

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRRAFIA**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO ICTIONEUSTON AO LARGO DE ILHAS OCEÂNICAS DO
NORDESTE DO BRASIL.**

JANA RIBEIRO DE SANTANA

**RECIFE
2015**

JANA RIBEIRO DE SANTANA

Variabilidade espacial do ictioneuston ao largo de ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil.

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (PPGO – UFPE), como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Oceanografia, Área de concentração: Oceanografia Biológica.

Orientadora: **Profa. Dra. Sigrid Neumann-Leitão**
Co-orientadora: **Profa. Dra. Silvia Helena Lima Schwamborn**

Recife
2015

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

S232v

Santana, Jana Ribeiro de.

Variabilidade espacial do ictioneuston ao largo de ilhas oceânicas do Nordeste do Brasil. /Jana Ribeiro de Santana. - Recife: O Autor, 2015.
85 folhas, il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sigrid Neumann-Leitão.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Silvia Helena Lima Schwamborn.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós- graduação em Oceanografia, 2015.

Inclui Referências.

1. Oceanografia. 2. Estágios iniciais de desenvolvimento de peixes. 3. Ecologia marinha. 4. Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas. 5. Arquipélago de Fernando de Noronha. I. Neumann-Leitão, Sigrid (Orientadora). II. Schwamborn, Silvia Helena Lima (Coorientadora). III. Título.

551.46 CDD (22. ed.)

UFPE/BCTG/2015-43

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO ICTIONEUSTON AO LARGO DE ILHAS OCEÂNICAS DO
NORDESTE DO BRASIL.**

Jana Ribeiro de Santana

Folha de Aprovação – Banca Examinadora

Profa. Dra. Sigrid Neumann-Leitão (Orientadora) – Presidente
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Ralf Schwamborn – Titular Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Junior – Titular Externo
(Universidade Federal da Bahia - UFBA)

Prof. Dr. Fernando Antonio do Nascimento Feitosa – Suplente Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Dra. Elisabeth Cabral Silva Falcão – Suplente Interno
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFPE)

Dissertação defendida em 04 de fevereiro de 2015
Aprovada em 04 de fevereiro de 2015

*Dedico esse trabalho aos meus grandes heróis,
meu pai Josué Ribeiro de Santana,
minha mãe Aleluia Ribeiro de Santana,
meus avôs paternos, Tibério José de Santana e
Irene Ribeiro Santana e
meus avôs maternos, "In memoriam"
Antônio Gama Ribeiro e Francisca Vieira Ribeiro.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois me concede a benção que é a vida. Não me abandona em nenhum momento, guia meus passos, me protege de energias negativas e a cada dia me dá a felicidade de estar com quem amo e de ter novas conquistas.

Aos meus pais Josué Ribeiro de Santana e Aleluia Ribeiro de Santana, que são os meus grandes heróis e amigos, sempre cuidando de mim e me acompanhando em todos os momentos da vida. Muito obrigada por sempre me incentivar a lutar pelos meus sonhos e por nunca me deixarem desistir! Simplesmente os amo muito e sem eles eu nada seria! São os melhores!

Aos meus irmãos Marcelo Ribeiro de Santana e Marcus Ribeiro de Santana, que são meus grandes amigos, meus presentes de Deus! Pessoas que me dão muito amor e força e sei que posso contar em todas as etapas da vida e festejar juntos todas as vitórias! Amo muito!

Ao meu sobrinho lindo Gabriel Henrique Santana, que chegou em nossas vidas trazendo mais felicidade, amor e paz. Amo muito meu Bibiel!

As minhas cunhadas e amigas Paola Peixoto e Suziane Henrique por todo carinho e apoio! Por saber que nossa amizade irmandade só faz crescer e fortalecer ao longo dos anos! Muito obrigada!

Aos meus avós paternos Tibério José de Santana e Irene Ribeiro Santana e meus avós maternos "In memoriam" Antônio Gama Ribeiro e Francisca Vieira Ribeiro, que são meu exemplo de amor, dignidade e batalha. Por terem construído uma família tão linda! Meus heróis para sempre! Amo muito!

Ao grande amor da minha vida, Alejandro Esteweson Santos Faustino da Costa! Meu amor, meu noivo, meu companheiro, meu amigo, minha alegria, minha paz! A pessoa com quem quero dividir todos os momentos da vida! Uma pessoa mais que especial que entrou em minha vida, e que desde então agradeço todos os dias a Deus por essa felicidade! Minha jóia rara! Agradeço por ser meu amigo, por ser meu companheiro me incentivando, me encorajando, me ajudando em tudo o que pode! Agradeço por estar ao meu lado sempre, compartilhando os momentos felizes e dividindo também os complicados, sempre me acalmando. Agradeço por me encorajar em todas as etapas e festejar comigo cada vitória. Agradeço por sempre cuidar de mim de forma tão carinhosa e amorosa! Agradeço por fazer parte da minha vida! Amor da minha vida! Amor eterno!

A minha sogra tia Tereza Cristina dos Santos, tia avó Maria Emília da Costa e a meu sogro Edvaldo Faustino da Costa, família do meu amor, e agora minha família! Pessoas muito especiais que me receberam de forma tão afetuosa e que tem me apoiado com muito carinho em cada etapa, cada escolha. Estou tendo o prazer e a felicidade de fazer parte dessa linda família! Muito obrigada à todos por todo carinho!

De uma forma geral, agradeço a toda minha família que mesmo distante demonstraram amor, carinho e cuidado e sempre me incentivaram a não desistir dos meus sonhos! Muito obrigada!

Agradeço imensamente a minha orientadora professora Sigrid Neumann Leitão que desde o início me recebeu de forma bastante afetuosa e acompanhou o trabalho com muita dedicação. Agradeço não somente pelas orientações durante o mestrado e na dissertação, mas principalmente por poder ser orientanda de uma pessoa maravilhosa que ajuda à todos com um grande coração de mãe! Muito obrigada por tudo!

Agradeço a minha co orientadora Silvia Helena Lima Schwamborn pelo convite ao estágio no museu de oceanografia Petrônio Alves Coelho, ao espaço concedido para a realização do trabalho e a co orientação.

Agradeço ao pessoal do Nécton, Márcio, Elias, Tatiana Beltrão, Elisabeth Cabral, Nicole, Elissandra, professor Antônio por todo companheirismo, apoio e por tornar os momentos de trabalho mais alegres. Agradeço em especial a Márcio por ter me recebido desde o início de forma muito carinhosa e por ter sido a primeira pessoa do museu que me encorajou a tentar o mestrado e não desistir dos meus sonhos! E por ser uma pessoa muito especial que sempre tem um bom conselho a dar, como um verdadeiro paizão, e por sempre demonstrar todo seu carinho! Adoro muito! Em especial a Tatiana Beltrão que desde o início foi minha parceira de trabalho e amizade! Te adoro Tathiê! A Elisabeth Cabral (Bethilda) por todo apoio e toda amizade!

Agradeço a todos do zooplâncton, Aislan, Renata, Glenda, Natalia, Erika, Simone Lira, Simone Jorge, Danielle, Lucas, Gleice, Cyntia, Igor, Xiomara, Pedro, Tâmara, Andréa e Zinaldo. Em especial agradeço a Erika, Lucas e Alejandro por terem me ajudado com revisões e literaturas antes do processo seletivo do mestrado, muito obrigada! A Simone Lira por ter me ajudado com informações do projeto camadas finas e por todo apoio, muito obrigada! A Aislan, Renata, Andréa e Glenda por toda amizade e todo apoio! Em especial a Zinaldo, pessoa que tive o prazer de conhecer melhor, e agradeço por toda amizade, todo carinho e todos os momentos de boas conversas e bons conselhos. Muito obrigada!

Muito obrigada à todos que fazem parte do Museu de Oceanografia Petrônio Alves Coelho por tornarem os dias de trabalho mais agradáveis.

Muito obrigada ao pessoal dos outros laboratórios por todo apoio e companheirismo nesses dois anos de mestrado, Amanda Yumi, Cláudio, Daniel, Vanessa (Nessa), Patrícia (Pato), Lucas, Nize, Felipe, Aubains, Nykon e Bárbara. Em especial Amanda Yumi por todos os conselhos e Cláudio (Cabelo) por toda ajuda com literatura antes do processo seletivo e amizade, muito obrigada!

Agradeço aos colegas de turma de oceanografia por tornarem esses dois anos mais divertidos, em especial Géssica (Jels mozuca), Danielle (Bahia), Flavio (Flavitcho), Leonor (Léo), Simone Jorge (Symon), Laisa (Laisitcha), Danielle, Pedro, Frederic, Natalia, Rafael, Karol, Bárbara,

Felipe Facó, Aurinete e Camila. Em especial Simone Jorge e Danielle por toda amizade e todos os momentos vividos!

Aos professores do departamento de oceanografia, Fernando Feitosa, Manuel Flores, José Souto, Tereza, Fernando Porto, Carmem Medeiros, Silvio Macêdo, Ralf Schwamborn que contribuíram com conhecimentos em oceanografia. Muito obrigada à todos! Em especial aos professores Fernando Feitosa e Manuel Flores, por terem me ajudado bastante com as informações dos dados químicos e biológicos, que permitiram a conclusão desse trabalho. Além de terem me ajudado em muitas etapas durante o mestrado e terem demonstrado muito carinho e atenção! Muito obrigada por tudo! Em especial também ao professor José Souto que sempre tirou todas as minhas dúvidas com relação as análises estatísticas e me ajudou bastante no fechamento desse trabalho quanto as análises de dados! Muito obrigada por toda atenção professor Souto!

Agradeço aos professores Paulo Mafalda Junior e Cristiane Sampaio por terem me recebido tão bem em seu laboratório na Universidade Federal da Bahia. Em especial ao professor Paulo Mafalda Junior por toda sua dedicação, atenção e disponibilidade nos momentos em que eu precisei de ajuda. Muito obrigada por tudo! Será um prazer continuar com a parceria!

Agradeço aos professores e membros da banca Ralf Schwamborn, Fernando Feitosa, Paulo Mafalda Jr. e Elisabeth Cabral por terem aceitado a participar e dar suas contribuições.

Agradeço aos funcionários do departamento de oceanografia por todo apoio concedido nos dois anos de mestrado. Em especial, a Myrna, por todo apoio, amizade e por tornar esses dois anos mais divertidos com os meus esquecimentos (rsrs), a André e Marília por todo apoio, a Hermes (seu Hermes) por todo conhecimento nas aulas práticas e por toda amizade, a Isaac por todo conhecimento nas coletas e nas aulas de mergulho, além de toda amizade e a Edileuza (Dona Edileuza) por toda simpatia e amizade. Muito obrigada à todos!

Aos meus grandes amigos que fiz em Recife, Josinaldo (Aldinhu), Jorge, Talita (Télis), Guiomar (Guiomation), Renata (Rena) que tornaram esses anos maravilhosos! E aos meus grandes amigos antigos que também me incentivaram muito na realização do processo seletivo Ericarlos Neiva Lima (Carlota), Daniel Amaral (Dani) e David Amaral. Todos eles pessoas mais que especiais e que levarei por toda vida! Agradeço a cada um por todos os momentos vividos, por todos os conselhos, por toda ajuda, por compartilhar momentos inesquecíveis ao meu lado, por toda amizade! Amo muito todos! Muito obrigada por tudo! Agradeço também toda amizade das pessoas que conheci através desses grandes amigos durante esse período!

Ao pessoal do ITEP que festejaram comigo e me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos, em especial a Marcondes, ao professor George, Héliida, Maristela e Ângela.

Agradeço ao Projeto Camadas Finas, sobre a orientação da professora Sigrig Neumann Leitão e professor Ralf Schwamborn, por ter concedido as amostras e permitido a realização desse trabalho. Muito obrigada!

Agradeço a Marinha do Brasil por toda estrutura concedida através do navio Hidroceanográfico Cruzeiro do Sul e por toda equipe de trabalho, permitindo a realização das coletas.

Agradeço ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), por ter concedido as bolsas de estudo, facilitando o desenvolvimento desse trabalho.

As pessoas que não foram citadas aqui agradeço por todo apoio, toda amizade e todo companheirismo que contribuíram para que o trabalho fosse realizado e o período de mestrado fosse muito bom! Muito obrigada!

*Abracei o mar na lua cheia
Abracei o mar
Escolhi melhor os pensamentos, pensei
Abracei o mar
É festa no céu é lua cheia, sonhei
Abracei o mar
E na hora marcada
Dona alvorada chegou para se banhar
E nada pediu, cantou pra o mar...
e nada pediu... conversou com mar...
e nada pediu... e o dia sorriu.
Uma dúzia de rosas, cheiro de alfazema
Presente eu fui levar
E nada pedi, entreguei ao mar...
e nada pedi... me molhei no mar...
....e nada pedi... só agradeçi!
Gerônimo*

RESUMO GERAL

A presente dissertação de mestrado é composta por dois capítulos, cada um constituindo um artigo a ser submetido para publicação. O primeiro consiste de um trabalho desenvolvido a fim de se estudar a estrutura da comunidade do ictioneuston das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e o segundo investigou se a distribuição da comunidade ictioneustônica das ilhas oceânicas esta relacionada com as variáveis ambientais. Em julho e agosto de 2010 foram realizadas coletas noturnas e diurnas em duas transecções posicionados nos lados leste e oeste do ASPSP, nos lados Sudeste e Noroeste no atol das Rocas e nos lados Nordeste e Sudoeste no AFN compostos cada transecção por três estações (A e C – insulares e E - oceânica). O ictioneuston foi coletado através de arrasto com redes cilíndrico-cônicas de 500 μ m, posicionadas na interface ar/água 0 – 7,5cm (neuston superior) e na camada de 7,5 à 22,5cm (neuston inferior), acopladas a um catamarã de alumínio (David Hempel), coletando 24 unidades amostrais para cada ilha, totalizando 72 unidades amostrais. Os dados físicos e químicos foram obtidos através do CTD e os dados de clorofila-*a* foram analisados por espectrofotômetro. As larvas de peixe foram identificadas em sua maioria ao nível de espécie com base em chaves taxonômicas especializadas. No primeiro capítulo cinco hipóteses foram testadas: i) As ilhas oceânicas promovem a concentração do ictioneuston em áreas adjacentes; ii) existe diferença significativa nos valores de densidade e diversidade da comunidade ictioneustônica de acordo com as transecções da ilhas, sob diferente influência das respectivas correntes predominantes; iii) existe diferença significativa de densidade do ictioneuston no neuston superior e inferior; iv) existe diferença significativa de densidade do ictioneuston quanto aos turnos noturno e diurno; v) a composição do ictioneuston diferencia entre as ilhas oceânicas. Foram coletados um total de 131 larvas e 3027 ovos para as três ilhas. O arquipélago de Fernando de Noronha foi a ilha que apresentou os maiores valores de abundância e densidade do ictioneuston e riqueza taxonômica. Ao largo dos ecossistemas insulares não foi encontrada diferença significativa entre o neuston superior e inferior. Porém, com relação ao turno para a densidade larval foi encontrado diferença significativa (Mann-Whitney, $p=0,01$), registrando maiores valores durante o período noturno. Com relação às diferentes distâncias (A, C e E) as ilhas não apresentaram diferença significativa, porém com relação aos diferentes lados de cada ilha houve diferença significativa para a densidade de ovos (ANOVA, $p=0,0002$) e larvas (ANOVA, $p=0,039$), evidenciando uma maior concentração de larvas na transecção 1 e maior concentração de ovos na transecção 2 para as três ilhas. Das 131 larvas coletadas, um total de 5,3% ($n=7$) não foram identificadas e 9,9% ($n=13$) estavam danificadas. As larvas foram identificadas em 32 taxa, 12 ordens, 16 famílias, 23 gêneros e 28 espécies. Somente a espécie *Ceratoscopelus warmingii* foi comum as três ilhas. O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas apresentaram maior número de espécies em comum. No geral as ilhas apresentaram assembleias diferentes umas das outras. A riqueza taxonômica para as ilhas foi maior no período noturno. Para o ASPSP e o AR a

riqueza foi maior nas estações oceânicas, enquanto que para o AFN foi maior nas estações insulares. Os valores de equitatividade foram considerados altos e os maiores valores de diversidade foram encontrados no AFN. Myctophidae foi a família que apresentou maior abundância e frequência de ocorrência. As espécies mais abundantes foram *L. nobilis* no ASPSP e *L. guentheri* para o AR e AFN. De forma geral, a comunidade ictioneustônica foi constituída por espécies meso e epipelágicas, seguida de espécies recifais e demersias. No segundo capítulo as seguintes hipóteses foram testadas: i) os fatores oceanográficos interferem na distribuição do ictioneuston; ii) os parâmetros ambientais mudam com relação as diferentes distâncias e aos diferentes lados de cada ilha. Os maiores valores de salinidade foram registrados nas ilhas AFN e AR, enquanto que os maiores valores de temperatura foram registrados no ASPSP. As maiores concentrações de clorofila-*a* superficial foram encontradas no AFN, enquanto que uma maior concentração de nutrientes ocorreu nas ilhas AFN e ASPSP. Durante o período diurno as variáveis ambientais não apresentaram diferença significativa com relação as diferentes distâncias (A, C e E) e com relação as diferentes transecções. Durante o período noturno, a clorofila-*a* superficial apresentou diferença significativa com relação as distâncias (ANOVA, $p=0,02$), mostrando que a estação insular (A) de todas as ilhas apresentou uma maior concentração da clorofila-*a* superficial. A clorofila-*a* superficial também diferenciou as ilhas (ANOVA, $p=0,004$) apresentando maiores valores no AFN. Com relação as diferentes transecções no período noturno, a única variável que apresentou diferença significativa foi o fosfato que evidenciou uma maior quantidade na transecção 1 de todas as ilhas. O primeiro componente principal (CP1) explicou 32,6% da variância total correlacionando positivamente a temperatura e negativamente a salinidade e clorofila-*a* superficial, enquanto o segundo componente principal (CP2) explicou 19,1% correlacionando positivamente o OD, silicato e fosfato. No diagrama de ordenação (RDA) observou-se que o sistema insular AFN foi o que apresentou uma maior concentração de ovos e larvas do neuston superior e inferior e também uma maior riqueza taxonômica. A comunidade ictioneustônica esteve correlacionada principalmente com a clorofila-*a* superficial e com o oxigênio dissolvido. A ilha que apresentou os menores valores de temperatura e os maiores valores de nutrientes, clorofila, oxigênio dissolvido foi o Arquipélago de Fernando de Noronha, indicando que possa existir uma ressurgência topográfica, além disso foi a ilha que agregou uma maior quantidade de ovos e larvas de peixes, indicando que ocorreu um possível efeito ilha.

Palavras-chave: Estágios iniciais de desenvolvimento de peixes. Ecologia marinha. Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha.

