85,6             | 5,46 | <b>0,0211</b> |
| Ano           | 2   | 36,2               | 18,1             | 1,16 | 0,3191        |
| Período x Lua | 1   | 39,1               | 39,1             | 2,49 | 0,1173        |
| Período x Ano | 2   | 79,1               | 39,6             | 2,52 | 0,0847        |
| Lua x Ano     | 2   | 38,0               | 19,7             | 1,21 | 0,3007        |
| Resíduos      | 134 | 2100,1             | 15,7             |      |               |

### Avaliação da riqueza acumulada de espécies em 3 anos de estudo

Foram observadas 140 espécies de peixes na zona de arrebenção da Praia do Jaguaribe (Ilha de Itamaracá, PE) ao longo dos 36 meses de coleta. Ao avaliar separadamente cada uma das quatro condições amostradas (diurno-nova; diurno-crescente; noturno-nova e noturno-crescente), observamos que todas apresentaram valores de riqueza bastante similares, variando de 78 a 87 espécies (Figura 3). Houve uma elevada proporção de espécies (37% a 42%) apresentando um único indivíduo (*singletons*) ou apenas 2 indivíduos (*doubletons*), respectivamente (Figura 3A) e entre 53% a 62% das espécies apareceram em apenas em uma (*uniques*) ou 2 amostras (*duplicates*)(Figura 3B).

Situação similar pode ser notada quando avaliamos as condições agrupadas 2 a 2 (diurno; noturno; nova e crescente)(Figura 3). O número de espécies variou entre 106 e 117, sendo 34% e 42% do total representado por espécies com 1 ou 2 indivíduos respectivamente (Figura 3A) e com frequência de ocorrência de 1 ou 2 amostras (50 a 55%)(Figura 3B). Mesmo quando todas as condições foram agrupadas (geral), chegando a 140 espécies, o percentual de *singletons* e *doubletons* foi elevado (36%) (Figura 3A), assim como o percentual de *uniques* e *duplicates* (46%)(Figura3B).



**Figura 3 - (A)** Número de espécies que apresentaram um único indivíduo (*singletons*), apenas dois indivíduos (*doubletons*), ou mais que dois indivíduos, considerando as condições isoladas, agrupadas e geral. **(B)** Número de espécies que ocorreram em uma única amostra (*uniques*), em apenas duas amostras (*duplicates*) e em mais que duas amostras para condições isoladas e agrupadas.

Este elevado número de espécies raras (*uniques* e *doubletons*) apresentou uma forte influência sobre as curvas de riqueza de espécies em função do número de amostras, de maneira que a assíntota da curva não foi atingida para nenhum dos casos analisados (Figura 4). Quando consideramos o percentual acumulado

da riqueza máxima observada, verificamos que, com 12 meses de coletas atingimos 60% do total de espécies, tanto na condição isolada (Figura 4A) quanto agrupada (Figura 4B). A marca de riqueza percentual de 60% é destacada na figura.

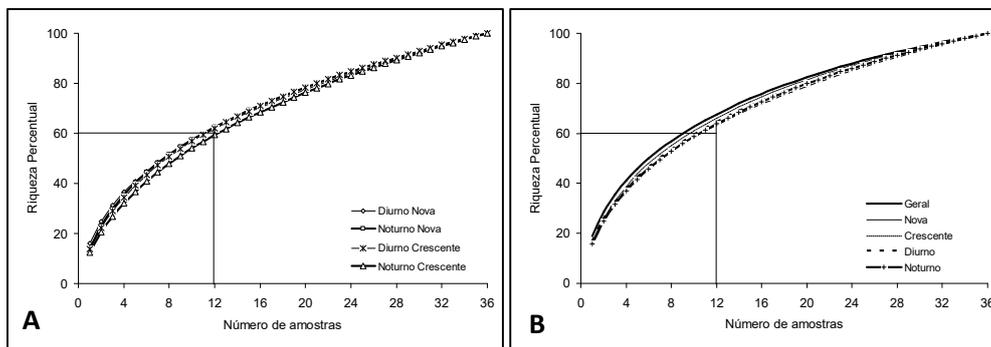


Figura 4: Percentuais acumulados das riquezas máximas observadas para cada condição: (A) isolada e (B) agrupada.

Quando removidas as espécies com frequência de ocorrência menor do que 3 dos 36 meses analisados, foram observadas 76 espécies (54% do total). A partir desta base de dados, foi gerada a curva de riqueza abaixo (Figura 5). Foi notado um aumento rápido no número de espécies até aproximadamente 9 meses de coleta, chegando a 90% no 12º mês. A partir desta amostragem se verifica uma forte tendência de estabilização na riqueza de espécies (Figura 5).

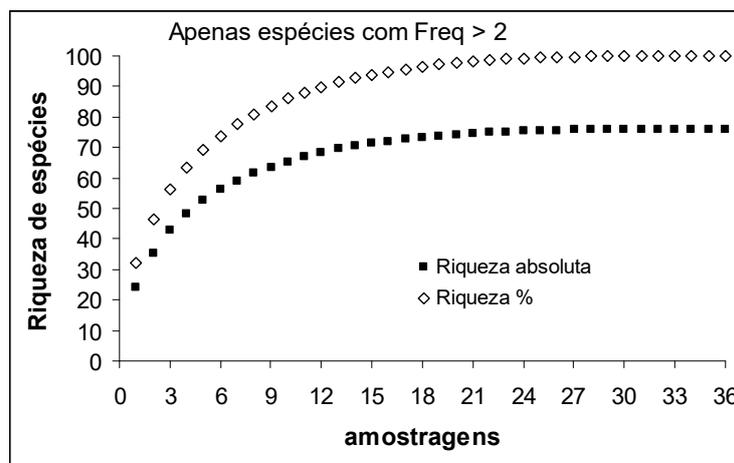
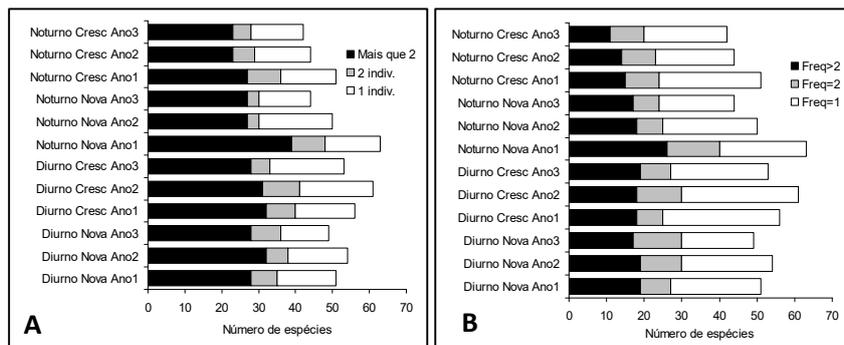


Figura 5: Curva de acumulação da riqueza de espécies em função do número de amostras para as espécies com frequências de ocorrências maiores que 2 em 3 anos de esforço.

### Comparação interanual da riqueza de espécies

Embora o número total de espécies (considerando-se 12 amostragens) tenha apresentado variações de um ano para o outro, não houve diferença significativa na riqueza entre os anos para nenhuma das condições estudadas (Diurno-Nova:  $X^2=0,247$ ,  $p=0,8839$ ; Diurno-Crescente:  $X^2=0,576$ ,  $p=0,7496$ ; Noturno-Nova:  $X^2=3,608$ ,  $p=0,1649$ ; Noturno-Crescente:  $X^2=0,978$ ,  $p=0,6132$ ). Os percentuais de espécies com um único indivíduo ou apenas 2 indivíduos variaram entre 38 e 49% (Figura 6A), enquanto os percentuais de espécies que ocorreram em apenas 1 ou 2 amostras variaram entre 59 e 74% , respectivamente (Figura 6B).