GENERAL ABSTRACT

The following master thesis is composed by two chapters, each one consisting of an article to be submitted for publication. The first aims to study the Ichthyoneuston community structure of the oceanic islands St. Peter and St. Paul archipelago (ASPSP), Rocas Atoll (RA), and Fernando de Noronha archipelago, and the second aims to investigate if the distribution of the ichthyoneustonic community is related with the environmental variables. In July and August 2010, nocturnal and diurnal samplings were performed in two transects located in the eastern and western sides of the ASPSP, in the southeastern and northwestern sides of the Rocas Atoll, and in the northeastern and southeastern sides of the AFN. Each transect was composed by two insular stations (A and C) and one oceanic station (E). The ichthyoneuston was collected using a David Hempel aluminum catamaran coupled with two 500-mm plankton nets, one to collect the organisms in the interface air/seawater 0 – 7.5 cm (upper neuston), and other to collect the organisms in the 7.5 – 22.5 cm depth (lower neuston). The samplings consisted of a 20 minute haul, and a total of 72 samples were collected, 24 for each island. The physical and chemical datae were obtained by the CTD and the chlorophyll-*a* data was analysed by the use of a spectrophotometer. Most of the fish larvae were identified according to specialized taxonomic keys. In the first manuscript five hypotheses were tested: i) the presence of the oceanic islands provokes mechanisms of ichthyoneuston concentration in their surrounding areas; ii) there is significant difference between the values of density and diversity of the ichthyoneustonic community of each side of the islands under different influence of their corresponding mainstream currents; iii) there is significant difference between the density values of the upper and lower neustonic layers; iv) there is significant difference between the diurnal and nocturnal periods; v) the ichthyoneuston composition is different in each island. A total of 131 fish larvae and 3027 fish eggs were collected in the three islands. The FNA was the area with the higher values of abundance, density and taxonomic richness of the ichthyoneuston. No significant difference between the upper and lower neuston was found. However, there was significant difference between the values of larvae density collected in the diurnal and nocturnal periods (Mann-Whitney, $p=0,01$), with higher density values registered in the nocturnal period. No significant difference between the different distances in relation to the islands (A, C and E stations) was found. However, there was significant differences between the values of eggs (ANOVA, $p=0,0002$) and larvae (ANOVA, $p=0,039$) densities found in each side of the islands. This highlighted a higher concentration of larvae in the Transect 1, and a higher concentration of eggs in the Transect 2 for the three islands. Of the 131 collected larvae, a total of 5.3% ($n=7$) was not identified, and 9.9% ($n=13$) were damaged. A total of 32 *taxa* belonging to 12 orders, 16 families, 23 genus, and 28 species was identified. Only the species *Ceratoscopelus warmingii* was common in the three islands. The FNA and the Rocas Atoll presented a higher number of species in common. In general, the three islands presented different assemblages. The taxonomical richness in the three islands was higher during the nocturnal period. In the ASPSP and RA the richness was higher in the oceanic stations, while in the FNA it was higher in the insular stations. The evenness

values were considered high and the higher values of diversity were found in the FNA. Myctophidae was the family with the higher abundance and frequency of occurrence. The most abundant species were *L. nobilis* in the ASPSP and *L. guentheri* in the RA and FNA. In general, the ichthyoneustonic community was constituted by meso- and epipelagic species, followed by demersal and reef species. In the second manuscript the following hypotheses were tested: i) the oceanographic factors interfere in the ichthyoneuston distribution; ii) the environmental parameters change in relation to the different distances and different sides of each island. The salinity values were higher in the FNA and RA islands, while the higher temperature values were registered in the ASPSP. Higher values of Chlorophyll-*a* were found in the FNA, while higher values of nutrients were found in the ASPSP and also in the FNA. During the diurnal period, the environmental variables did not present significant differences between the different distances in relation to the islands, as well as between the different transects. During the nocturnal period, the surface chlorophyll-*a* presented significant difference in relation to the different distances (ANOVA, $p=0,02$), with higher values in the insular stations (A) of each island. The surface Chlorophyll-*a* was also significantly different between the different islands (ANOVA, $p=0,004$), with higher values in the FNA. In relation to the different transects in the nocturnal period, only phosphate showed significant difference, presenting a higher amount in the Transect 1 of each island. The first principal component (CP1) explained 32.6% of the total variance correlating positively with temperature and negatively with salinity and chlorophyll-*a*. The second principal component (CP2) explained 19,1%, correlating positively with dissolved oxygen, silicate and phosphate. In the ordination diagram it was observed that the FNA was the island with the higher concentration of eggs and larvae of the upper and lower neuston, and also higher taxonomic richness. The ichthyoneustonic community correlated mainly with the concentration of the surface chlorophyll-*a* and dissolved oxygen. Lower values of temperature, and higher values of nutrients, chlorophyll-*a*, and dissolved oxygen was the FNA, indicating the possibility of existence of a topography-upwelling. In addition, higher values of fish eggs and larvae were registered in this island, indicating a possible “island mass” effect.

Key words: Early developmental stages of fishes. Marine ecology. St. Peter and St. Paul Archipelago, Rocas Atoll and Fernando de Noronha Archipelago.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo, compreendendo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas com suas principais correntes (CSE, CNB e SCE) (modificado de EDWARDS e LUBBOCK, 1983).....	29
Figura 2. a) Transecções (1 - Leste e 2 - Oeste) do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em julho e agosto de 2010. (Figura a, adaptada de Lira, 2013). b) Mapa ilustrativo das ilhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. (Figura b adaptada de Melo <i>et al.</i> , 2012).....	32
Figura 3. Transecções (1 - Sudeste e 2 - Noroeste) do Atol das Rocas, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em julho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).....	33
Figura 4. Transecções (1 - Nordeste e 2 - Sudoeste) do Arquipélago de Fernando de Noronha, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em julho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).....	33
Figura 5. Valores de densidade de larvas e ovos / 100m ³ no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite em julho e agosto de 2010.	35
Figura 6. Valores de densidade de larvas e ovos / 100m ³ no Atol das Rocas (AR), nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite em julho e agosto de 2010....	36
Figura 7. Valores de densidade de larvas e ovos / 100m ³ no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite em julho e agosto de 2010.	36
Figura 8. Valores de densidade de larvas e ovos no AR, nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite.	37
Figura 9. Valores do Índice de riqueza de Margalef (d) das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) em julho e agosto de 2010.	46
Figura 10. Equitatividade e diversidade das ilhas oceânicas: A) Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), B) Atol das Rocas (AR) e C) Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.	47
Figura 11. Localização da área de estudo, compreendendo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas com suas principais correntes (CSE, CNB e SCE) (modificado de EDWARDS e LUBBOCK, 1983).....	60
Figura 12. a) Transecções (1 - Leste e 2 - Oeste) do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em junho e agosto de 2010 (Figura a, adaptada de Lira, 2013). b) Mapa ilustrativo das ilhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Figura b adaptada de Melo <i>et al.</i> , 2012).....	63
Figura 13. Transecções (1 - Sudeste e 2 - Noroeste) do Atol das Rocas, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em junho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).....	64
Figura 14. Transecções (1 - Nordeste e 2 - Sudoeste) do Arquipélago de Fernando de Noronha, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em junho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).....	64

Figura 15. Diagrama de ordenação da Análise de Componentes Principais das ilhas oceânicas estudadas em julho e agosto de 2010. x – Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP); ▲ – Atol das Rocas (AR); ● – Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN). 69

Figura 16. Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, densidade de ovos e larvas de peixes e riqueza taxonômica das ilhas oceânicas vinculadas a estrutura oceanográfica, no Nordeste Brasil. (Primeiro algarismo corresponde às campanhas ilhas 1, Atol das Rocas; 2, Arquipélago de São Pedro e São Paulo; 3, Arquipélago de Fernando de Noronha - 12; segundo algarismo as transecções 1 e 2). 72

LISTA DE TABELAS

Manuscrito I

Tabela 1. Distâncias em metros de cada estação (A e C - insulares e E - oceânica) para as ilhas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) em julho e agosto de 2010.....	30
Tabela 2. Lista taxonômica das larvas de peixes coletadas nas Ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e Atol das Rocas (AR) em julho e agosto de 2010, listados em ordem filogenética, segundo Nelson (2006), com respectiva camada de ocorrência (NS – Neuston Superior; NI – Neuston Inferior); N- noturno; D - diurno	38
Tabela 3. Densidade das espécies por 100m ³ que ocorreram no neuston inferior e no neuston superior das estações estudadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em junho e agosto de 2010. 1 – Transecto 1; 2 – Transecto 2; A e C – Estações insulares; E – Estação oceânica; NS – neuston superior; NI – neuston inferior; DANI – danificado; NID – não identificado; N- noturno; D - diurno.....	42
Tabela 4. Densidade das espécies por 100m ³ que ocorreram no neuston inferior e no neuston superior das estações estudadas no Atol das Rocas, em junho e agosto de 2010. 1 – Transecto 1; 2 – Transecto 2; A e C – Estações insulares; E – Estação oceânica; NS – neuston superior; NI – neuston inferior; DANI – danificado; NID – não identificado; N- noturno; D - diurno	43
Tabela 5. Densidade das espécies por 100m ³ que ocorreram no neuston inferior e no neuston superior das estações estudadas no Arquipélago de Fernando de Noronha, em junho e agosto de 2010. 1 – Transecto 1; 2 – Transecto 2; A e C – Estações insulares; E – Estação oceânica; NS – neuston superior; NI – neuston inferior; DANI – danificado; NID – não identificado; N- noturno; D - diurno.....	44
Tabela 6. Abundância (n), abundância relativa percentual (AR) e frequência de ocorrência percentual (FO) dos taxa formadores da assembleia de larvas de peixes coletados nas ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010	48

Manuscrito II

Tabela 1. Distâncias em metros de cada estação (A e C - insulares e E - oceânica) para as ilhas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) em junho e agosto de 2010.....	61
Tabela 2. Amplitude de variação e valores médios de oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T °C), salinidade (Sal.), nitrato (NO ₂), fosfato (PO ₄), silicato (SiO ₂) e clorofila superficial das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.....	66
Tabela 3. Explicabilidade dos Componentes Principais baseado na estrutura oceanográfica durante o perfil nas ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.....	68

Tabela 4. Valores de densidade ($p/100m^3$) de larvas e ovos de peixes coletados no neuston inferior e superior, nas transecções 1 e 2 do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em julho e agosto de 2010.	69
Tabela 5. Valores de densidade ($p/100m^3$) de larvas e ovos de peixes coletados no neuston inferior e superior, nas transecções 1 e 2 do Atol das Rocas, em julho e agosto de 2010.	70
Tabela 6. Valores de densidade ($p/100m^3$) de larvas e ovos de peixes coletados no neuston inferior e superior, nas transecções 1 e 2 do Arquipélago de Fernando de Noronha, em julho e agosto de 2010.	70
Tabela 7. Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a densidade de ovos e larvas de peixes e riqueza taxonômica das ilhas oceânicas vinculadas a estrutura oceanográfica, nas ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	21
1.1	Ictioplâncton	21
1.2	Comunidade ictioneustônica e ambientes insulares	21
1.3	Relevância e justificativa da pesquisa.....	22
2	HIPÓTESES	23
3	OBJETIVOS.....	23
3.1	Objetivo Geral	23
3.2	Objetivos específicos.....	24
4	MANUSCRITO I	25
5.1	Resumo	25
5.2	Abstract.....	26
5.3	Introdução.....	27
5.4	Materiais e Métodos	28
5.4.1	Área de estudo	28
5.4.2	Metodologia de campo.....	29
5.4.3	Metodologia de laboratório	30
5.4.4	Estrutura do ictioneuston das ilhas oceânicas	30
5.4.5	Estatística Inferencial	34
5.5	Resultados	34
5.5.1	Densidade e composição taxonômica do ictioneuston	34
5.5.2	Riqueza de Margalef	46
5.5.3	Equitatividade e Diversidade	46
5.5.4	Abundância relativa percentual e Frequência de ocorrência percentual	47
5.6	Discussão	49
5.7	Conclusões.....	54
6	MANUSCRITO II	56
6.1	Resumo	56
6.2	Abstract.....	57
6.3	Introdução.....	58
6.4	Materiais e Métodos	59
6.4.1	Área de estudo	59
6.4.2	Metodologia de campo.....	61
6.4.3	Metodologia de laboratório	61
6.4.4	Análise dos dados	65
6.4.4.1	Densidade ictioneustônica.....	65
6.4.4.2	Estatística Inferencial - ANOVA	65
6.4.4.3	Análise estatística multivariada – PCA, DCCA e RDA.....	65
6.5	Resultados	66
6.5.1	Variáveis ambientais	66
6.5.2	Análise de Variância (ANOVA)	67

6.5.3	<i>Análise de Componentes Principais (PCA)</i>	67
6.5.4	<i>Análise Quantitativa do ictioneuston</i>	68
6.5.5	<i>Análise de Redundância (RDA e DCCA)</i>	70
6.6	Discussão	72
6.7	Conclusões	75
7	CONCLUSÕES FINAIS	77
8	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Ictioplâncton

O ictioplâncton consiste na ovuliparidade e nos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes (CIECHOMSKI, 1981). O período mais sensível às alterações ambientais dentro do ciclo de vida de um peixe ocorre durante a sua fase de vida planctônica (WESTERNHAGEN, 1988). Falta de alimento, predação e condições ambientais adversas são os fatores que causam as maiores taxas de mortalidade natural do ictioplâncton (HEATH, 1993). Além disso, os fatores ambientais podem interferir no recrutamento e na dispersão larval, definindo assim a distribuição das larvas (LESSA *et al.*, 1999).

Pesquisas que abordam a distribuição e abundância do ictioplâncton já são mais frequentes, uma vez que integram avaliações independentes dos estoques e contribuem com o rendimento da pesca (LESSA *et al.*, 1999).

Os trabalhos de ictioplâncton estão mais concentrados na região costeira do Brasil (MAFALDA JR. e SILVA, 1996; EKAU *et al.*, 1999; MAFALDA JR., 2000; NONAKA *et al.*, 2000; MAFALDA JR. *et al.*, 2004; MAFALDA JR. e SOUZA, 2009; SOUZA *et al.*, 2010) e em estuários (EKAU *et al.*, 2001; JOYEX *et al.*, 2004; EL-DEIR, 2005; CASTRO *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2008; SEVERI *et al.*, 2008; ARAÚJO *et al.*, 2011; BEZERRA JR. *et al.*, 2011). Já em regiões oceânicas existem menos trabalhos, porém projetos de inventários faunísticos como o JOPS II (Joint Oceanographic Projects II) e REVIZEE (Avaliação dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) contemplaram bastante áreas oceânicas com trabalhos relacionados a composição do ictioplâncton (MAFALDA JR. *et al.*, 1997; EKAU *et al.*, 1999; LESSA *et al.*, 1999; PINTO *et al.*, 2002; LESSA *et al.*, 2009; MAFALDA JR.; *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2010; NOGUEIRA *et al.*, 2012, entre outros), além de trabalhos recentes que não foram frutos desses projetos como MACEDO-SOARES *et al.* (2011) e MACEDO-SOARES *et al.* (2012), mas que também contemplaram a distribuição e composição do ictioplâncton das regiões oceânicas do Brasil.

1.2 Comunidade ictioneustônica e ambientes insulares

A camada mais superficial dos oceanos, localizada na interface oceano/atmosfera compreende uma biocenose, o neuston, persistente ou flutuante composta por bactérias, protozoários, fitoplâncton, zooplâncton e insetos (ZAITSEV, 1971). Larvas de peixes são comuns nessa camada, e são assim denominados de ictioneuston (KATSURAGAWA e MATSUURA, 1990).

Esta camada de interface apresenta condições físicas, químicas e biológicas características que podem lhe conferir dimensão vertical e horizontal definidas dentro dos oceanos (SULLIVAN *et al.*, 2010). Katsuragawa e Matsuura (1990) revisando diversos estudos clássicos sobre o ictioneuston reportam que esta camada pode ser

pobre em alimento e que, devido à forte radiação solar, organismos devem estar bem adaptados à existência na mesma.

Devido ao fato de não ocorrer um agrupamento vertical no habitat neustônico, torna-se uma camada favorável para estudar as relações entre a produção, distribuição espacial, recrutamento e dispersão larval para muitos peixes (TRICKLEBANKS *et al.*, 1992), além de ser uma camada que apresenta elevada abundância de peixes que existem na superfície do mar (HEMPEL E WEIKERT, 1972) e ser uma importante camada para muitas espécies de peixes no início da vida (DOYLE *et al.*, 1994).

Recentemente, os grandes ecossistemas marinhos (GEM) da costa brasileira sofreram revisão (EKAU e KNOPPERS, 1999), sendo proposto três GEM: Plataforma Norte do Brasil, Leste do Brasil e Plataforma Sul do Brasil. As águas que banham a plataforma e talude do Nordeste do Brasil estão inseridas dentro do GEM Leste do Brasil, o qual é caracterizado por possuir águas oligotróficas, dada a influência da corrente Sul Equatorial, a qual se divide na quebra da plataforma na corrente do Brasil e na corrente Norte do Brasil (NONAKA *et al.*, 2000). As ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas estão inseridas nessas águas oligotróficas (LESSA *et al.*, 1999; LESSA *et al.*, 2009).

Contudo, ao redor dessas feições topográficas fluxos promovem a desestratificação da coluna d'água, permitindo que essas águas sejam enriquecidas em nutrientes de camadas profundas, resultando em uma elevada produtividade primária e um aumento das densidades zooplancônicas (ver revisão em LESSA *et al.*, 1999). Fato que já foi observado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (LESSA *et al.*, 2009; MACEDO-SOARES *et al.*, 2011).

Dessa forma, as larvas e ovos de peixes nessas regiões são beneficiadas em crescimento e sobrevivência. Essas ilhas oceânicas apresentam elevada produção pesqueira, decorrente desse processo de enriquecimento (FONTENEAU, 1991).

Uma vez que se conhece da importância dessas ilhas oceânicas nas comunidades de ovos e larvas de peixes, o presente trabalho tem como objetivo investigar a composição, abundância e diversidade do ictioneuston do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, do Arquipélago de Fernando de Noronha e do Atol das Rocas, verificando de que forma os fatores oceanográficos podem estar interferindo na distribuição da comunidade ictioneustônica dessas ilhas e se a presença dessas ilhas podem promover mecanismos de concentração de ovos e larvas de peixes no seu entorno.

1.3 Relevância e justificativa da pesquisa

As águas do nordeste brasileiro são caracterizadas por apresentar águas oligotróficas de baixa produtividade biológica, exceto nos locais em que ocorrem ressurgências como no entorno de montes e ilhas oceânicas (NEUMANN-LEITÃO *et al.*, 1999; EKAU *et al.*, 1999). Uma vez que essas feições topográficas mudam a hidrodinâmica local, através da combinação de correntes de recirculação e ressurgência, provocando a subida das águas frias e ricas em nutrientes até a camada eufótica (DOTY e OGURY, 1956).

Dessa forma esses locais tornam-se área de importante concentração planctônica (BOEHLERT, 1988) e verdadeiros “hotspots” de biodiversidade para peixes pelágicos no oceano aberto (MORATO *et al.*, 2010). Espécies das famílias Scombridae e Exocoetidae concentram-se no entorno dessas ilhas para realizarem sua reprodução (BOEHLERT e MUNDY, 1994; HUNTE *et al.*, 1995), como no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (LESSA *et al.*, 1999), além da contribuição em abundância de outras famílias em seus estágio larvares como Scaridae e Bothidae no entorno dessas ilhas (MAFALDA JR. e SOUZA, 2009; MAFALDA JR. *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2010). Mostrando que essas feições são locais que garantem o crescimento e a sobrevivência de espécies pelágicas, recifais e demersais residentes (DOWER e PERRY, 2001).

Como a presença dessas feições podem reter ovos e larvas de peixes no seu entorno, faz-se necessário estudos de composição e abundância pra melhor entender de que forma essas feições promovem mecanismo de retenção e de que forma os fatores oceanográficos estão interferindo na distribuição do ictioneuston.

O presente trabalho visa ampliar o conhecimento científico, uma vez que existem poucos trabalhos no Brasil que contemplam ovos e larvas de peixes da camada neustônica e uma composição taxonômica ao nível de específico para as ilhas oceânicas.