A curva de riqueza de espécies foi muito similar entre cada um dos três períodos anuais estudados (Figuras 7A, 7B e 7D), exceto para a condição de período noturno e lua nova (Figura 7C). Nesta condição, o ano 1 apresentou riqueza bem mais elevada do que os demais anos. Podemos observar que está (7C) é a única condição na qual as curvas de riqueza para os anos 2 e 3 não estão contidas no intervalo de confiança da curva de riqueza do ano 1. O ano 3 apresentou os menores valores de riqueza, embora as diferenças em relação aos demais anos tenham sido pequenas (Figura 7). Analisando-se as curvas de riqueza integradas (Geral, Figura 7E), observamos que, embora as curvas tenham sido muito similares entre os 3 anos estudados, do ano 1 para o ano 3 houve uma redução na riqueza de espécies em relação às amostras (Figura 7E).

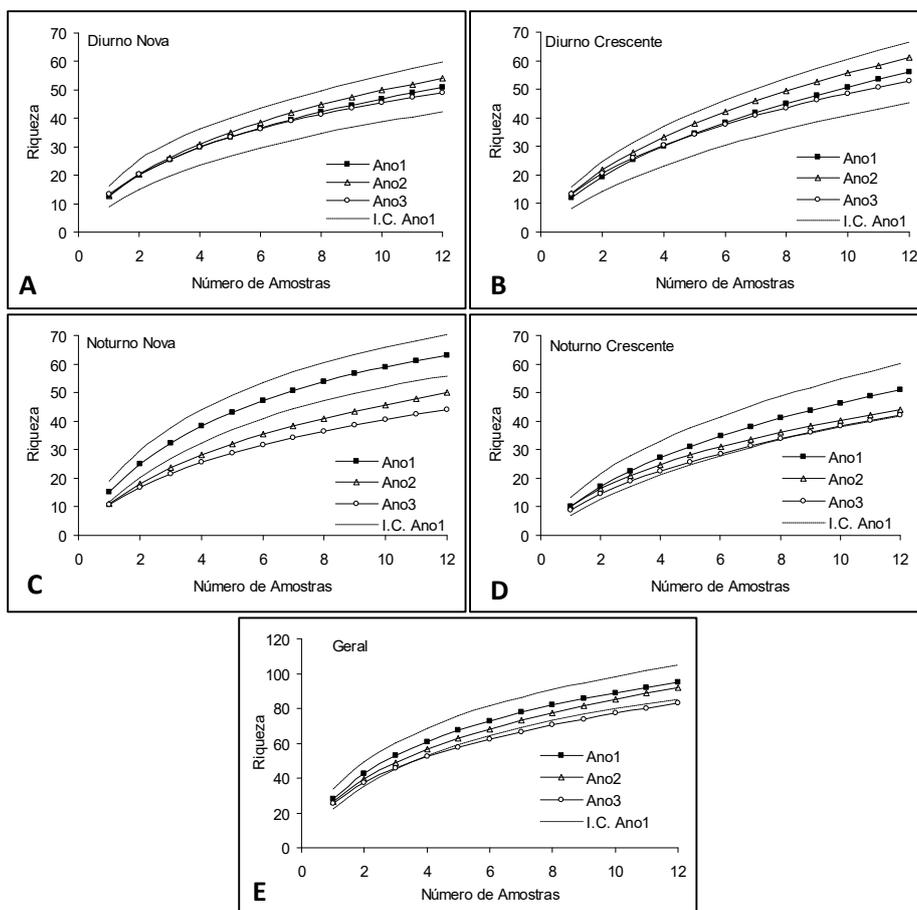


Figura 7: Curva de acumulação das riquezas de espécies em função do número de amostras para cada um dos anos avaliados: (A) na condição Diurno-Nova; (B) Diurno-Crescente; (C) Noturno-Nova; (D) Noturno-Crescente; e (E) Geral.

## Resultados da análise de agrupamento

O dendrograma mostra a similaridade entre as amostragens estudadas (combinação de período, lua e ano), considerando a composição e a abundância de espécies. Houve a formação de dois grupos, A e B, sendo o primeiro referente as espécies com registro no período noturno e o segundo diurno, ambos independentes da condição lunar (Figura 8).

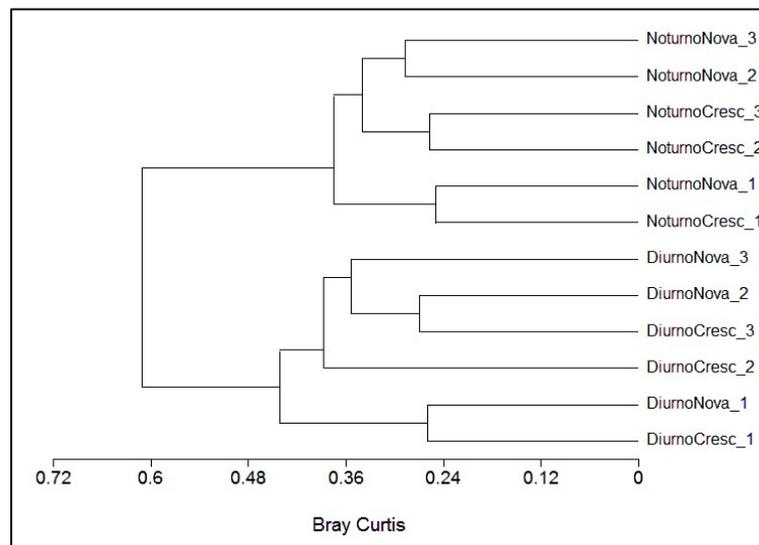


Figura 8: Dendrograma de similaridade de Bray-Curtis entre as amostragens estudadas.

Na análise de similaridade (ANOSIM) comparando as comunidades de peixes em diferentes condições, foi constatada uma diferença significativa nos períodos diurno e noturno ( $R=0,974$ ;  $p=0,02$ ). Entretanto, não houve diferença significativa entre as comunidades nas luas nova e crescente ( $R=0,107$ ;  $p=0,784$ ), nem entre os anos ( $R=0,002$ ;  $p=0,419$ ).

## DISCUSSÃO

A assembleia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe (Ilha de Itamaracá, PE) é bastante diversificada, mas é numericamente dominada por poucas espécies. Esta é uma tendência típica das zonas de arrebentação, como tem sido observado no nordeste (LIRA et al., 2008; TEIXEIRA et al., 1998; OLIVEIRA-SILVA, 2008; SANTANA et al., 2009), em praias arenosas nas demais regiões do Brasil (GIANNINI et al., 1995; GODEFROID et al., 1998; 2004; SPACH et al., 2004; FELIX et al., 2007; MONTEIRO-NETO et al., 2008; KRUMME et al., 2008; DANTAS et al., 2012) e também em outros países (MCFARLAND, 1963; MODDE et al., 1981; LASIAK, 1986; CLARK, 1997; HACKRADT et al., 2009; entre outros).

A riqueza de espécies observada neste trabalho foi similar à obtida no levantamento bibliográfico efetuado por Vasconcelos Filho et al. (1999) para o canal de Santa Cruz (Ilha de Itamaracá, PE). Estes autores reportam a ocorrência de 145 espécies distribuídas em 57 famílias, levantadas em trabalhos realizados na área entre 1966 e 1998. A Praia de Jaguaribe, embora se localize na porção oceânica da Ilha de Itamaracá, compartilha um grande número de espécies com o Canal de Santa Cruz, o que pode ser verificado ao compararmos a lista de Vasconcelos Filho et al. (1999) com os resultados obtidos por Santana et al. (2009).