2 HIPÓTESES

- As ilhas oceânicas promovem mecanismos de concentração do ictioneuston nas suas adjacências, devido a interação corrente-topografia, promovendo uma maior produtividade biológica;
- Existe diferença significativa nos valores de densidade e diversidade do ictioneuston em relação as transecções de cada ilha, as interfaces (superior e inferior) e aos turnos (diurno e noturno);
- Existe variabilidade na composição taxonômica do ictioneuston entre as ilhas;
- Existe diferença significativa das variáveis ambientais nas diferentes distâncias e transecções;
- Parâmetros tais como temperatura, salinidade, clorofila-*a* superficial, oxigênio dissolvido e nutrientes interferem na distribuição do ictioneuston de cada ilha.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é investigar a estrutura da comunidade ictioneustônica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha sob as condições oceanográficas.

3.2 Objetivos específicos

- Investigar a distribuição espacial em pequena escala do ictioneuston em águas insulares e adjacentes às ilhas oceânicas.
- Comparar a densidade e diversidade do ictioneuston quanto à interface superior e inferior, aos turnos e as transecções, considerando o sentido da corrente predominante.
- Analisar a variação espacial do ictioneuston considerando as condições oceanográficas das ilhas.
- Investigar a estrutura espacial de variáveis físico-químicas, nutrientes e da clorofila-*a* superficial das ilhas oceânicas.

4 MANUSCRITO I

COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM PEQUENA ESCALA DO ICTIONEUSTON DE ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS

4.1 Resumo

O presente estudo teve como objetivo estudar a estrutura da comunidade ictioneustônica das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN). Em julho e agosto de 2010 foram realizadas coletas noturnas e diurnas em duas transecções posicionadas nos lados leste (transecção 1) e oeste (transecção 2) do ASPSP, nos lados sudeste (transecção 1) e noroeste (transecção 2) no atol das Rocas e nos lados nordeste (transecção 1) e sudoeste (transecção 2) no AFN composta cada transecção por três estações (A e C – insulares e E - oceânica). O ictioneuston foi coletado através de arrasto com redes cilíndrico-cônicas de 500µm, posicionadas na interface ar/água (neuston superior) e na camada de 7,5 à 22,5 cm (neuston inferior), acopladas a um catamarã de alumínio (David Hempel), coletando 24 unidades amostrais para cada ilha, totalizando 72 unidades amostrais. As larvas de peixe foram identificadas em sua maioria ao nível de espécie com base em chaves taxonômicas especializadas. Foram coletados um total de 131 larvas e 3027 ovos para as três ilhas. O arquipélago de Fernando de Noronha foi a ilha que apresentou os maiores valores de abundância e densidade do ictioneuston, bem como riqueza taxonômica. Para as três ilhas não foram encontradas diferenças significativas em relação as densidades de ovos e larvas de peixes presentes no neuston superior e inferior. Contudo, verificou-se que nas três ilhas o período noturno apresenta densidades mais elevadas de larvas (Mann-Whitney, $p=0,01$). Com relação às diferentes distâncias (A, C e E) as ilhas não apresentaram diferença significativa, porém com relação as diferentes transecções de cada ilha houve diferença significativa para a densidade de ovos (ANOVA, $p=0,0002$) e larvas (ANOVA, $p=0,039$), mostrando uma maior concentração de larvas na transecção 1 e maior concentração de ovos na transecção 2 para as três ilhas. Ficou evidenciado quanto a densidade de ovos e larvas de peixes que as ilhas são diferentes entre si. Das 131 larvas coletadas, um total de 5,3% ($n=7$) não foram identificadas e 9,9% ($n=13$) estavam danificadas. As larvas foram identificadas em 32 taxa, 12 ordens, 16 famílias, 23 gêneros e 28 espécies. Myctophidae, Holocentridae e Scombridae ocorreram no neuston superior e inferior. Somente a espécie *Ceratoscopelus warmingii* foi comum as três ilhas. O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas apresentaram maior número de espécies em comum com *Cyclothone alba*, *Diaphus mollis*, *Lepidophanes guentheri* e *C. warmingii*. No geral as ilhas apresentaram assembleias diferentes umas das outras. A riqueza taxonômica para as ilhas foi maior no período noturno. Para o ASPSP e o AR a riqueza foi maior nas estações oceânicas, enquanto que para o AFN foi maior nas estações insulares. Os valores de equitatividade foram considerados altos e os maiores valores de diversidade foram encontrados no AFN. Myctophidae foi a família que apresentou maior abundância e frequência de ocorrência, e as espécies foram consideradas de esporádicas

a pouco frequentes. As espécies mais abundantes foram *L. nobilis* no ASPSP e *L. guentheri* para o AR e AFN. De forma geral, a comunidade ictioneustônica foi constituída por espécies meso e epipelágicas, seguida de espécies recifais e demersais.

Palavras-chave: Estágio iniciais de desenvolvimento dos peixes. Ambientes insulares. Habitat neustônico.

4.2 Abstract

The following work aimed to investigate the ichthyoneustonic community structure in the oceanic islands of the St. Peter and St. Paul Archipelago (ASPSP), the Rocas Atoll (RA), and the Fernando de Noronha Archipelago (FNA). Diurnal and nocturnal samplings were performed in July and August 2010, in two transects in each studied area. In the ASPSP the transects were located in the eastern (transect 1) and western (transect 2) side of the archipelago, while in the RA they were located in the southeastern (transect 1) and northwestern (transect 2) sides, and in the FNA in the northeastern (transect 1) and southwestern (transect 2) sides. Each transect was composed by three stations (A and C – insular stations, and E – oceanic station). The ichthyoneuston was collected using a David Hempel aluminum catamaran coupled with two 500- μ m plankton nets, one to collect the organisms in the interface air/seawater (upper neuston), and other to collect the organisms in the 7.5-22.5 cm depth (lower neuston). The samplings consisted of a 20 minute haul, and a total of 72 samples were collected, 24 for each island. Most of the fish larvae were identified to the species level according to specialized taxonomic keys. A total of 131 fish larvae and 3027 fish eggs were collected in the three islands. The FNA was the area with the higher values of abundance, density, and taxonomic richness of the ichthyoneuston. No significant difference between the upper and lower neuston was found. However, there was significant difference between the values of larvae density collected in the diurnal and nocturnal periods (Mann-Whitney, $p=0,01$), with higher density values registered in the nocturnal period. No significant difference between the different distances in relation to the islands (A, C and E stations) was found. However, there was significant differences between the values of eggs (ANOVA, $p=0,0002$) and larvae (ANOVA, $p=0,039$) densities found in each side of the islands. This highlighted a higher concentration of larvae in the Transect 1, and a higher concentration of eggs in the Transect 2 for the three islands. It was highlighted that the three islands are different from each other in relation to the density of fish eggs and larvae. Of the 131 collected larvae, a total of 5.3% ($n=7$) was not identified, and 9.9% ($n=13$) were damaged. A total of 32 *taxa* belonging to 12 orders, 16 families, 23 genus, and 28 species was identified. Myctophidae, Holocentridae, and Scombridae occurred in the upper and lower neuston. Only the species *Ceratoscopelus warmingii* was common in the three islands. The FNA and the Rocas Atoll presented a higher number of species in common, being represented

by *Cyclothone alba*, *Diaphus mollis*, *Lepidophanes guentheri* and *C. warmingii*. In general, the three islands presented different assemblages. The most abundant species in the ASPSP was *Lampanyctus nobilis*, while in the Rocas Atoll it was *Lepidophanes guentheri*, and in the FNA it was *Ceratoscopelus warmingii*. The taxonomic richness for the islands was higher in the nocturnal period. In the ASPSP and RA the richness was higher in the oceanic stations, while in the FNA it was higher in the insular stations. The evenness values were considered high and the higher values of diversity were found in the FNA. Myctophidae was the family with the higher abundance and frequency of occurrence. The most abundant species were *L. nobilis* in the ASPSP and *L. guentheri* in the RA and FNA. In general, the ichthyoneustonic community was constituted by meso- and epipelagic species, followed by demersal and reef species.

Key words: Early developmental stages of fishes. Insular environment. Neustonic habitat.

4.3 Introdução

O hábitat neustônico apresenta elevada abundância de peixes existentes na superfície do mar (HEMPEL; WEIKERT, 1972), além de ser uma importante camada para muitas espécies de peixes no início da vida (DOYLE *et al.*, 1994). Esta camada torna-se adequada para a realização de estudos de produção, distribuição espacial, recrutamento e dispersão larval para muitos peixes pelo fato desses organismos se distribuírem de forma homogênea na estrutura vertical dessa camada (TRICKLEBANKS *et al.*, 1992).

Existem poucos trabalhos que investigaram a camada neustônica nas regiões oceânicas do presente estudo (LESSA *et al.*, 1999; BEZERRA JR., 1999; ANDRADE *et al.*, 2001; SILVEIRA, 2003), entre outros. Segundo Moser e Smith (1993), estudar o ictioplâncton é importante para melhor entender a evolução da fauna de peixes, bem como de suas populações.

As ilhas oceânicas brasileiras estão inseridas em áreas de águas de baixa produtividade (LESSA *et al.*, 1999; LESSA *et al.*, 2009). Porém, no entorno dessas feições ocorre uma desestratificação da coluna d'água, permitindo que nutrientes de camadas profundas cheguem a superfície, o que promove aumento nas densidades do fitoplâncton e zooplâncton (LESSA *et al.*, 2009). Isso permite o desenvolvimento de teias tróficas e essas regiões acabam por ser consideradas “oásis”, com distinta produção pesqueira (FONTENEAU, 1991).

Ilhas oceânicas como Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha possuem importância no desenvolvimento larvar e alimentação para muitas espécies de peixes e invertebrados do Atlântico Equatorial (MACEDO-SOARES *et al.*, 2009). Dessa forma, é esperada uma abundância mais elevada de ovos e larvas de peixes em águas insulares, como observado por Díaz (2007) para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em determinadas épocas do ano.

Considerando que nestas ilhas as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento de larvas de peixes, o presente trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar o icioneuston, investigando se há variabilidade na composição e densidade da comunidade icioneustônica entre as ilhas e nas diferentes distâncias em relação as ilhas e em relação ao sentido da corrente predominante.

4.4 Materiais e Métodos

4.4.1 Área de estudo

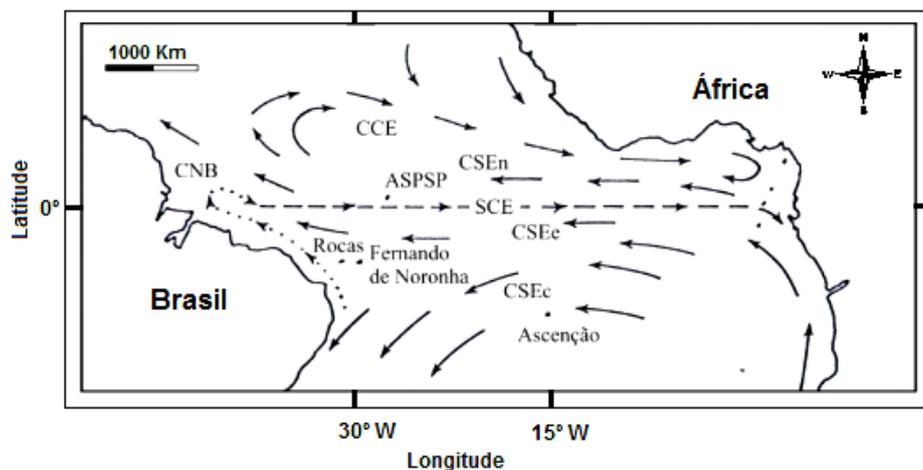
O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) está localizado a mais de 350 milhas náuticas da costa brasileira, nas proximidades da Dorsal Mesoatlântica (CAMPOS *et al.*, 2009), e consiste de um conjunto de pequenas ilhas rochosas formado por seis ilhas menores, quatro maiores, além de várias pontas rochosas (MIGUENS, 1995). Trata-se do menor arquipélago oceânico em território brasileiro e das únicas ilhas constituídas essencialmente por rochas plutônicas do Oceano Atlântico (CAMPOS *et al.*, 2009).

O Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) é constituído por 21 ilhas e está situado a aproximadamente 345 Km da costa do Estado do Rio Grande do Norte. Trata-se de um Parque Nacional Marinho, bem como Área de Proteção Estadual (ALMEIDA, 1955). O arquipélago faz parte da Cadeia de Fernando de Noronha, um segmento de montes submarinos (BECKER, 2001).

O Atol das Rocas (AR) é o único atol do Atlântico Sul e está localizado a cerca de 260 km da cidade de Natal no Rio Grande do Norte (KIKUCHI, 1994) e 150 km a oeste do Arquipélago de Fernando de Noronha (GHERARDI e BOSENCE, 2005). Ele também integra a Cadeia de Fernando de Noronha, sendo composto por uma laguna central rasa e duas ilhas arenosas em seu interior. Foi a primeira Unidade de Conservação Marinha formada no Brasil (KIKUCHI, 1994). Sua constituição basal é predominantemente de algas calcárias e corais no topo de um monte submarino, e sua base encontra-se a 4000 m de profundidade no leito oceânico (KIKUCHI e LEÃO, 1997; GHERARDI e BOSENCE, 2005).

As três ilhas estudadas estão localizadas no Atlântico Equatorial (ARAÚJO e CINTRA, 2009) e sofrem influência da Corrente Sul Equatorial (CSE) e da Corrente Norte do Brasil (CNB) na superfície, e da Subcorrente Equatorial (SCE) na camada subsuperficial (PETERSON e STRAMMA, 1991). As principais correntes superficiais que apresentam características zonais e que fluem para oeste são a Corrente Sul Equatorial e a Corrente Norte Equatorial (ARAÚJO e CINTRA, 2009) (Figura 01).

Figura 1. Localização da área de estudo, compreendendo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas com suas principais correntes (CSE, CNB e SCE) (modificado de EDWARDS e LUBBOCK, 1983).



4.4.2 Metodologia de campo

As coletas foram realizadas a bordo do NHo Cruzeiro do Sul, da Marinha do Brasil, em julho e agosto de 2010. A direção da corrente predominante no entorno das ilhas foi definida através de um ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Com base nessa medição, foram determinados duas transecções para cada ilha. No ASPSP, a corrente predominante foi o ramo norte da corrente Sul Equatorial (nCSE), a qual influencia diretamente a transecção 1 (Leste) e indiretamente a transecção 2 (Oeste) (Figura 02). No AR a corrente predominante foi o ramo central da corrente Sul Equatorial (cCSE) influenciando diretamente a transecção 1 (Sudeste) e indiretamente a transecção 2 (Noroeste) (Figura 03). Já no AFN a corrente predominante foi a corrente Norte do Brasil (CNB) influenciando diretamente a transecção 1 (Nordeste) e indiretamente a transecção 2 (Sudoeste) (Figura 04). Cada transecção foi composta por três estações, onde foram realizados arrastos noturnos e diurnos na camada neustônica, com duração de 20 minutos, através de um catamarã (David-Hempel), equipado com duas redes (nêuston inferior de 0 – 7,5cm) e (nêuston superior de 7,5 – 22,5cm), com malha de 500 µm cada. As três estações foram denominadas de insulares (A e C) e oceânica (E) (Tabela 01). Para aferição do volume filtrado utilizou-se um fluxômetro acoplado a rede de plâncton do neuston inferior. As amostras coletadas foram transferidas para frascos plásticos e imediatamente fixadas a bordo em solução de formaldeído (4%), tamponado com tetraborato de sódio. Foram coletadas um total de 72 amostras, 24 para cada ilha.

Tabela 1. Distâncias em metros de cada estação (A e C - insulares e E - oceânica) para as ilhas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) em julho e agosto de 2010.

Ilhas	A (m)	C (m)	E (m)
ASPSP	900 - 2.000	2.000 - 5.000	5.100 - 7.000
AR	4.600 - 8.500	8.501 - 12.000	12.100 - 16.360
AFN	1.946 - 2.600	2.601 - 5.000	5.100 - 8.665

4.4.3 Metodologia de laboratório

As amostras foram triadas sob estereomicroscópio e as larvas do ictioneuston foram identificadas até o menor nível taxonômico possível, com o auxílio de microscópio, utilizando chaves especializadas como Richards (2006), Leis e Carson-Ewart (2002), Neira, Miskiwickz e Trnski (1998), Leis e Trnski (1989) e Okyama (1988), sendo confirmada a partir da caracterização morfológica, morfométrica e merística das espécies. Todo material biológico identificado foi depositado na Coleção de Plâncton do Museu Oceanográfico Petrônio Alves Coelho (MOUFPE).

O volume de água filtrado foi obtido através da seguinte equação: $V_{af} = a \cdot n \cdot c$, onde:

V_{af} = volume de água filtrado (m^3);

a = área da boca da rede;

n = número de rotações do fluxômetro; e

c = fator de calibração do fluxômetro.

4.4.4 Estrutura do ictioneuston das ilhas oceânicas

A densidade foi padronizada para $100m^3$ de água ($N/100m^3$) e foi obtida através da razão entre o número total de ovos e larvas de peixes obtidos em cada amostra (N) sobre o volume filtrado (V), na seguinte equação: $N/100 m^3 = (N/V) * 100$. A abundância relativa (%) foi obtida através da razão entre o número total de larvas de peixes de um determinado taxa de uma ilha (N_a) sobre o número total de larvas de peixes dessa ilha (NA), na seguinte equação: $Ar = (N_a * 100) / NA$. A frequência de ocorrência (%) foi obtida através da razão entre o número de amostras onde determinado taxa ocorreu (T_a) sobre o número total de amostras (TA), na seguinte equação: $Fo = (T_a * 100) / TA$. Para classificar a frequência de ocorrência dos taxa, foi utilizada a escala de Matteucci e Colma (1982), considerando: > 70 % muito freqüente; 70 – 40 % freqüente; 40 – 10 % pouco freqüente; < 10 % esporádico. A riqueza foi obtida através do número de taxa pelo IRM (MARGALEF, 1958), que foi estimado pela fórmula: $R = (S - 1) / \log N$. Onde: S é o número de taxa presente na amostra e N é o número de indivíduos na amostra (abundância). O índice de diversidade específica (H) foi calculado segundo Shannon (1948). Os resultados foram expressos em bits/org, considerando-se que 1 bit equivale a uma unidade de informação (VALENTIN et al.,

1991), cujos valores podem ser enquadrados nas seguintes categorias: alta diversidade (> 3 bits/org), média diversidade (3 – 2 bits/org), baixa diversidade (2 - 1 bits/org) e muito baixa diversidade (< 1 bits/org). A equitabilidade (E) foi calculada segundo Pielou (1977), apresentando valores entre 0 e 1, sendo considerados elevados ou equitativos os valores superiores a 0,5.

Figura 2. a) Transecções (1 - Leste e 2 - Oeste) do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em julho e agosto de 2010. (Figura a, adaptada de Lira, 2013). b) Mapa ilustrativo das ilhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. (Figura b adaptada de Melo *et al.*, 2012).