Mudanças de curto prazo na riqueza e na abundância de peixes em função do ciclo de maré, da fase da lua e da alternância dia/noite tem sido reportadas por vários autores que diferenciaram os padrões de uso de hábitat, com maior abundância durante o dia e maior riqueza e diversidade durante a noite (ROOKER et al., 1991; NASH et al., 1998; OLIVEIRA-NETO et al., 2008). Para os peixes da Praia de Jaguaribe, também observamos alternância dos valores de riqueza e abundância entre dia e noite, mas em nosso caso, tanto a abundância quanto a riqueza são maiores durante o dia. A redução da riqueza com o aumento da abundância poderia ser atribuída à formação de grandes cardumes. Quando a agregação de indivíduos não é tão expressiva, como parece ocorrer em Jaguaribe, é natural esperarmos um aumento da riqueza com o aumento da abundância, pois o aumento no número de indivíduos adiciona a probabilidade de aparecimento de outras espécies (MAGURAN, 1988; GOTELLI et al., 2001; 2012).

As variações da comunidade entre dia e noite podem ser atribuídas às atividades circadianas relacionadas aos hábitos alimentares e à predação (GIBSON, 1982). As espécies observadas durante o dia podem estar relacionadas ao hábito planctívoro, devido à maior disponibilidade de fitoplâncton e zooplâncton na coluna d'água, que representam fonte de alimentos para peixes juvenis (SPACH et al., 2004; FELIX et al., 2007). De fato, conforme Lira et al. (2008), Santana et al. (2009), os juvenis são os maiores representantes da ictiofauna da zona de arrebentação da Praia de Jaguaribe, assim como observado para outras praias (LASIAK, 1986; CLARK, 1997; GODEFROID et al., 2004; FELIX et al., 2007; HACKRADT et al., 2009).

As fases da lua também afetaram fortemente a composição de espécies de peixes na Praia de Jaguaribe, com espécies exclusivas de cada lua, e com a lua nova apresentando tendência de maior diversidade em relação à crescente. Para peixes estuarinos as fases da lua são afetadas principalmente as espécies que dominam numericamente a assembleia (REIS-FILHO et al. 2010). Essa influência se deve às variações de maré entre sizígia e quadratura, com as marés altas de sizígia permitindo o acesso dos peixes a maiores áreas de alimentação (KRUMME et al. 2008). Além destas questões, as atividades reprodutivas associadas ao ciclo lunar, como a agregação para a desova, podem também afetar de maneira significativa a variação temporal da abundância de peixes (JOHANNES, 1978).

Ao considerar as variações interanuais das assembleias de peixes, verificamos que, em termos de riqueza total de cada ano, no período noturno houve uma tendência de redução da riqueza do ano 1 para o 3, em ambas as fases da lua, mas particularmente na lua nova. Para o período diurno, entretanto, o segundo ano apresentou uma tendência de maiores valores de riqueza em ambas as fases da lua. Quando comparamos à similaridade entre as assembleias considerando as 12 combinações de período, lua e ano, utilizando como base a abundância de espécies, que dá forte peso às espécies dominantes o mesmo padrão se repete, com forte separação entre o período diurno e o noturno. Podemos ainda observar que houve uma maior similaridade entre luas do que entre anos para o período noturno houve, exceto para o ano 1. Para o período diurno não houve padrão definido. Está evidente separação entre os períodos diurno e noturno baseada nos organismos dominantes corrobora as observações de Nash (1986), Gibson et al. (1996) e por Félix-Hackradt et al. (2010). Então podemos afirmar que, se pretendemos estudar a estrutura da comunidade

de peixes na praia de Jaguaribe com base nas espécies dominantes, o período do dia seria o fator primário, seguido pelo ano e por último pela fase da lua.

A assembleia de peixes da zona de arrebentação da Praia de Jaguaribe é composta por um elevado percentual de espécies raras. De acordo com Brown et al. (1990), a maior parte dos indivíduos de comunidades da zona de arrebentação de praias arenosas é constituída por espécies migrantes que passam pela área esporadicamente. De fato, vários autores reportam elevados números de espécies raras em seus estudos em zona de arrebentação, assim como elevada proporção de juvenis (GIANNINI et al., 1995; GODEFROID et al., 1998, 2004; FÉLIX et al., 2007; OLIVEIRA-SILVA et al., 2008; SANTANA et al., 2009; FÉLIX-HACKRADT et al., 2010; entre outros).