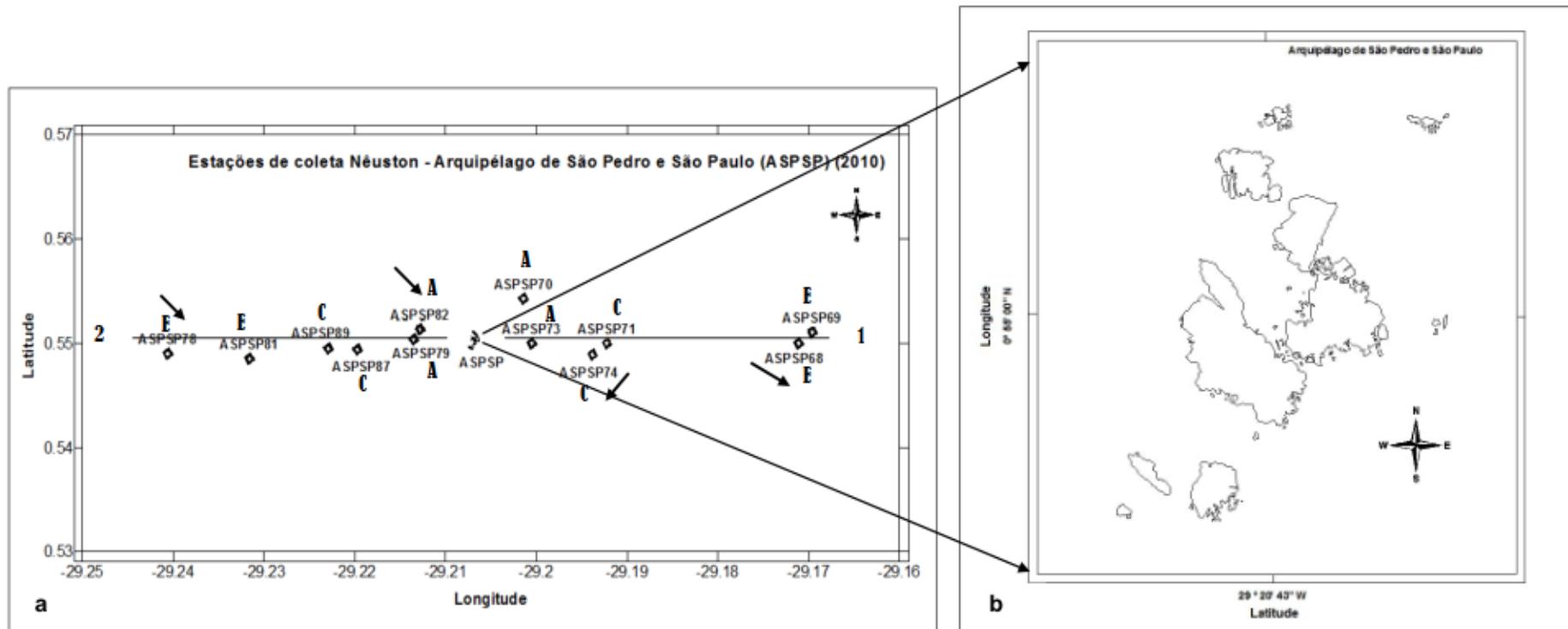


Figura 3. Transecções (1 - Sudeste e 2 - Noroeste) do Atol das Rocas, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em julho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).

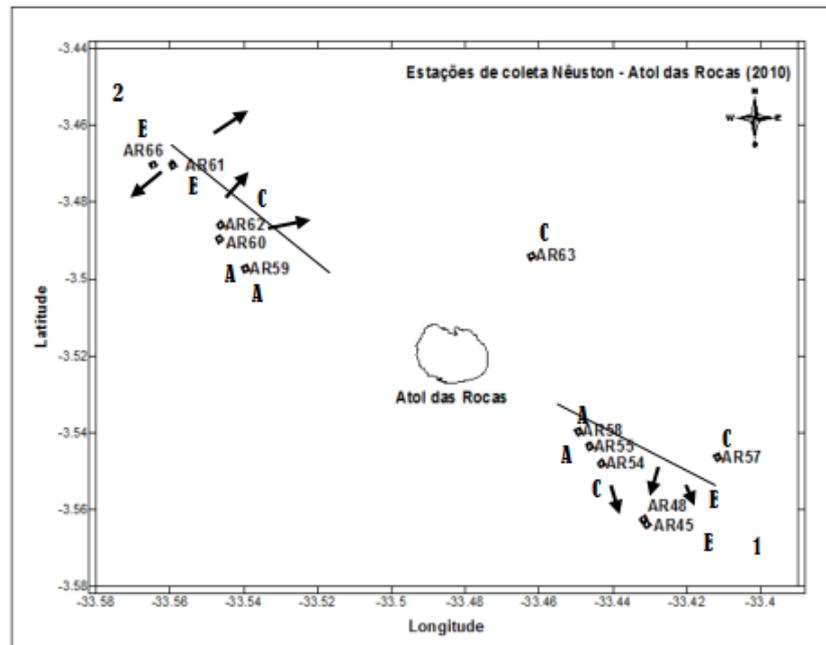
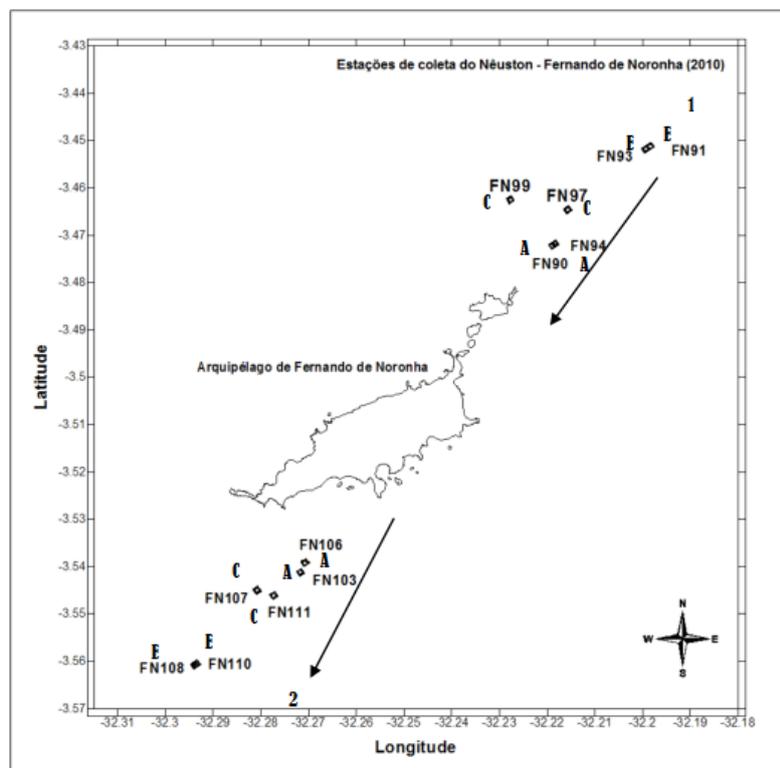


Figura 4. Transecções (1 - Nordeste e 2 - Sudoeste) do Arquipélago de Fernando de Noronha, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em julho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).



4.4.5 *Estatística Inferencial*

Para verificar diferenças na densidade de ovos e larvas de peixes no neuston (superior e inferior) e nos turnos (diurno e noturno) para cada área foi realizado uma análise de Mann Whitney. Essa análise foi realizada através do aplicativo BioEstat 5.0.

Para fazer a comparação dos valores de densidade de ovos e larvas de peixes do neuston (superior e inferior) entre as três áreas e as diferentes distâncias (A, C e E) e entre as áreas e as diferentes transecções (1 e 2), foi empregada a análise de variância com dois fatores ($p < 0,05$), após análise de normalidade dos dados (Teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (Teste de Levene). Os valores de densidade foram transformados por $(\text{Log } x + 1)$ e o pós teste utilizado foi Teste de Scheffe, quando houve diferença significativa. Essas análises de variância foram realizadas através do aplicativo Statistica (StatSoft 7.0).

4.5 Resultados

4.5.1 *Densidade e composição taxonômica do ictioneuston*

O presente estudo capturou no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) 22 larvas e 98 ovos, no Atol das Rocas (AR) 34 larvas e 136 ovos e no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) 74 larvas e 2793 ovos, totalizando nas três áreas 131 larvas e 3027 ovos. O Arquipélago de Fernando de Noronha foi apresentou as maiores densidades de ovos e larvas na camada neustônica.

No ASPSP, a transecção Leste apresentou maior densidade de ovos e larvas na estação oceânica, enquanto que na transecção Oeste essas densidades foram maiores na estação insular (A) (Figura 05). Apesar dos valores mais elevados de densidade terem sido observados no neuston superior durante o período noturno, não se encontrou diferença significativa na densidade de ovos e larvas de peixes em relação à camada do neuston e ao turno (Teste de Mann Whitney, $p > 0,05$).

No AR, os maiores valores de densidade de larvas e ovos foram registrados nas estações insulares (A e C) das duas transecções (Sudeste e Noroeste), no neuston superior, durante o período noturno (Figura 06).. Porém, também não foi observada diferença significativa na densidade de ovos e larvas quanto ao neuston e ao turno (Teste de Mann Whitney, $p > 0,05$).

No Arquipélago de Fernando de Noronha para as duas transecções (Nordeste e Sudoeste) foi encontrada uma tendência ao aumento da densidade de larvas e de ovos em direção as estações oceânicas, principalmente no neuston superior, apesar de não ter ocorrido diferença significativa (Figura 07). O período noturno foi, no entanto, significativamente mais denso em relação a ovos (Mann-Whitney, $p = 0,036$) e larvas (Mann-Whitney, $p = 0,018$) de peixes (Figura 08).

Com base na análise de variância com dois fatores, as diferentes distâncias (A, C e E) não apresentaram diferença significativa da densidade de ovos e larvas para as três áreas. Porém, a densidade larvar no período noturno apresentou diferença significativa em relação às áreas (ANOVA, $p=0,01$), mostrando que o ASPSP se diferencia do AFN, onde uma maior concentração de larvas foi encontrada nesse turno.

Foi encontrada diferença significativa nas densidades de ovos (ANOVA, $p=0,0009$) e larvas (ANOVA, $p=0,003$) de peixes em relação às diferentes transecções durante o período noturno, ficando evidenciado que as densidades de ovos foram significativamente mais elevadas nas estações mais abrigadas, transecção 2, de todas as áreas, enquanto que as densidades de larvas foram significativamente mais elevadas nas estações do lado das ilhas sob a influência direta das correntes, transecção 1. Com relação a densidade de ovos e larvas do neuston inferior também ocorreu diferença significativa entre as transecções, (ANOVA, $p=0,0002$ e ANOVA, $p=0,039$, respectivamente), mostrando a mesma relação do neuston superior, em que houve uma maior densidade de ovos na transecção 2 de todas as áreas e uma maior densidade de larvas na transecção um de todas as áreas também.

Com as análises de variância ficou evidenciado que as três áreas são diferentes entre si em relação às densidades de ovos (ANOVA, $p=0,034$) e larvas (ANOVA, $p=0,0001$) do neuston superior e a densidade de ovos (ANOVA, $p=0,0002$) do neuston inferior. Dentre as três áreas estudadas, o Arquipélago de Fernando de Noronha é a área que apresenta as maiores concentrações do ictioneuston.

Figura 5. Valores de densidade de larvas e ovos / 100m^3 no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite em julho e agosto de 2010.

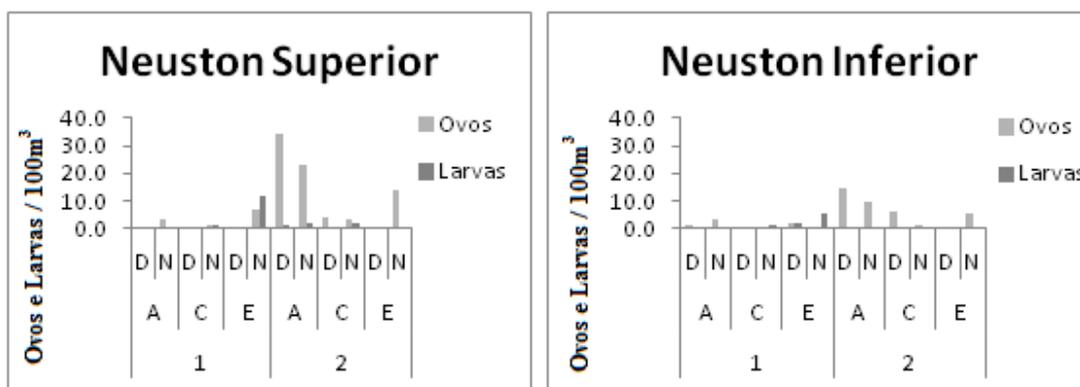
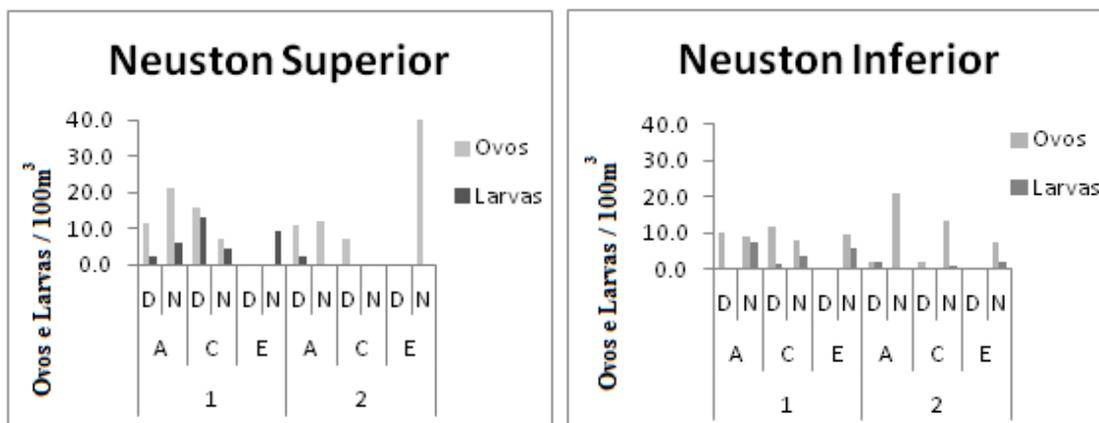


Figura 6. Valores de densidade de larvas e ovos / 100m^3 no Atol das Rocas (AR), nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite em julho e agosto de 2010.



Nas três áreas foram capturadas 131 larvas de peixes com 5,3% ($n=7$) não identificadas (NID) e 9,9% ($n=13$) danificadas (DANI). As larvas de peixes identificadas estão representadas por 32 *taxa* representados por 12 ordens, 16 famílias, 23 gêneros e 28 espécies (Tabela 02). As famílias que representaram o neuston superior das áreas oceânicas foram Myctophidae, Exocoetidae, Bothidae, Holocentridae, Gobiidae, Synodontidae, Engraulidae, Gonostomatidae, Dactylopteridae, Nomeidae, Scombridae, Trachipteridae. Já no neuston inferior foram Myctophidae, Radiicephalidae, Holocentridae, Gobiidae, Scombridae, Gonostomatidae, Blennidae, Gempylidae e Bregmacerotidae. A família Myctophidae foi comum nas duas camadas neustônicas de cada área. Scombridae e Gonostomatidae ocorreram no neuston inferior do Arquipélago de Fernando de Noronha e do Atol das Rocas. De uma forma geral, as famílias que ocorreram em sua maioria apresentam importância ecológica, porém também vale ressaltar o alto valor comercial dos exemplares da família Scombridae.

Figura 7. Valores de densidade de larvas e ovos / 100m^3 no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite em julho e agosto de 2010.

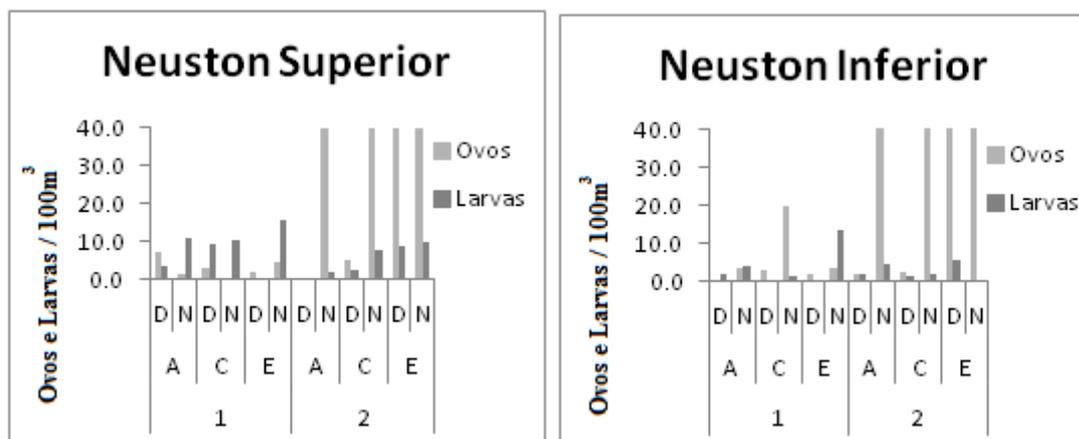
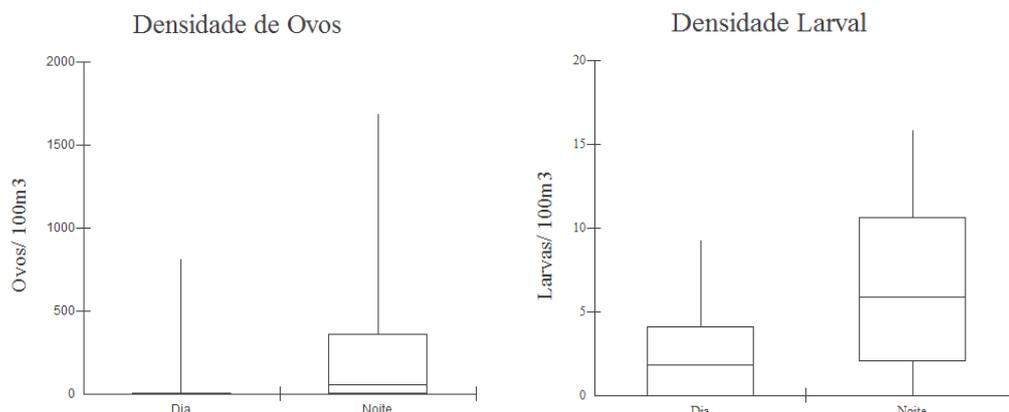


Figura 8. Valores de densidade de larvas e ovos no AR, nos transectos Leste e Oeste, durante o dia e a noite.



Somente a espécie *Ceratoscopelus warmingii* (Lütken, 1892) foi comum às três áreas oceânicas. As espécies *C. maderensis* (Lowe, 1839) e *C. warmingii* ocorreram no ASPSP e no AR, enquanto as espécies *Lampanyctus nobilis* (Tâning, 1928) e *C. warmingii* ocorreram no ASPSP e no AFN. O AFN e o AR apresentaram maior número de espécies em comum, tendo sido registradas *Cyclothone alba* (Brauer, 1906), *Diaphus mollis* (Tâning, 1928), *Lepidophanes guentheri* (Goode e Bean, 1896) e *C. warmingii*. No geral as áreas apresentaram assembleias diferentes umas das outras.

No ASPSP, a estação oceânica da transecção Leste agregou um maior número de espécies em ambas as camadas. A espécie *Lampanyctus nobilis*, pertencente à família Myctophidae, contribuiu com os valores de densidades mais elevados. A maioria das espécies no ASPSP ocorreu durante a noite. Na transecção Oeste a maior densidade larvar ocorreu nas estações insulares (A e C), e esse fato se deu principalmente devido a densidade da espécie *Oxyporhamphus micropterus*, a qual ocorreu apenas durante o período noturno nas duas transecções. O gênero *Ceratoscopelus* ocorreu durante o período diurno e noturno, com as espécies *Ceratoscopelus maderensis* e *C. warmingii*. *O. micropterus* e *Bothus ocellatus* foram as únicas espécies que só ocorreram no neuston superior, enquanto que o exemplar de Radiicephalidae somente ocorreu no neuston inferior (Tabela 03).