A elevada abundância de espécies em raras obtidas no presente (que podem ser consideradas como espécies em trânsito), juntamente com a elevada abundância de indivíduos juvenis reportadas para a praia de Jaguaribe (SANTANA et al., 2009), reforça o conceito de conectividade entre das praias arenosas com os demais ecossistemas costeiros. Esta conectividade é reforçada não apenas pelas observações sobre as comunidades de peixes, mas também sobre a geografia e geomorfologia do local. A Praia de Jaguaribe, apesar de ser uma praia arenosa voltada para o oceano, é uma praia relativamente protegida devido aos cordões de recifes costeiros, que criam uma área de menor hidrodinâmica (MEDEIROS et al., 1993) denominada de 'mar de dentro', que além de apresentar baixa profundidade, abriga bancos de algas e de angiospermas marinhas, oferecendo boa conexão entre a praia e os recifes. A praia fica também ao lado da desembocadura do Rio Jaguaribe, favorecendo o intercâmbio de espécies estuarinas e marinhas. Além disto, fica a poucos quilômetros de distância da barra do Canal de Santa Cruz, um sistema estuarino de grande porte e com elevada conectividade com o 'mar de dentro'. Sendo assim, podemos supor que o grande número de espécies raras se deve à grande conectividade da Praia de Jaguaribe com os demais sistemas adjacentes.

Por causa do elevado número de espécies exclusivas e de espécies raras nas assembleias de peixes da zona de arrebentação da Praia de Jaguaribe, nós observamos um contínuo incremento de espécies raras ao longo dos meses de coletas, em qualquer uma das situações estudadas. Nenhuma das curvas de riqueza de espécies se aproximou da assíntota, apresentando, após aproximadamente um terço das amostras, uma taxa relativamente constante e quase linear de adição de espécies novas ao conjunto de dados. As curvas de riqueza de espécies para cada ano, por exemplo, apresentam um excelente ajuste a uma reta. Este tipo de curva de riqueza de espécies, com baixa inclinação inicial e taxa contínua de adição de espécies, é típico de comunidades com equitatividade muito baixa, dominada por poucas espécies e com muitas espécies raras (MAGURRAN, 1988; GOTELLI et al., 2001, 2012). Nesta situação, o uso da curva de riqueza de espécies para se estimar a suficiência amostral é sempre mais complicado, uma vez que se assume como suficiente, o tamanho amostral que possibilita a obtenção da riqueza assintótica.

No presente estudo, quando considerada a condição Geral (conjunto das quatro combinações de período do dia e fase da lua), pudemos verificar que, com 12 meses de amostragem, foi possível representar

68 % da comunidade total, 81% da comunidade com abundância maior do que 2 indivíduos e 90% da comunidade de espécies com frequência maior que 2.

## CONCLUSÕES

O período do dia e a fase da lua afetam de maneira relevante a riqueza e a abundância das assembleias de peixes na zona de arrebentação da praia de Jaguaribe. Existe também uma importante variação interanual na comunidade, e estas variações afetam de maneira diferenciada as assembleias diurnas e noturnas. Por último, podemos concluir que é possível obter uma amostragem adequada das assembleias de peixes com 12 meses de amostragem, desde que as diferentes combinações de período do dia e fase da lua sejam incluídas na amostragem.

## REFERÊNCIAS

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A.. **Ecology of sandy shores**. New York: Elsevier, 1990.

CLARK, B. M.. Variation in surf-zone fish community structure across a wave-exposure gradient. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.44, p.659-674, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1006/ecss.1996.0151>

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N.. **Primer v6: User manual/tutorial**. Plymouth: PRIMER-E, 2006.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M.. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**, 2 ed. Plymouth: PRIMER-E, 2001.