No Atol das Rocas em geral a transecção Sudeste apresentou um maior número de espécies, sendo a espécie mais representativa *Lepidophanes guentheri* da família Myctophidae, a qual apresentou boa distribuição, ocorrendo nas diferentes distâncias em relação à ilha e em ambos os períodos. A transecção Noroeste apresentou baixa densidade larvar, tendo sido registrado no neuston superior a espécie *Diaphus mollis* e no neuston inferior as espécies *Ceratoscopelus warmingii* e *Euthynnus alletteratus*. O gênero *Ceratoscopelus* apenas ocorreu durante o período noturno com as espécies *Ceratoscopelus warmingii* e *C. maderensis*. A espécie *Sargocentron bullisi* ocorreu apenas na transecção Sudeste, durante o dia na estação (C). *Lepidophanes guentheri*, *Diaphus mollis* e *Sargocentron bullisi* foram as únicas espécies que ocorreram no neuston superior e inferior (Tabela 04).

Tabela 2. Lista taxonômica das larvas de peixes coletadas nas Ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e Atol das Rocas (AR) em julho e agosto de 2010, listados em ordem filogenética, segundo Nelson (2006), com respectiva camada de ocorrência (NS – Neuston Superior; NI – Neuston Inferior); N- noturno; D - diurno.

ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	ASPSP	AR	AFN	CAMADA
Clupeiformes						
	Engraulidae				X	NS
Stomiiformes						
	Gonostomatidae					
		<i>Cyclothone braueri</i> Jepsen e Tâning, 1926			X	NS
		<i>Cyclothone alba</i> Brauer, 1906		X	X	NS;NI
Aulopiformes						
	Synodontidae					
		<i>Trachinocephalus myops</i> Bloch e Schneider, 1801		X		NS
Myctophiformes						
	Myctophidae					
		<i>Diogenichthys atlanticus</i> Tâning, 1928			X	NS
		<i>Myctophum nitidulum</i> Garman, 1899			X	NI
		<i>Ceratoscopelus maderensis</i> Lowe, 1839	X	X		NS;NI
		<i>Ceratoscopelus warmingii</i> Lütken, 1892	X	X	X	NS;NI
		<i>Diaphus sp.</i>			X	NS;NI
		<i>Diaphus mollis</i> Tâning, 1928		X	X	NS;NI
		<i>Diaphus brachycephalus</i> Tâning, 1928		X		NS
		<i>Lampadena luminosa</i> Garman, 1899	X			NS;NI
		<i>Lampanyctus sp.</i>			X	NS
		<i>Lampanyctus nobilis</i> Tâning, 1928	X		X	NS;NI
		<i>Lampanyctus tenuiformis</i> Brauer, 1906			X	NS;NI
		<i>Lepidophanes gaussi</i> Brauer, 1906			X	NS
		<i>Lepidophanes guentheri</i> Goode e Bean, 1896		X	X	NS;NI

		<i>Taaningichthys minimus</i> Tâning, 1928	X	NS
Lampridiformes	Radiicephalidae		X	NI
Lampriformes	Trachipteridae			
		<i>Zu cristatus</i> Bonelli, 1819		X NS
Gadiformes	Bregmacerotidae			
		<i>Bregmaceros atlanticus</i> Goode e Bean, 1886		X NI
Beloniformes	Exocoetidae			
		<i>Oxyporhamphus micropterus</i> Valenciennes in Cuvier e Valenciennes, 1847	X	NS
	Hemiramphidae			
		<i>Oxyporhamphus micropterus similis</i> Bruun, 1935		X NS
Beryciformes	Holocentridae			
		<i>Sargocentron bullisi</i> Woods, 1955	X	NS;NI
Scorpaeniformes	Dactylopteridae			
		<i>Dactylopterus volitans</i> Linnaeus, 1758		X NS
Perciformes	Blennidae			
		<i>Hyleurochilus multifilis</i> Girard, 1858		X NI
	Gobiidae			
		<i>Ctenogobius boleosoma</i> Jordan e Gilbert, 1882	X	NS;NI
	Gempylidae			
		<i>Gempylus serpens</i> Cuvier, 1829		X NI
	Scombridae			

		<i>Katsuwonus pelamis</i> Linnaeus, 1758		X	NS;NI
		<i>Euthynnus alletteratus</i> Rafinesque, 1810	X		NI
	Nomeidae				
		<i>Cubiceps pauciradiatus</i> Günther, 1872		X	NS
	Pleuronectiformes				
	Bothidae				
		<i>Bothus ocellatus</i> Agassiz in Spix e Agassiz, 1831	X		NS
	NÃO IDENTIFICADOS (NID)		X	X	X
	DANIFICADOS (DANI)		X	X	X

No Arquipélago de Fernando de Noronha a transecção que registrou o maior número de espécies foi o Nordeste. No neuston superior a espécie que mais contribuiu com os valores de densidades foi *Ceratoscopelus warmingii*, enquanto que no neuston inferior foi *Lepidophanes guentheri*, ambas pertencentes à família Myctophidae. Em geral, no Arquipélago de Fernando de Noronha as espécies foram mais representativas no período noturno. O gênero *Lampanyctus* com as espécies *L. nobilis* e *L. tenuiformis* ocorreram apenas durante o período noturno, na estação insular (A). O gênero *Cyclothone*, com as espécies *C. alba* e *C. braueri* também só ocorreram no período noturno. As espécies que somente ocorreram durante o período diurno foram *Gempylus serpens*, *Hyleurochilus multifilis*, *Cubiceps pauciradiatus*, *Zu cristatus* e *Dactylopterus volitans*. Em geral, o neuston superior apresentou maior número de espécies do que o neuston inferior na transecção Sudoeste (Tabela 05).

Com relação as diferentes distâncias no Arquipélago de São Pedro e São Paulo *Oxyporhamphus micropterus* e *Ceratoscopelus warmingii* ocorreram na estação insular (A), as espécies *Lampadena luminosa* e *Oxyporhamphus micropterus* ocorreram na estação insular (C) e as espécies *C. maderensis*, *C. warmingii*, *L. luminosa*, *Lampanyctus nobilis*, *Bothus ocellatus* e Radiicephalidae ocorreram na estação oceânica (E).

Já no Atol das Rocas as espécies que ocorreram na estação insular (A) foram *Lepidophanes guentheri*, *C. maderensis* e *Diaphus mollis*. Enquanto que na estação insular (C) foram *L. guentheri*, *Diaphus brachycephalus*, *Taaningichthys minimus*, *Sargocentron bullisi*, *C. warmingii*, *Cyclothone alba* e *Euthynnus alletteratus*. Na estação oceânica foram *L. guentheri*, *C. warmingii*, *D. mollis*, *Ctenogobius boleosoma* e *Trachinocephalus myops*.

No Arquipélago de Fernando de Noronha as espécies que ocorreram na estação insular (A) foram *C. warmingii*, *Gempylus serpens*, *L. guentheri*, *D. mollis*, *L. nobilis*, *Lampanyctus sp.*, *Oxyporhamphus micropterus similis*, *Hyleurochilus multifilis* e *Diaphus sp.* Já na estação insular (C) as espécies foram *C. warmingii*, *Dactylopterus volitans*, *Cubiceps pauciradiatus*, *Zu cristatus*, *L. guentheri*, *Diaphus sp.*, *K. pelamis*, *L. gaussi*, *Lampanyctus tenuiformis*, *Myctophum nitidilum* e *Cyclothone braueri*. Na estação oceânica (E) as espécies foram *L. guentheri*, *Diaphus sp.*, *C. warmingii*, *C. alba*, *K. pelamis* e *L. gaussi*.

Tabela 4. Densidade das espécies por 100m³ que ocorreram no neuston inferior e no neuston superior das estações estudadas no Atol das Rocas, em junho e agosto de 2010. 1 – Transecto 1; 2 – Transecto 2; A e C – Estações insulares; E – Estação oceânica; NS – neuston superior; NI – neuston inferior; DANI – danificado; NID – não identificado; N- noturno; D - diurno.

Espécie	1 A D		1 A N		1 C D		1 C N		1 E N		2 A D		2 C N		2 E N	
	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI
Myctophidae																
<i>Lepidophanes guentheri</i>	2.3	0.0	3.0	0.0	0.0	10.5	2.3	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ceratoscopelus warmingii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
<i>Diaphus brachycephalus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Diaphus mollis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	2.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Taaningichthys minimus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Holocentridae																
<i>Sargocentron bullisi</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gobiidae																
<i>Ctenogobius boleosoma</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gonostomatidae																
<i>Cyclothone alba</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Synodontidae																
<i>Trachinocephalus myops</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Scombridae																
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0
NID	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	1.5
DANI	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabela 5. Densidade das espécies por 100m³ que ocorreram no neuston inferior e no neuston superior das estações estudadas no Arquipélago de Fernando de Noronha, em junho e agosto de 2010. 1 – Transecto 1; 2 – Transecto 2; A e C – Estações insulares; E – Estação oceânica; NS – neuston superior; NI – neuston inferior; DANI – danificado; NID – não identificado; N- noturno; D - diurno.

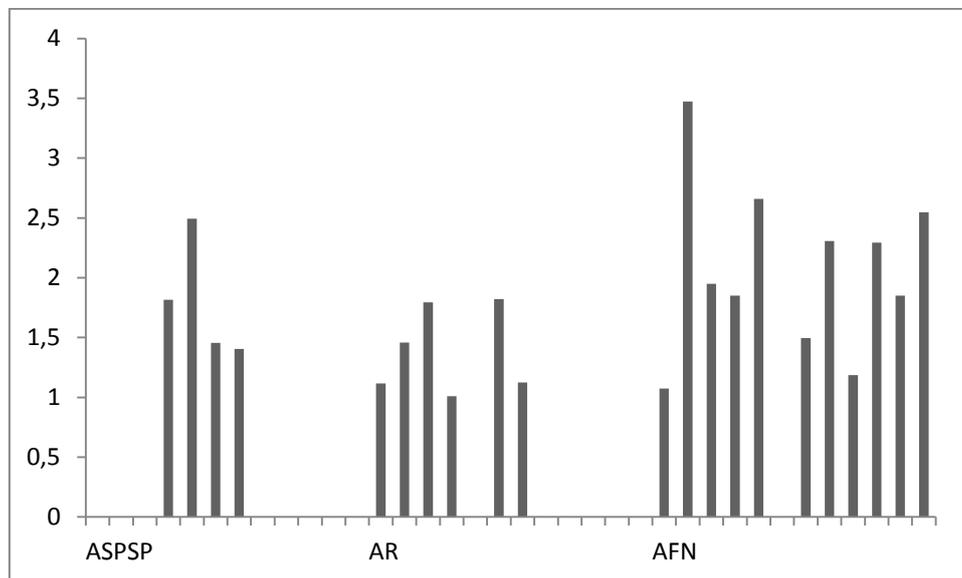
Espécie	1 A D		1 A N		1 C D		1 C N		1 E N		2 A D		2 A N		2 C D		2 C N		2 E D		2 E N			
	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI	NS	NI		
Myctophidae																								
<i>Lepidophanes gaussi</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0
<i>Lepidophanes guentheri</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	0.0	2.1	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0
<i>Diaphus sp.</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
<i>Diaphus mollis</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lampanyctus tenuiformis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lampanyctus nobilis</i>	0.0	0.0	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Lampanyctus sp.</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Diogenichthys atlanticus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Myctophum nitidulum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ceratospopelus warmingii</i>	3.6	0.0	3.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	4.4	2.2	2.0	0.0	0.0
Blennidae																								
<i>Hypoleurochilus multifilis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bregmacerotidae																								
<i>Bregmaceros atlanticus</i>	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dactylopteridae																								
<i>Dactylopterus volitans</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gempylidae																								
<i>Gempylus serpens</i>	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gonostomatidae																								
<i>Cyclothone braueri</i>	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<i>Cyclothone alba</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
Hemiramphidae																							
<i>Oxyporhamphus micropterus similis</i>	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nomeidae																							
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Scombridae																							
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
Trachipteridae																							
<i>Zu cristatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Engraulidae										2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
NID	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
DANI	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.1	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0

4.5.2 Riqueza de Margalef

Os valores do Índice de Riqueza de Margalef (IRM) para as ilhas oceânicas foram maiores durante o período noturno. No ASPSP variou de 0 a 2,4 apresentando uma maior riqueza na estação oceânica da transecção Leste. No AR os valores variaram de 0 a 1,8, apresentando maior riqueza também na estação oceânica da transecção Sudeste. No AFN os valores variaram de 1,07 a 3,47, apresentando maior riqueza na estação insular da transecção Nordeste (Figura 09).

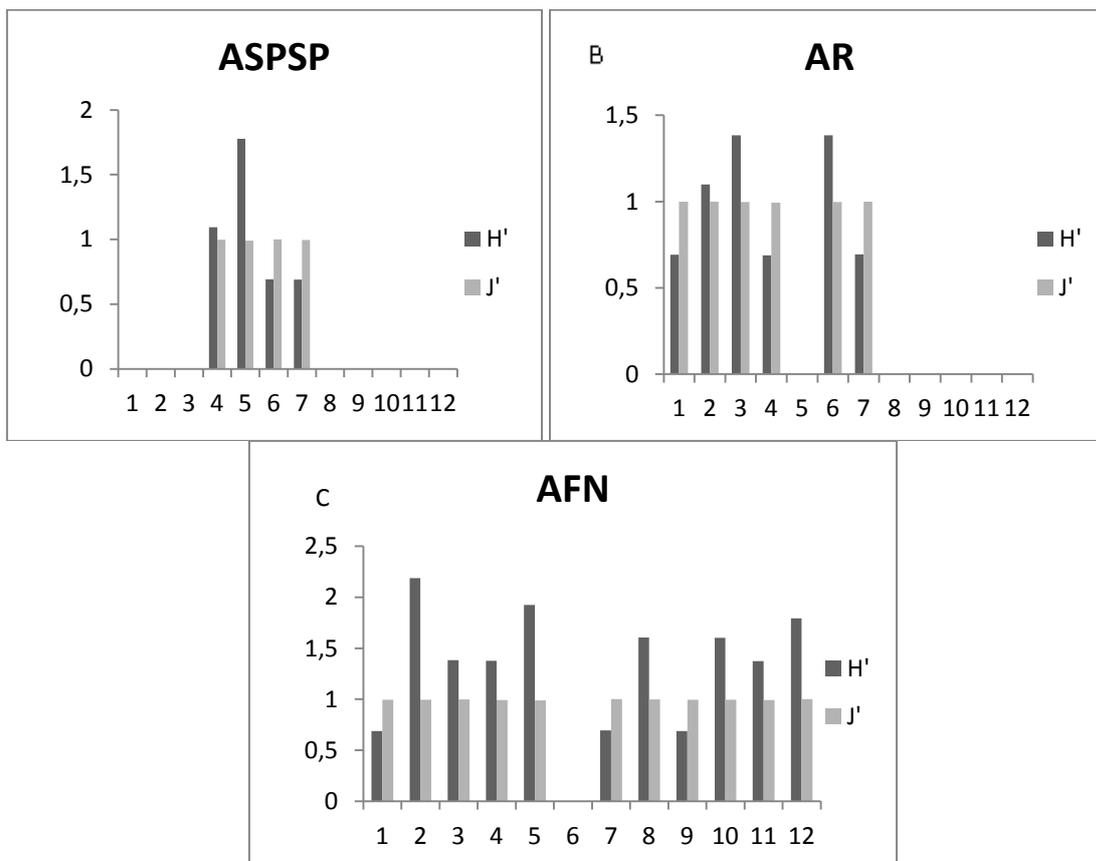
Figura 9. Valores do Índice de riqueza de Margalef (d) das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) em julho e agosto de 2010.



4.5.3 Equitatividade e Diversidade

No geral, os valores para equitatividade foram considerados altos para as ilhas oceânicas. O ASPSP apresentou valores de diversidade que variaram de 0 a 1,7 bits/org e o AR apresentou valores de diversidade de 0 a 1,38 bits/org. Os valores de diversidade encontrados nessas áreas foram considerados de muito baixa a baixa diversidade. Já no AFN os valores variaram de 0,7 a 2,2 bits/org, sendo considerada de média a muito baixa diversidade (Figura 10).

Figura 10. Equitatividade e diversidade das ilhas oceânicas: A) Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), B) Atol das Rocas (AR) e C) Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.



4.5.4 Abundância relativa percentual e Frequência de ocorrência percentual

No ASPSP, os ovos e as larvas do neuston superior distribuíram-se em 67 e 42% da área estudada, enquanto que no neuston inferior ocorreu uma maior distribuição com relação aos ovos, ocorrendo em 83% da área estudada, enquanto que as larvas ocorreram apenas em 33%. No AR ovos e larvas no neuston superior distribuíram-se em 67 e 50% da área estudada, respectivamente. Também ocorreu uma maior distribuição dos ovos no neuston inferior representando 83% da área estudada e as larvas distribuíram-se em 58%. Já no AFN, os ovos e as larvas apresentaram a mesma distribuição no neuston superior e inferior, sendo de 83 e 75%, respectivamente.

A família que apresentou maior frequência de ocorrência foi a família Myctophidae, com 17, 50, e 83% no neuston superior e 25, 42 e 58% no neuston inferior para ASPSP, AR e AFN, respectivamente. Além disso, as espécies mais abundantes em cada ilha, *Lampanyctus nobilis* (27,3% no ASPSP), *Lepidophanes guentheri* (25,7% no AR e AFN), pertencem a essa família. *L. guentheri* e *Ceratoscopelus warmingii* foram as espécies mais abundantes e mais ocorrentes no Atol das Rocas e no Arquipélago de Fernando de Noronha, enquanto que a espécie com uma maior frequência de ocorrência no ASPSP foi *Ceratoscopelus maderensis* da família Myctophidae e *Oxyporhamphus micropterus* da Exocoetidae, com 12,5% cada (Tabela 06). No Arquipélago de Fernando de Noronha também foi registrado a ocorrência de

espécies de alto valor comercial como a *Katsuwonus pelamis*, pertencente a família Scombridae, que registrou baixa abundância mas foi bastante frequente nesse sistema insular.

De acordo com a classificação de Matteucci e Colma (1982), quanto à frequência de ocorrência, no geral as espécies foram consideradas de esporádicas a pouco frequentes.

Tabela 6. Abundância (n), abundância relativa percentual (AR) e frequência de ocorrência percentual (FO) dos taxa formadores da assembleia de larvas de peixes coletados nas ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.

Taxa	AR (%)						FO (%)		
	n	ASPSP	n	AR	n	AFN	ASPSP	AR	AFN
Engraulidae	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	8.3
<i>Cyclothone braueri</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Cyclothone alba</i>	0	0.0	1	2.9	3.0	4.1	0.0	4.2	12.5
<i>Trachinocephalus myops</i>	0	0.0	1	2.9	0	0.0	0.0	4.2	0.0
<i>Diogenichthys atlanticus</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Myctophum nitidulum</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	4	18.2	1	2.9	0	0.0	12.5	4.2	0.0
<i>Ceratoscopelus warmingii</i>	2	9.1	5	14.3	16	21.6	8.3	12.5	33.3
<i>Diaphus sp.</i>	0	0.0	0	0.0	4	5.4	0.0	0.0	16.7
<i>Diaphus mollis</i>	0	0.0	2	5.7	1	1.4	0.0	8.3	4.2
<i>Dipahus brachycephalus</i>	0	0.0	1	2.9	0	0.0	0.0	4.2	0.0
<i>Lampadena luminosa</i>	2	9.1	0	0.0	0	0.0	8.3	0.0	0.0
<i>Lampanyctus sp.</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Lampanyctus nobilis</i>	6	27.3	0	0.0	3	4.1	8.3	0.0	8.3
<i>Lampanyctus tenuiformis</i>	0	0.0	0	0.0	2	2.7	0.0	0.0	8.3
<i>Lepidophanes gaussi</i>	0	0.0	0	0.0	2	2.7	0.0	0.0	8.3
<i>Lepidophanes guentheri</i>	0	0.0	9	25.7	17	23.0	0.0	20.8	25.0
<i>Taaningichthys minimus</i>	0	0.0	1	2.9	0	0.0	0.0	4.2	0.0
Radiicephalidae	1	4.5	0	0.0	0	0.0	4.2	0.0	0.0
<i>Zu cristatus</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Bregmaceros atlanticus</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Oxyporhamphus micropterus</i>	3	13.6	0	0.0	0	0.0	12.5	0.0	0.0
<i>Oxyporhamphus micropterus similis</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Sargocentron bullisi</i>	0	0.0	3	8.6	0	0.0	0.0	8.3	0.0
<i>Dactylopterus volitans</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Hypoleurochilus multifilis</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Ctenogobius boleosoma</i>	0	0.0	2	5.7	0	0.0	0.0	8.3	0.0
<i>Gempylus serpens</i>	0	0.0	0	0.0	1	1.4	0.0	0.0	4.2
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0	0.0	0	0.0	4	5.4	0.0	0.0	12.5
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0	0.0	1	2.9	0	0.0	0.0	4.2	0.0
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	0	0.0	0	0.0	2	2.7	0.0	0.0	4.2
<i>Bothus ocellatus</i>	1	4.5	0	0.0	0	0.0	4.2	0.0	0.0
NÃO IDENTIFICADOS (NID)	2	9.1	3	8.6	2	2.7	8.3	12.5	8.3

DANIFICADOS (DANI)	1.0	4.5	5.0	14.3	7.0	9.5	4.2	20.8	25.0
TOTAL	22	100	35	100	74	100			

4.6 Discussão

A área da região Nordeste que compreende a Cadeia Norte do Brasil, as ilhas oceânicas e a costa são caracterizadas como sítios de desova e de crescimento de larvas de peixes, apresentando elevadas concentrações de ictioplâncton, principalmente na Cadeia Norte do Brasil, no Arquipélago de Fernando de Noronha e nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (BEZERRA JR., 1999). Apesar das ilhas oceânicas serem conhecidas como regiões de elevada concentração de larvas de peixes, no presente estudo, foram encontrados baixos valores de densidade e abundância para as ilhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha. Uma possível explicação é que as grandes dificuldades existentes no ambiente neustônico, tais como a alta incidência de raios ultravioletas, forte competição e intensa predação, diminuem a sobrevivência das larvas (MOSER e SMITH, 1993), fazendo com que a quantidade de taxa adaptada seja menor (BEZERRA JR., 1999). Baixas densidades, abundâncias e biomassa de larvas e ovos de peixes em regiões oceânicas já foram observadas por outros autores (EKAU *et al.*, 1999; LESSA *et al.*, 1999; SILVEIRA, 2003; SCHWAMBORN *et al.*, 1999; JOHN, 1984; EKAU, 1999; CASTRO e LANDAETA, 2002). Esse padrão é bastante distinto em relação ao que se observa nas regiões costeiras e de plataforma (NEUMANN-LEITÃO *et al.*, 1999; EKAU *et al.*, 1999; SCHWAMBORN *et al.*, 1999; EKAU, 1999).

As áreas neríticas das ilhas oceânicas são zonas de desova para peixes insulares e peixes pelágicos oceânicos (BOEHLERT e MUNDY, 1994). O Arquipélago de Fernando de Noronha se destacou como a área que apresentou os valores mais elevados de densidade, abundância, riqueza e diversidade, enquanto que no Arquipélago de São Pedro e São Paulo foi encontrado os valores mais baixos. Isso pode estar relacionado com o fato do arquipélago de Fernando de Noronha receber aporte nerítico e oceânico de larvas de peixes, sendo também caracterizado por um elevado número de taxa (LESSA *et al.*, 1999). Outros autores já observaram elevados valores de abundância na área do entorno do arquipélago de Fernando de Noronha (LIRA, 2013). Contudo, esse é um padrão que difere do encontrado por Lessa *et al.* (1999), no qual foram registradas abundâncias larvares mais elevadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

De forma geral, as ilhas oceânicas apresentaram um padrão de distribuição do ictioneuston muito próximo entre si, no qual os valores mais elevados de densidade foram registrados no neuston superior durante o período noturno. Esse mesmo padrão já foi observado por outros autores em diferentes ilhas oceânicas, como as ilhas de Pascua, e Salas y Gómez, onde se encontrou densidades mais elevadas de ovos de peixes (CASTRO e LANDAETA, 2002), e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Cadeia de Fernando de Noronha (LESSA *et al.*, 1999). Esses últimos autores sugerem como explicação uma variação nictemeral do ictioneuston. Além disso, essa preferência pelo período noturno também pode estar relacionada com a evitabilidade da rede em

períodos de maior intensidade luminosa, ao hábito alimentar e ao refúgio contra predadores (ROZAS e ODUM, 1987).

As espécies que foram observadas com frequência de ocorrência mais elevada nas ilhas oceânicas estudadas, como *Lampadena luminosa*, *Ceratoscopelus warmingii*, *C. maderensis*, *Lampanyctus nobilis*, *Lepidophanes guentheri* e *Diaphus mollis*, todas pertencentes à família Myctophidae, estiveram bastante concentradas durante o período noturno. Isso pode estar relacionado com uma característica das larvas dessa família, na qual as larvas tendem a seguir o hábito alimentar dos indivíduos adultos, resultando no acompanhamento da migração vertical dos organismos zooplânctônicos de sua preferência alimentar (GARTNER *et al.*, 1987). Além disso, durante o período noturno existe menor disponibilidade de luz, conferindo certo grau de proteção contra predadores visuais (MEHNER e KASPRZAK, 2011). A menor captura dessas larvas durante o período diurno pode estar associada a visão escotópica (BOZZANO *et al.*, 2007) característica dessa família, e que influencia na capacidade de evitabilidade da rede em períodos de maior luminosidade. Esse padrão já foi observado por outros autores, os quais levantaram explicações de mesma natureza. No monte submarino Cobb, como exemplo, a abundância total do peixe lanterna, dotado de visão escotópica, foi significativamente maior durante o período noturno (DOWER e PERRY, 2001).

Sabe-se que a maioria das espécies mesopelágicas realiza migração vertical, se alimentando durante o período noturno (SALVANES e KRISTOFFERSEN, 2001). Contudo, foi observado um padrão diferenciado para a espécie mesopelágica *Gempylus serpens*, família Gempylidae. Essa espécie foi observada na camada neustônica durante o período diurno, padrão oposto ao observado por Mafalda Jr. *et al.* (2009), que observaram essa família durante o período noturno, indicando o comportamento típico de migração vertical para alimentação durante esse período.

As ilhas também apresentaram uma distribuição muito parecida do ictioneuston com relação as diferentes transecções com relação à direção da corrente predominante, e também um padrão próximo de distribuição das espécies que dependem de estar próximas dessas feições para reprodução. Em todas as ilhas a maior concentração de larvas se deu no lado que sofre uma maior influência da corrente (Transecção 1) e a maior concentração de ovos se deu no lado mais abrigado da ilha (Transecção 2). Geralmente, os valores mais elevados de densidade larval em bancos e ilhas oceânicas ocorrem à jusante da corrente, ou seja, na parte mais abrigada, devido à relação corrente-topografia que promove o enriquecimento das águas superficiais e concentra um alto número de larvas em pequenas áreas, nas adjacências dessas feições, conhecidas como “manchas” (STRETTA, 1991), que ficam protegidas da corrente incidente por estar em um local onde a velocidade do fluxo é menor (BOEHLERT *et al.*, 1992). No Arquipélago de São Pedro e São Paulo, as maiores abundâncias ocorrem também no lado oeste, lado que sofre menor influência da corrente predominante (LESSA *et al.*, 1999; BEZERRA, 1999).

Exemplares de *Oxyporhamphus micropterus*, família Exocoetidae, foram encontrados no lado mais abrigado (transecção 2) e nas estações insulares do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, enquanto que nas mesmas condições se encontrou *Euthynnus alletteratus* no Atol das Rocas, e *Katsuwonus pelamis* no

Arquipélago de Fernando de Noronha, ambas as espécies pertencem à família Scombridae. Essas famílias possuem o hábito de se agregar ao redor de ilhas oceânicas e montes submarinos a fim de se reproduzir e desovar (BOEHLERT e MUNDY, 1994; HUNTE *et al.*, 1995). A família Exocoetidae depende dos rochedos das ilhas oceânicas para garantir sua reprodução, uma vez que seus ovos aderem-se nessas estruturas (LESSA *et al.*, 1999). A espécie de peixe voador *C. cyanopterus* ocorre em abundância ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na época reprodutiva (LESSA *et al.*, 1999), coincidindo com o a concentração do scombrídeo *Thunnus albacares* (MONTEIRO *et al.*, 1995). A espécie *K. pelamis* também já foi encontrada ao redor de ilhas oceânicas (PINTO *et al.*, 2002). O conjunto de fatores topográficos, hidrográficos e atividade reprodutiva de indivíduos adultos podem condicionar a dispersão larval, definindo assim um padrão de distribuição das larvas de peixes (NONAKA *et al.*, 2000).

Uma maior concentração de ovos no lado abrigado da ilha (transecção 2) pode estar indicando uma área de desova, uma vez que as poucas larvas presentes nesse lado são de espécies que desovam em áreas mais abrigadas e mais próximas dessas feições. Além disso, famílias presentes em ilhas oceânicas, tais como Carangidae e Scaridae, também desovam nessas áreas ao redor das ilhas (SOUZA e MAFALDA JR, 2008; SOUZA *et al.*, 2010) e podem estar contribuindo com as densidades de ovos encontradas no lado mais abrigado e nas estações insulares, apesar de não ter sido observados larvas dessas famílias.

As espécies responsáveis pelas maiores concentrações de larvas em cada ilha ocorreram no lado que sofre influência direta da corrente predominante (transecção 1), estando presentes nas estações oceânicas, e sendo em sua maioria espécies mesopelágicas e epipelágicas. Ekau *et al.* (1999) definiu um grupo oceânico formado por espécies pelágicas e mesopelágicas do nordeste brasileiro, classificando-o como grupo indicador da Corrente Sul Equatorial de águas caracteristicamente oligotróficas. Isso pode justificar a presença de larvas pelágicas e mesopelágicas justamente no lado das ilhas que sofre a ação direta da corrente predominante, Corrente Sul Equatorial, e também por se tratar de larvas indicadoras de águas pobres. Esse mesmo padrão já foi encontrado por outros autores. No Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Macedo-Soares *et al.* (2012), registraram maior riqueza taxonômica, em sua maior parte constituída por espécies pelágicas, a uma distância superior a 500 m em relação à ilha, refletindo a influência da Corrente Sul Equatorial.

Apesar de ser esperado uma maior concentração do ictioneuston nas áreas mais próximas das ilhas, não foi encontrado um padrão de distribuição do ictioneuston em relação as diferentes distâncias das ilhas. Na ilha de Pascua, Salas e Gómez, outros autores observaram concentrações de ovos e larvas de peixes mais elevadas no entorno das ilhas (CASTRO e LANDAETA, 2002).

As famílias que ocorreram no presente estudo são consideradas em sua maioria pelágicas e oceânicas. Ekau *et al.* (1999), investigando a região oceânica do nordeste do Brasil, classificaram um grupo de famílias constituído por Gobiidae, Myctophidae, Scombridae, Bothidae, Sphyraenidae, Gonostomatidae e Gempylidae como oceânico. Essas foram as famílias encontradas no presente estudo. No banco de Abrolhos a

assembléia oceânica é formada principalmente por exemplares das famílias Myctophidae e Gonostomatidae (NONAKA *et al.*, 2000). No entorno da ilha de Pascua, a família Gobiidae é a que apresenta as densidades larvais mais elevadas (CASTRO e LANDAETA, 2002). A comunidade de larvas de peixes da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Nordeste do Brasil é dominada por peixes meso e epipelágicos, seguido pelos recifais e demersais (MAFALDA JR. e SOUZA, 2009).

A única família comum as três ilhas foi Myctophidae, se distribuindo no neuston inferior e superior de todas as ilhas. Essa família é considerada indicadora de massa d'água, sendo característica da Corrente Sul Equatorial e Corrente Norte do Brasil, além de ser típica da ZEE da região do Nordeste do Brasil, ocorrendo no neuston superior e inferior, independente da estação sazonal (BEZERRA JR., 1999), dominando nas regiões oceânicas do Nordeste do Brasil (EKAU *et al.*, 1999; MAFALDA JR. e SOUZA, 2009).

Ceratoscopelus warmingii foi a única espécie de Myctophidae comum às três ilhas oceânicas estudadas, ocorrendo em todas as estações (oceânicas e insulares). Apesar de ser considerada espécie nerítica, ela foi comum da enseada até mais que 500 m de distância do arquipélago de São Pedro e São Paulo (MACEDO-SOARES *et al.* 2012). A família Myctophidae se caracterizou no presente estudo como a que apresentou a riqueza de espécies mais elevada nas ilhas, padrão também observado por outros autores no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (MACEDO-SOARES *et al.*, 2012). Após Myctophidae, as famílias que apresentaram maior riqueza de espécies nas três ilhas foram Gonostomatidae e Scombridae. Gonostomatidae, Exocoetidae, Labridae, Pomacentridae e Scombridae são famílias que apresentam riqueza de espécies consideráveis no arquipélago de São Pedro e São Paulo (MACEDO-SOARES *et al.*, 2012). Myctophidae, Gonostomatidae e Scombridae foram comuns ao arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas, ao passo que o arquipélago de São Pedro e São Paulo apresentou assembleia mais distinta. Gonostomatidae apresenta ampla distribuição na ZEE nordeste do Brasil, ocorrendo na Cadeia de Fernando de Noronha, no arquipélago de São Pedro e São Paulo e na região oceânica Sul, ao passo que Scombridae apresenta distribuição limitada, ocorrendo na Cadeia de Fernando de Noronha, na Cadeia Norte, nas regiões oceânicas Norte e Sul e no talude Sul (MAFALDA JR. e SOUZA, 2009).

A família Nomeidae foi encontrada apenas no arquipélago de Fernando de Noronha, padrão também observado por Lessa *et al.* (1999). Além disso, esses mesmo autores ressaltaram a importância de Hemiramphidae, Exocoetidae e Dactylopteridae em estações próximas ao arquipélago de Fernando de Noronha. No presente estudo, o mesmo padrão foi encontrado, com ocorrência de Dactylopteridae e Hemiramphidae nas estações insulares do arquipélago de Fernando de Noronha. A família Exocoetidae foi encontrada apenas nas estações insulares do arquipélago de São Pedro e São Paulo, seguindo o padrão já observado por outros autores (LESSA *et al.*, 1999; EKAU *et al.*, 1999; BEZERRA JR., 1999; MACEDO-SOARES *et al.*, 2012). Algumas famílias foram encontradas principalmente nas estações oceânicas e seguem um padrão já observado na literatura, tais como Gempylidae (MAFALDA JR. *et al.*, 2009) e Scombridae (PINTO *et al.*, 2002), ao passo que Gobiidae seguiu padrão inverso ao

observado na ilha de Pascua, onde ela é mais comum nas áreas insulares (CASTRO e LANDAETA, 2002). Porém, trata-se de uma família que apresenta ampla distribuição na ZEE da região nordeste, principalmente na Cadeia de Fernando de Noronha (MAFALDA JR. e SOUZA, 2009), fato que justifica ela ser capturada também em regiões oceânicas.

No Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no transecto Leste a espécie que mais contribuiu na estação oceânica foi *Lampanyctus nobilis*, família Myctophidae, enquanto que no lado Oeste foi *Oxyporhamphus micropterus*, família Exocoetidae, em estações insulares, durante o período noturno. Apesar disso, *O. micropterus* é considerada uma espécie de assembleia oceânica (MACEDO-SOARES *et al.*, 2012). Larvas da família Exocoetidae já foram encontradas durante a noite em períodos de altas abundâncias larvais na camada neustônica, juntamente com espécies que estavam se reproduzindo (LESSA *et al.*, 1999).

No Atol das Rocas a espécie que mais contribuiu no transecto Sudeste foi *Lepidophanes guentheri* e no Arquipélago de Fernando de Noronha no transecto Nordeste as espécies que mais contribuíram foram *L. guentheri* e *Ceratoscopelus warmingii*, todas pertencentes à família Myctophidae e ocorrendo em estações insulares e oceânicas. *Euthynnus alleteratus* no Atol das Rocas e *Katsuwonus pelamis* no Arquipélago de Fernando de Noronha, ambas pertencentes à família Scombridae, estiveram no lado Oeste das Ilhas, com baixas densidades, indicando uma estratégia reprodutiva. *K. pelamis* foi encontrada no Arquipélago de Fernando de Noronha em baixas densidades, porém de alta relevância pois representa 50% das larvas pertencentes a família Scombridae (PINTO *et al.*, 2002).

O padrão encontrado para *Oxyporhamphus micropterus* no arquipélago de São Pedro e São Paulo, com baixos valores de abundância e altos valores de frequência de ocorrência foi observado anteriormente na região por outros autores (MACEDO-SOARES *et al.*, 2012). Esse padrão é diferente do observado por Lessa *et al.* (1999), no qual a família mais abundante foi Exocoetidae, principalmente devido a espécie *Cypselurus cyanopterus*.

Com relação as assembleias encontradas em diferentes distâncias do arquipélago de São Pedro e São Paulo, as estações insulares (A e C) apresentaram maior número de espécies em comum. Contudo, as espécies *C. warmingii* e *L. luminosa* foram comuns a todas as áreas, ocorrendo principalmente durante o período noturno. No Atol das Rocas as assembleias encontradas nas estações insulares e oceânicas foram bastante próximas, constituídas basicamente por espécies da família Myctophidae. As espécies em comum foram *L. guentheri*, *C. warmingii* e *Diaphus mollis*, ocorrendo em sua maioria no período noturno. No Arquipélago de Fernando de Noronha a assembleia de espécies da estação insular (A) diferenciou mais em relação as assembleias das estações insulares (C) e oceânicas (E) que foram mais próximas. As espécies em comum nessas estações foram *C. warmingii*, *L. guentheri*, *Diaphus* sp. e *Katsuwonus pelamis*, ocorrendo no período noturno. Ao investigar as assembleias de larvas de peixes em diferentes distâncias em relação ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Macedo Soares *et al.* (2012) encontraram 30 espécies em comum, dentre elas as espécies *C. warmingii*, *L. guentheri* e *L. luminosa*, corroborando com o presente estudo, porém com a maioria

ocorrendo no período diurno. Larvas de peixes pelágicos, como exemplares de Scombridae, *C. warmingii*, *L. luminosa* e *O. micropterus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo foram considerados oceânicos (MACEDO SOARES *et al.*, 2012), que apresentam ampla distribuição.