COLWELL, R. K.. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 8. Persistent, 2006.

DANTAS, N. C. F. M.; FEITOSA, C. V.; ARAÚJO, M. E.. Composition and assemblage structure of demersal fish from São Cristóvão beach, Areia Branca, RN. **Biota Neotropica**, v.12, n.3, p.1-10, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000300012>

FÉLIX, F. C.; SPACH, H. L.; MORO, P. S.; SCHWARZ JR., R.; SANTOS, C.; HACKRADT, C. W.; HOSTIM-SILVA, M.. Utilization patterns of surf zone inhabiting fish from beaches in Southern Brazil. **Panamjas**, v.2, n.1, p.27-39, 2007.

FÉLIX-HACKRADT, F. C.; SPACH, H. L.; MORO, P. S.; PICHLER, H. A.; MAGGI, A. S.; HOSTIM-SILVA, M.; HACKRADT, C. W.. Diel and tidal variation in surf zone fish assemblages of a sheltered beach in southern Brazil. **Latinoamerican Journal of Aquatic Research**, v.38, n.3, p.447-460, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-560X2010000300009>

GIANNINI, R.; PAIVA FILHO, A. M.. Análise comparativa da ictiofauna da zona de arrebentação de praias arenosas do estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v.43, n.2, p.141-152, 1995.

GIBSON, R. N.. Tidally synchronized behaviour in marine fishes In: ALI, M. A.. **Rhythms in fishes**. Plenum Press, New York, v.6, n.2, p.63-81, 1982. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0373-55241995000200006>

GIBSON, R. N.; ROBB, L.; BURROWS, M. T.; ANSELL, A. D.. Tidal, diel and long term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. **Marine Ecology Progress Series**, v.130, p.1-17, 1996.

GODEFROID, R. S.; SPACH, H. L.; SANTOS, C.; MCLAREN, G. N. Q.; SCHWARZ JR., R.. Mudanças temporais na abundância e diversidade da fauna de peixes do infralitoral raso de uma praia, sul do Brasil. **Iheringia**, v.94, n.1, p.95-104, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212004000100017>

GODEFROID, R. S.; HOFSTAETTER, M.; SPACH, H. L.. Moon, tidal and diel influences on catch composition of fishes in the surf zone of Pontal do Sul beach, Paraná. **Brazilian Journal of Biology**, v.15, n.3, p.697-701, 1998. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751998000300014>

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K.. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v.4, p.379-391, 2001.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K.. Estimating species richness. In: MAGURAN, A. E.; MCGILL, B. J.. **Biological Diversity**. New York: Oxford University Press, 2012. p.39-54.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M.. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

HACKRADT, C. W.; PICHLER, H. A.; FÉLIX-HACKRADT, F. C.; SCHWARZ JÚNIOR, R.; SILVA, L. O.; SPACH, H. L.. A estrutura da comunidade de peixes em praias de baixa energia do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, Brasil. **Zoociências**, v.11, n.3, p.233-244, 2009.

JOHANNES, R. E.. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. **Environmental Biology Fish**, v.3, p.65-84, 1978.

KRUMME, U.; BRENNER, M.; SAINT-PAUL, U.. Spring-neap cycle as a major driver of temporal variations in feeding of intertidal fishes: evidence from the sea catfish *Sciaedes herzbergii* (Ariidae) of equatorial west Atlantic mangrove creeks. **Journal of Experimental Marine Biology and**

**Ecology**, v.367, p.91-99, 2008. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.08.020>

LASIAK, T. A.. Structural aspects of the surf zone fish assemblage at King's Beach, Algoa Bay, South Africa: Short-term fluctuations. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.18, p.347-360, 1984.

LASIAK, T. A.. Juveniles, food, and the surf zone habitat: implications for the teleost nursery areas. **South African journal of zoology**, v.21, p.51-55, 1986.