No geral, as ilhas oceânicas do presente estudo, apesar de apresentarem um padrão de distribuição muito próxima do ictioneuston em relação aos seus diferentes transectos, apresentaram assembleias de larvas de peixes diferentes. Esse é um padrão conhecido, já que o arquipélago de São Pedro e São Paulo, a cadeia de Fernando de Noronha e a cadeia Norte do Brasil se diferenciam em composição e abundância das larvas de peixes (LESSA *et al.*, 1999). O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas ficaram caracterizados como as ilhas que apresentaram um maior número de espécies em comum, tendo sido representadas por *Cyclothone alba*, pertencente a família Gonostomatidae, e *Diaphus mollis*, *Lepidophanes guentheri* e *C. warmingii*, pertencentes a Myctophidae. Esse padrão é esperado, pois muitas espécies de peixes tornam-se endêmicas dessas ilhas, chegando a alcançar uma taxa de 6,9% de endemismo da ictiofauna recifal desse conjunto insular oceânico (FLOETER e GASPARINI, 2000).

4.7 Conclusões

O ictioneuston das ilhas oceânicas do nordeste do Brasil apresentou baixa densidade, e o Arquipélago de Fernando de Noronha se mostrou como a ilha que agrega um maior número de larvas e ovos de peixes, indicando uma possível área de desova e crescimento. O ictioneuston foi mais comum no período noturno e na camada superior, o que pode indicar a existência de uma variação nictemeral. A maioria das larvas da família Myctophidae apresentou esse padrão.

As distâncias (insular e oceânica) não interferiram na distribuição do ictioneuston com relação as densidades. Porém, com relação as transecções, a maior concentração de larvas se deu no lado que recebe influência da corrente predominante (Transecção 1), mostrando que provavelmente essas espécies são indicadoras de águas oligotróficas, como águas da corrente Sul Equatorial e da corrente Norte do Brasil. Já a maior concentração de ovos se deu no lado mais abrigado (Transecção 2), para todas as ilhas, indicando área de desova, principalmente por apresentar larvas de Exocoetidae e Scombridae que são famílias que possuem necessidade de estarem próximas dessas feições topográficas para desovar.

De uma forma geral, a comunidade ictioneustônica das ilhas oceânicas do nordeste do Brasil é constituída por espécies meso e epipelágicas, seguidas por espécies recifais e demersais que apresentam importância ecológica e também alto valor comercial, como os exemplares da família Scombridae encontrados no Arquipélago de Fernando de Noronha. Myctophidae foi a família mais abundante e mais ocorrente nas ilhas oceânicas, além de ter apresentado a maior riqueza taxonômica. A espécie *Ceratoscopelus warmingii*, pertencente a essa família, foi a única comum as três ilhas, indicando ampla distribuição nas áreas de estudo. As espécies em comum a todas as

distâncias em cada ilha foram *C. warmingii*, *L. guentheri* e *L. luminosa*, sugerindo ampla distribuição na região.

O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas foram as ilhas que apresentaram um maior número de espécies em comum como *Diaphus mollis*, *Lepidophanes guentheri* e *C. warmingii* (Myctophidae) e *Cyclothone alba* (Gonostomatidae).

No geral, a distribuição do ictioneuston em cada ilha foi bastante parecida quanto as diferentes transecções, porém com relação a composição taxonômica as ilhas foram diferentes entre si.

5 MANUSCRITO II

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NAS COMUNIDADES ICTIONEUSTÔNICAS DE ILHAS OCEÂNICAS DO NORDESTE DO BRASIL.

5.1 Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar a distribuição das variáveis ambientais e sua influência na comunidade ictioneustônica das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN). Em julho e agosto de 2010 foram realizadas coletas noturnas e diurnas em duas transecções posicionados nos lados leste e oeste do ASPSP, nos lados Sudeste e Noroeste no atol das Rocas e nos lados Nordeste e Sudoeste no AFN composta cada transecção por três estações (A e C – insulares e E - oceânica). O ictioneuston foi coletado através de arrasto com redes cilíndrico-cônicas de 500 μ m, posicionadas na interface ar/água (neuston superior de 0 – 7,5cm) e no (neuston inferior de 7,5 à 22,5cm), acopladas a um catamarã de alumínio (David Hempel), coletando 24 unidades amostrais para cada ilha, totalizando 72 unidades amostrais. Os dados físicos e químicos foram obtidos através do CTD e os de clorofila-*a* através de espectrofotômetro. Os maiores valores de salinidade foram registrados nas ilhas AFN e AR, enquanto que os maiores valores de temperatura foram registrados no ASPSP. As maiores concentrações de clorofila-*a* superficial foram encontradas no AFN, enquanto que uma maior concentração de nutrientes ocorreu nas ilhas AFN e ASPSP. Durante o período diurno as variáveis ambientais não apresentaram diferença significativa com relação as diferentes distâncias (A, C e E) e com relação as diferentes transecções. Durante o período noturno, a clorofila-*a* superficial apresentou diferença significativa com relação as distâncias (ANOVA, $p=0,02$), mostrando que a estação insular (A) de todas as ilhas apresentou uma maior concentração da clorofila-*a* superficial. A clorofila-*a* superficial também diferenciou as ilhas (ANOVA, $p=0,004$) apresentando maiores valores no AFN. Com relação as diferentes transecções no período noturno, a única variável que apresentou diferença significativa foi o fósforo que evidenciou uma maior quantidade na transecção 1 de todas as ilhas. As variáveis oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura evidenciaram que as ilhas são diferentes entre si nos dois turnos. O primeiro componente principal (CP1) explicou 32,6% da variância total correlacionando positivamente a temperatura e negativamente a salinidade e clorofila-*a* superficial, enquanto o segundo componente principal (CP2) explicou 19,1% correlacionando positivamente o OD, silicato e fósforo. No diagrama de ordenação observou-se que o AFN foi a ilha que apresentou uma maior concentração de ovos e larvas do neuston superior e inferior e também uma maior riqueza taxonômica. A comunidade ictioneustônica esteve correlacionada principalmente com a clorofila-*a* superficial e com o oxigênio dissolvido. A ilha que apresentou os menores valores de temperatura e os maiores valores de nutrientes, clorofila-*a*, oxigênio dissolvido foi o Arquipélago de Fernando de Noronha, indicando que possa existir uma ressurgência topográfica, além

disso foi a ilha que agregou uma maior quantidade de ovos e larvas de peixes, indicando um possível efeito ilha.

Palavras chave: Ovos e larvas de peixes. Ambientes insulares. Efeito-ilha;

5.2 Abstract

The following work aimed to investigate the distribution of the ichthyoneustonic community of the oceanic islands of the St. Peter and St. Paul Archipelago (ASPSP), Rocas Atoll (RA), and Fernando de Noronha Archipelago (FNA) in relation to the environmental variables. Diurnal and nocturnal samplings were performed in July and August 2010, in two transects in each studied area. In the ASPSP the transects were located in the eastern and western side of the archipelago, while in the RA they were located in the southeastern and northwestern sides, and in the FNA in the northeastern and southwestern sides. Each transect was composed by three stations (A and C – insular stations, and E – oceanic station). The ichthyoneuston was collected using a David Hempel aluminum catamaran coupled with two 500- μm plankton nets, one to collect the organisms in the interface air/seawater (upper neuston), and other to collect the organisms in the 7,5-22,5 cm depth (lower neuston). The samplings consisted of a 20 minute haul, and a total of 72 samples were collected, 24 for each island. The physical and chemical data were originated by a CTD and the chlorophyll-*a* data was originated by the use of a spectrophotometer. The salinity values were higher in the FNA and RA islands, while the higher temperature values were registered in the ASPSP. Higher values of Chlorophyll-*a* were found in the FNA, while higher values of nutrients were found in the ASPSP and also in the FNA. During the diurnal period, the environmental variables did not present significant differences between the different distances in relation to the islands, as well as between the different transects. During the nocturnal period, the surface chlorophyll-*a* presented significant difference (ANOVA, $p=0.02$), with higher values in the insular stations (A) of each island. The surface Chlorophyll-*a* was also significantly different between the different islands (ANOVA, $p=0.004$), with higher values in the FNA. Only phosphate showed significant difference between the different transects, presenting a higher amount in the Transect 1 of each island. The dissolved oxygen, salinity, and temperature highlighted that the islands are different between each other. The first principal component (CP1) explained 32,6% of the total variance correlating positively with temperature and negatively with salinity and chlorophyll-*a*. The second principal component (CP2) explained 19,1%, correlating positively with dissolved oxygen, silicate and phosphate. In the ordination diagram it was observed that the FNA was the island with the higher concentration of eggs and larvae of the upper and lower neuston, and also higher taxonomic richness. The ichthyoneustonic community correlated mainly with the concentration of the surface chlorophyll-*a* and dissolved oxygen. Lower values of temperature, and higher values of nutrients, chlorophyll-*a*, and dissolved oxygen was the FNA, indicating the possibility

of existence of a topography-upwelling. In addition, higher values of fish eggs and larvae were registered in this island, indicating a possible “island mass” effect.

Key Words: Fish eggs and larvae. Insular environment. “Island mass” effect.

5.3 Introdução

A formação, a manutenção e a interrupção das assembleias de larvas de peixes são influenciadas por fatores oceanográficos (BOEHLERT e MUNDY, 1993), uma vez que esses fatores são responsáveis por definir a distribuição larval, devido a sua influência sobre o recrutamento e a dispersão das larvas de peixes (LESSA *et al.*, 1999). Além disso, esses fatores podem permitir a permanência das larvas no ambiente até a fase adulta ou transportá-las para outros locais em diferentes camadas de água (MACEDO-SOARES *et al.*, 2009).

Além de se distribuírem em diferentes profundidades ao longo da coluna d’água, as larvas de muitas espécies de peixes possuem o hábito de se manterem nos primeiros centímetros de profundidade da coluna d’água, formando as comunidades neustônicas, o que faz do hábitat neustônico não apenas importante para certas espécies de peixes típicos da superfície do mar, os quais apresentam elevadas abundâncias nessa camada (HEMPEL e WEIKERT, 1972), bem como para muitas espécies de peixes no início da vida (DOYLE *et al.*, 1994).

Esta camada de interface apresenta condições físicas, químicas e biológicas características que podem lhe conferir dimensão vertical e horizontal definidas dentro dos oceanos (SULLIVAN *et al.*, 2010). Katsuragawa e Matsuura (1990) revisando diversos estudos clássicos sobre o ictioneuston reportam que esta camada pode ser pobre em alimento e que, devido à forte radiação solar, organismos devem estar bem adaptados à existência na mesma.

Ilhas oceânicas e montes submarinos influenciam a hidrodinâmica local, alterando o padrão das correntes e a estrutura termohalina, o que pode provocar uma ressurgência, fazendo com que águas profundas ricas em nutrientes sejam transportadas verticalmente alcançando a zona eufótica. A combinação desses fatores é denominada efeito ilha (DOTY e OGURY, 1956). Esse processo faz com que esses locais sejam importantes áreas de concentração planctônica (BOEHLERT, 1988). Dessa forma, tem sido observado que ilhas oceânicas e montes submarinos são verdadeiros “hotspots” de biodiversidade para peixes pelágicos no oceano aberto (MORATO *et al.*, 2010). A produção pesqueira torna-se maior, fato que é bastante notável por pescadores que comercializam espécies de alto valor comercial (FONTENEAU, 1991).

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo, o Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas estão localizados em águas caracteristicamente oligotróficas (LESSA *et al.*, 1999; 2009; TRAVASSOS *et al.*, 1999). Entretanto, a relação corrente-topografia ocasiona processos que podem enriquecer as águas do entorno dessas ilhas, tais como vórtices, reduções de velocidade da corrente, perturbações da estrutura termohalina e possíveis ressurgências (ARAÚJO e CINTRA,

2009). A interação da topografia local com a circulação podem afetar no processo de retenção e dispersão larval e no recrutamento (BOEHLERT e MUNDY, 1993).

Considerando que nas ilhas oceânicas os fatores oceanográficos interferem na produtividade biológica e influenciam a distribuição larval, este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade das condições oceanográficas e sua influência sobre o ictioneuston.

5.4 Materiais e Métodos

5.4.1 Área de estudo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) está localizado a mais de 350 milhas náuticas da costa brasileira, por volta da latitude de 00°55'N e longitude de 29°20'W (BRÖCKEL e MEYERHÖFER, 1999; CAMPOS *et al.*, 2009). Distante 1100 km do litoral do Rio Grande do Norte, trata-se de um conjunto de pequenas ilhas rochosas formado por seis ilhas menores, quatro maiores e várias pontas rochosas (MIGUENS, 1995) e diversas pontas rochosas, situando-se nas proximidades da Dorsal mesoatlântica (CAMPOS *et al.*, 2009). É considerado o menor arquipélago oceânico em território brasileiro, sendo a única ilha do oceano Atlântico formada essencialmente por rochas plutônicas (CAMPOS *et al.*, 2009). É considerado o ponto mais íngreme do maciço de São Pedro e São Paulo, associado à cordilheira Meso-atlântica (MACEDO-SOARES *et al.* 2011), cuja base está por volta dos 4000 m de profundidade (LESSA *et al.*, 2009). Apresenta 17.000 m² de área emersa e a distância entre os pontos extremos é de 420 m (MIGUENS, 1995; CAMPOS *et al.*, 2009).

O Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) (3°51'S, 32°25'W) está situado a 345 km da Costa do Estado do Rio Grande do Norte e é constituído por 21 ilhas. Ele ocupa uma área de 26 km² (ESTON *et al.* 1986), sendo as duas maiores ilhas a ilha de Rata e de Fernando de Noronha, com a última representando 18,4 km², correspondendo a 91% da área total (MABESOONE e COUTINHO, 1970). Trata-se de um Parque nacional Marinho e Área de Proteção Estadual (ALMEIDA, 1955). O arquipélago faz parte de um segmento de montes submarinos chamados de Cadeia de Fernando de Noronha, no qual o arquipélago é o topo de um dos montes (BECKER, 2001), cuja base é constituída de rocha vulcânica (ALMEIDA, 1955) e possui um diâmetro de aproximadamente 60 km (PALMA, 1984).

O Atol das Rocas (AR) (3°51'S e 33°49'W) é o único atol do Atlântico Sul e está localizado a cerca de 260 km da cidade de Natal, no Rio Grande do Norte (KIKUCHI, 1994) e 150 km a oeste do Arquipélago de Fernando de Noronha (GHERARDI e BOSENCE, 2005). O Atol das Rocas foi a primeira unidade de conservação marinha do Brasil (KIKUCHI, 1994). Ele consiste de uma elevação oceânica que integra a Cadeia de Fernando de Noronha, e é composto por uma laguna central rasa e duas ilhas arenosas em seu interior. A Ilha do Farol, situada na porção

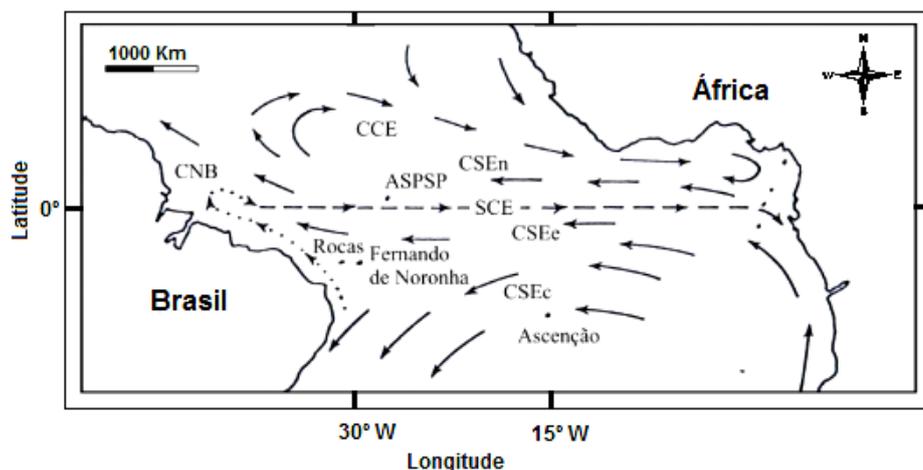
sudeste, e a Ilha do Cemitério, localizada na porção nordeste (GHERARDI e BOSENCE, 2005). Trata-se de uma elipse semicircular, com área interna de $5,4 \text{ km}^2$, onde o seu eixo Leste-Oeste tem aproximadamente $3,7 \text{ km}$ e seu eixo Norte-Sul cerca de $2,5 \text{ km}$ (KIKUCHI, 1994). Sua constituição basal é predominantemente de algas calcárias e corais no topo de um monte submarino, e sua base encontra-se a 4000 m de profundidade no leito oceânico. (KIKUCHI e LEÃO, 1997; GHERARDI e BOSENCE, 2005).

As três ilhas estão localizadas no Atlântico Equatorial (ARAÚJO e CINTRA, 2009) e sofrem influência da Corrente Sul Equatorial (CSE) e da Corrente Norte do Brasil (CNB), ambas de superfície, e da Subcorrente Equatorial (SCE), que flui na camada subsuperficial (PETERSON e STRAMMA, 1991). As principais correntes superficiais que apresentam características zonais e que fluem para oeste são a Corrente Sul Equatorial e a Corrente Norte Equatorial (ARAÚJO e CINTRA, 2009) (Figura 11).

A CSE é formada por três ramos zonais que são separados por contracorrentes de intensidade relativamente fracas (STRAMMA, 1991). A CSE apresenta velocidade média de $10\text{-}15 \text{ cm.s}^{-1}$, e ao longo do Equador fica mais rápida com uma velocidade de 30 cm.s^{-1} (TCHERNIA, 1980). A CSE ao passar pelo ASPSP alcança velocidade de até $5,6 \text{ km.h}^{-1}$ e a SCE apresenta velocidade média de $2,5 \text{ Km. h}^{-1}$ e é originária da CNB (EDWARDS e LUBBOCK, 1983). A CNB segue numa velocidade média de 75 cm.s^{-1} , temperatura superficial entre 28 e $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e salinidade entre $35,0$ e $37,0 \text{ psu}$ (MEDEIROS *et al.*, 1999).

Essas correntes transportam três massas de águas (Água Tropical Superficial – ATS, Água Máxima de Salinidade – MAS e Água Central do Atlântico Sul - ACAS) (TCHERNIA, 1980). A ATS possui temperatura superior a $26 \text{ }^\circ\text{C}$, a MAS possui uma variação na temperatura de 20 a $26 \text{ }^\circ\text{C}$ e salinidade entre 36 e 37 \% . e a ACAS apresentou temperatura inferior a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e salinidade abaixo de 35% (TCHERNIA, 1980).

Figura 11. Localização da área de estudo, compreendendo o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas com suas principais correntes (CSE, CNB e SCE) (modificado de EDWARDS e LUBBOCK, 1983).