LIRA, A. K. F.; TEIXEIRA, S. F.. Ictiofauna da Praia de Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco. **Iheringia, Zoologia**, v.98, n.4, p.785-780, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000400010>

MAGURRAN, A. E.; HENDERSON, P. A.. Commonness and rarity. In: MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J.. **Biological Diversity**. New York: Oxford University Press, 2012.

MAGURRAN, A. E.. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Princeton: University press, 1988.

MCFARLAND, W. N.. Seasonal change in the number and the biomass of fishes from the surf at Mustang Island, Texas. **Publications of the Institute of Marine Science**, v.9, p.91-105, 1963.

MEDEIROS, C.; KJERFVE, B.. Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.36, p.495-515, 1993.

MODDE, T.; ROSS, S. T.. Seasonality of fishes occupying a surf zone habitat in the northern Gulf of Mexico. **Fish. Bull.**, v.78, p.911-921, 1981.

MONTEIRO-NETO, C.; TUBINO, R. A.; MORAES, L. E. S.; NETO, J. P. M.; ESTEVES, G. V.; FORTES, W. L.. Associações de peixes na região costeira de Itaipu, Niterói, RJ. **Iheringia, Zoologia**, v.98, n.1, p.50-59, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000100007>

NASH, R. D. M.; SANTOS, R. S.. Seasonality in diel catch rate of small fishes in a shallow-water fish assemblage at Porto Pim Bay, Faial, Azores. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.47, p.319-328, 1998.

NASH, R. D. M.. Diel fluctuations of shallow water fish community in the inner Oslofjord, Norway. **Mar. Ecol.**, v.7, p.219-232, 1986.

NASH, R. D. M.; SANTOS, R. S.; HAWKINGS, S. J.. Diel fluctuations of sandy beach fish assemblage at Porto Pim Bay, Faial Island, Azores. **Arquipélago-Life Mar. Sci. Bull. Univ. Azores**, v.12, p.75-86, 1994.

OLIVEIRA-NETO, J. F.; SPACH, H. L.; SCHWARZ-JR, R.; PICHLER, H. A.. Diel variation in fish assemblages in tidal creeks in southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.68, n.1, p.37-43, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000100006>

OLIVEIRA-SILVA, J. T.; PESO-AGUIAR, M. C.; LOPES, P. R.. Ictiofauna das praias de Cabuçu e Berlinque: Uma contribuição ao conhecimento das comunidades de peixes na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Biotemas**, v.21, n.4, p.105-115, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n4p105>

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009.

REIS-FILHO, J. A.; NUNES, L. D. C.; MENEZES, B. L.; SOUZA, G. B. G.. Variação espaço-temporal e efeito do ciclo lunar na ictiofauna estuarina: evidências para o estuário do Rio Joanes/Bahia. **Biotemas**, v.23, n.2, p.111-122, 2010.

ROOKER, J. R.; DENNIS, G. D.. Diel, lunar and seasonal changes in a mangrove fish assemblage off southwestern Puerto Rico. **Bulletin of Marine Science**, v.48, p.684-698, 1991.

SANTANA, F. M. S.; SEVERI, W.. Composição e estrutura da assembléia de peixes da zona de arrebentação da praia de Jaguaribe, Itamaracá, Pernambuco. **Bioikos**, v.23, n.1, p.3-17, 2009.

SPACH, H. L.; GODEFROID, R. S.; SANTOS, C.; SCHWARZ JR., R.; QUEIROZ, G. M. L.. Temporal variation in fish assemblage composition on a tidal flat. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.52, n.1, p.47-58, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592004000100005>

TEIXEIRA, R. L.; ALMEIDA, G. I.. Composição da ictiofauna de três praias arenosas de Maceió-AL, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v.8, p.21-38, 1998.

VASCONCELOS FILHO, A. L.; OLIVEIRA, A. M. E.. Composição e ecologia da ictiofauna do canal de Santa Cruz (Itamaracá – PE, Brasil). **Trab. Oceanogr. Univ. PE**, v.27, n.1, p.101-113, 1999. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v27i1.2775>