5.4.2 Metodologia de campo

As coletas foram realizadas a bordo do NHo Cruzeiro do Sul, da Marinha do Brasil, em julho e agosto de 2010. A direção da corrente predominante no entorno das ilhas foi definida através de um ADCP. Com base nessa medição, foram determinados duas transecções para cada ilha. No ASPSP, a corrente predominante foi a CSE, a qual influencia diretamente a transecção 1 (Leste) e indiretamente a transecção 2 (Oeste) (Figura 12). No AR a corrente predominante também foi CSE influenciando diretamente a transecção 1 (Sudeste) e indiretamente a transecção 2 (Noroeste) (Figura 13). Já no AFN a corrente predominante foi a CNB influenciando diretamente a transecção 1 (Nordeste) e indiretamente a transecção 2 (Sudoeste) (Figura 14). Cada transecção foi composta por três estações, onde foram realizados arrastos noturnos e diurnos na camada neustônica, com duração de 20 minutos, através de um catamarã (David-Hempel), equipado com duas redes (nêuston inferior e nêuston superior), com malha de 500 μm cada. As três estações foram denominadas de insulares (A e C) e oceânica (E) (Tabela 01). Para aferição do volume filtrado utilizou-se um fluxômetro acoplado a rede de plâncton do neuston inferior. As amostras coletadas foram transferidas para frascos plásticos e imediatamente fixadas a bordo em solução de formaldeído (4%), tamponado com tetraborato de sódio. Foram coletadas um total de 72 amostras, 24 para cada ilha. Os dados abióticos (temperatura e salinidade) foram coletados através do lançamento do CTD (Conductivity, Temperature and Depth) Seabird 9 plus em todas as estações.

Tabela 1. Distâncias em metros de cada estação (A e C - insulares e E - oceânica) para as ilhas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) em junho e agosto de 2010.

Ilhas	A (m)	C (m)	E (m)
ASPSP	900 - 2.000	2.000 - 5.000	5.100 - 7.000
AR	4.600 - 8.500	8.501 - 12.000	12.100 - 16.360
AFN	1.946 - 2.600	2.601 - 5.000	5.100 - 8.665

5.4.3 Metodologia de laboratório

Os dados físicos e químicos originados do CTD foram cedidos já processados nos laboratórios de química (Departamento de Oceanografia da UFPE) e de física (Ceerma), através de técnicos especializados. Os dados de Clorofila-*a* superficial e nutrientes também foram cedidos já processados nos laboratórios de química e fitoplâncton (Departamento de Oceanografia da UFPE) por técnicos especializados seguindo a metodologia abaixo.

A obtenção da clorofila-*a* superficial foi realizada com base em amostras de água de superfície (~ 3 a 5 L). Essa água foi armazenada em garrafas térmicas e filtrada em filtros GF/F de membranas de celulose (0,45 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro). Em seguida, os filtros foram congelados e analisados segundo o método de Pearson *et al.* (1984). A concentração de clorofila-*a* foi determinada após extração dos pigmentos em solução de acetona a 90% por 18 horas a 4°C e a medição realizada em um espectrofotômetro GEHAKA G3410, segundo o método descrito por Richards e Thompson (1952) e modificado por Strickland e Parsons (1972).

Os teores de sais inorgânicos dissolvidos na água foram determinados através dos métodos de Strickland e Parsons (1972) para o nitrito, nitrato e o fosfato, e de Grasshoff *et al.* (1983) para o silicato.

Figura 12. a) Transecções (1 - Leste e 2 - Oeste) do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em junho e agosto de 2010 (Figura a, adaptada de Lira, 2013). b) Mapa ilustrativo das ilhas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Figura b adaptada de Melo *et al.*, 2012).

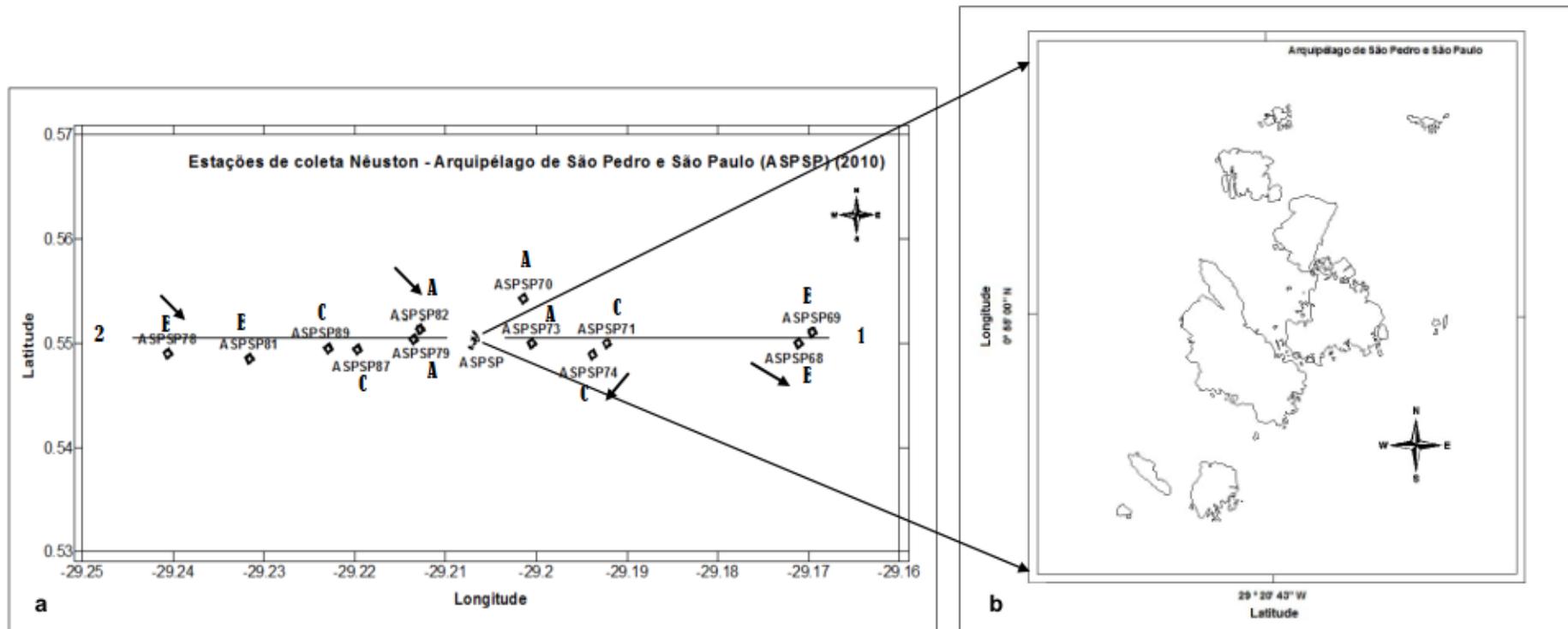


Figura 13. Transecções (1 - Sudeste e 2 - Noroeste) do Atol das Rocas, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em junho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).

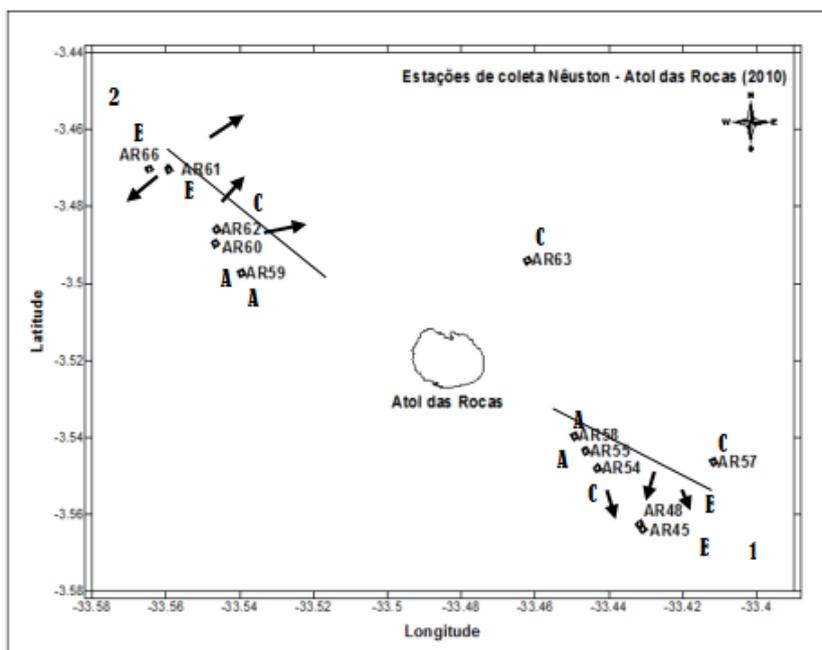
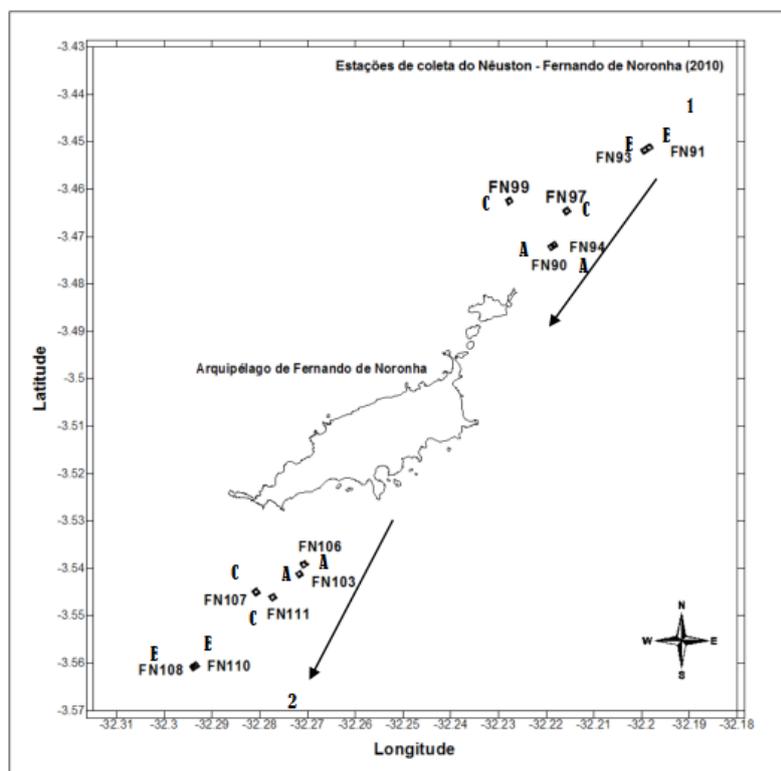


Figura 14. Transecções (1 - Nordeste e 2 - Sudoeste) do Arquipélago de Fernando de Noronha, contendo três estações cada (E, C e A) e ilustração das correntes superficiais em junho e agosto de 2010 (adaptado de Lira, 2013).



5.4.4 *Análise dos dados*

5.4.4.1 Densidade ictioneustônica

A densidade foi padronizada para 100m³ de água (N/100m³) e foi obtida através da razão entre o número total de ovos e larvas de peixes obtidos em cada amostra (N) sobre o volume filtrado (V), na seguinte equação: $N/100 \text{ m}^3 = (N/V) * 100$.

5.4.4.2 Estatística Inferencial - ANOVA

Para fazer a comparação dos valores das variáveis oceanográficas entre as três áreas e as diferentes distâncias (A, C e E), e entre as áreas e as diferentes transecções (1 e 2) foi utilizado uma análise de variância com dois fatores ($p < 0,05$), após análise de normalidade dos dados (Teste de Shapiro Wilk) e homocedasticidade (Teste de Levene). Os valores tiveram que ser transformados por $\text{Log}(x + 1)$ e o pós teste utilizado foi Teste de Scheffé quando houve diferença significativa. Essa análises de variância foram realizadas através do aplicativo Statistica (StatSoft 7.0).

5.4.4.3 Análise estatística multivariada – PCA, DCCA e RDA

Análise de Componente Principais (PCA)

As variáveis oceanográficas (oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, fosfato, nitrato, silicato e clorofila-*a* superficial) foram caracterizadas através de uma Análise de Componentes Principais. O principal objetivo dessa análise é indicar a significância relativa de variáveis preditivas, o qual consiste em examinar um grupo de variáveis correlacionadas, transformando-as em outro conjunto de variáveis não correlacionadas e independentes, dispostas em combinações lineares e em ordem decrescente de importância através dos componentes principais (AYRES *et al.*, 2000). A análise de Componentes Principais foi realizada através do aplicativo Primer 6 & PERMANOVA +.

Análise de Redundância (RDA)

A matriz de taxa foi formada com a densidade de ovos e larvas de peixes do neuston inferior e superior e também da riqueza taxonômica. Com a intenção de normalizar os dados através da homogeneização das variâncias foi aplicada a transformação $\text{log}(x + 1)$ sobre os dados de densidade do ictioneuston.

A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Uma vez que este gradiente foi linear (< 3), tanto para a os dados de comunidade como para os dados oceanográficos optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar o principal padrão de variação na

composição da assembléia ictioneustônica em função das variáveis ambientais (TER BRAAK, 1986).

No diagrama de ordenação as densidades e as variáveis ambientais estão representados por setas. Quanto mais próximo estiverem as estações de amostragem, maior a semelhança entre elas. A magnitude da correlação entre uma variável ambiental e um eixo canônico pode ser extrapolada do comprimento e do ângulo entre o vetor e o eixo. Ou seja, quanto mais longo e mais paralelo for o vetor ambiental em relação ao eixo, mais exclusivo é o relacionamento entre a variável e este eixo (RACONCINSKY *et al.*, 1996). Este diagrama mostra o principal padrão de variação na composição da comunidade em função das variáveis ambientais (TER BRAAK, 1986). O teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística dos eixos canônicos (TER BRAAK, 1988).

As análises DCCA e RDA foram realizadas empregando o pacote estatístico Canoco for Windows versão 4.5 (LEPS e SMILAUER, 1998).

5.5 Resultados

5.5.1 Variáveis ambientais

Os valores mais elevados de oxigênio dissolvido e salinidade ocorreram no Arquipélago de Fernando de Noronha, enquanto que os valores mais elevados de temperatura foram registrados para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Com relação às variáveis que caracterizam a produtividade de um local como a clorofila-*a* superficial, os valores mais elevados foram encontrados no Arquipélago de Fernando de Noronha e no Atol das Rocas, enquanto que os nutrientes, de forma geral, apresentaram maiores taxas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e de Fernando de Noronha (Tabela 02).

Tabela 2. Amplitude de variação e valores médios de oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T °C), salinidade (Sal.), nitrato (NO₂), fosfato (PO₄), silicato (SiO₂) e clorofila superficial das ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.

VARIÁVEIS	ASPSP			AR			AFN		
	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	Média
OD	4.64	4.49	4.58	4.63	4.35	4.48	5.05	4.69	4.86
T (°C)	28.67	26.62	28.35	28.06	26.27	27.71	27.18	26.98	27.09
Sal.	35.51	28.61	34.89	36.43	36.11	36.19	36.22	36.16	36.19
NO ₂	0.7	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01	1.39	0.00	0.14
PO ₄	0.68	0.00	0.15	0.09	0.04	0.06	0.73	0.03	0.13
SiO ₂	4.99	0.03	1.31	2.37	0.03	0.82	12.32	0.49	2.02
Clorofila- <i>a</i> SUP	0.91	0.15	0.50	0.94	0.19	0.64	1.27	0.35	0.74

5.5.2 *Análise de Variância (ANOVA)*

A partir da análise de variância dois fatores foi possível observar que durante o período diurno não houve diferença significativa das variáveis ambientais com relação às diferentes distâncias e nem com relação às diferentes transecções para cada área. Contudo, essas análises mostraram que as áreas diferem entre si quanto as variáveis oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade. Os valores de oxigênio dissolvido foram significativamente mais elevados (ANOVA, $p=0$) no Arquipélago de Fernando de Noronha. Já os valores de temperatura foram significativamente mais elevados (ANOVA, $p=0,0005$) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. A análise variância também revelou que todas as ilhas são diferentes entre si em relação aos níveis de salinidade superficial (ANOVA, $p=0$).

Os valores de clorofila-*a* superficial foram significativamente mais elevados (ANOVA, $p=0,02$) nas estações insulares de todas as áreas estudadas, em relação às estações oceânicas. A clorofila-*a* superficial também apresentou diferença significativa entre as áreas (ANOVA, $p=0,004$), tendo sido observadas menores taxas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Além da clorofila-*a* superficial, o oxigênio dissolvido também apresentou diferença significativa (ANOVA, $p=0,002$) com relação as áreas, de forma que os valores no Arquipélago de Fernando de Noronha são significativamente mais elevados.

Com relação às áreas e as diferentes transecções no período noturno, o fosfato foi a única variável ambiental que apresentou diferença significativa (ANOVA, $p=0,03$) para todas as áreas, mostrando que na transecção 1 as quantidades desse nutriente foram significativamente mais elevadas. As variáveis (oxigênio dissolvido, temperatura e clorofila-*a* superficial) também apresentaram diferenças significativas entre as áreas. O oxigênio dissolvido (ANOVA, $p=0,0005$) foi maior no Arquipélago de Fernando de Noronha, a temperatura (ANOVA, $p=0,029$) foi maior no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e a clorofila-*a* superficial (ANOVA, $p=0,036$) foi maior no Arquipélago de Fernando de Noronha.

A partir de uma análise de correlação de Spearman, foi possível observar que durante o período noturno o oxigênio dissolvido se correlacionou positivamente com a densidade de larvas do neuston superior e a densidade de ovos do neuston inferior em todas as áreas. Já a temperatura e o NO_2 se correlacionaram negativamente com a densidade de larvas do neuston superior. As demais variáveis ambientais não apresentaram correlação com os dados bióticos nesse período. No período diurno somente o SiO_2 apresentou correlação negativa com a densidade de ovos do neuston superior em todas as áreas.

5.5.3 *Análise de Componentes Principais (PCA)*

O primeiro componente principal (CP1) explicou 32,6% da variância total dos dados e correlacionou positivamente a temperatura e negativamente a salinidade, a

clorofila-*a* superficial e o oxigênio dissolvido, enquanto que o segundo componente explicou 19,1% correlacionando positivamente o oxigênio dissolvido, o fosfato e o silicato (Tabela 03). Os dois componentes principais explicaram 51,7% da variância dos dados oceanográficos.

Tabela 3. Explicabilidade dos Componentes Principais baseado na estrutura oceanográfica durante o perfil nas ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.

Variáveis	CP1 (32.60%)	CP2 (19.10%)
OD	-0.367	0.485
T (C°)	0.584	0.035
Sal.	-0.541	-0.146
NO ₂	-0.226	0.295
PO ₄	0.126	0.631
SiO ₂	-0.015	0.475
Clorofila	-0.405	-0.179

As ilhas Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas apresentaram valores de salinidade e clorofila-*a* superficiais mais elevados, enquanto que o Arquipélago de São Pedro e São Paulo apresentou maiores valores de temperatura (Figura 15). O oxigênio dissolvido foi uma variável ambiental que se apresentou de forma elevada no Arquipélago de Fernando de Noronha, valores intermediários no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e menores taxas no Atol das Rocas. Quanto aos valores de nutrientes o Arquipélago de Fernando de Noronha e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo foram as ilhas que apresentaram valores mais altos principalmente nas estações insulares (A e C) da transecção 1.

5.5.4 *Análise Quantitativa do ictioneuston*

Abaixo são apresentados os dados quantitativos referentes as larvas e ovos do ictioneuston das três áreas (Tabelas 04, 05 e 06). Em geral, as maiores densidade de larvas foram encontradas nas estações oceânicas da transecção 1 de cada área, enquanto que as densidades mais elevadas de ovos foram encontradas nas estações insulares da transecção 2. O Arquipélago de Fernando de Noronha apresentou as maiores densidades de larvas e ovos de peixes.

Figura 15. Diagrama de ordenação da Análise de Componentes Principais das ilhas oceânicas estudadas em julho e agosto de 2010. x – Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP); ▲ – Atol das Rocas (AR); ● – Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN).

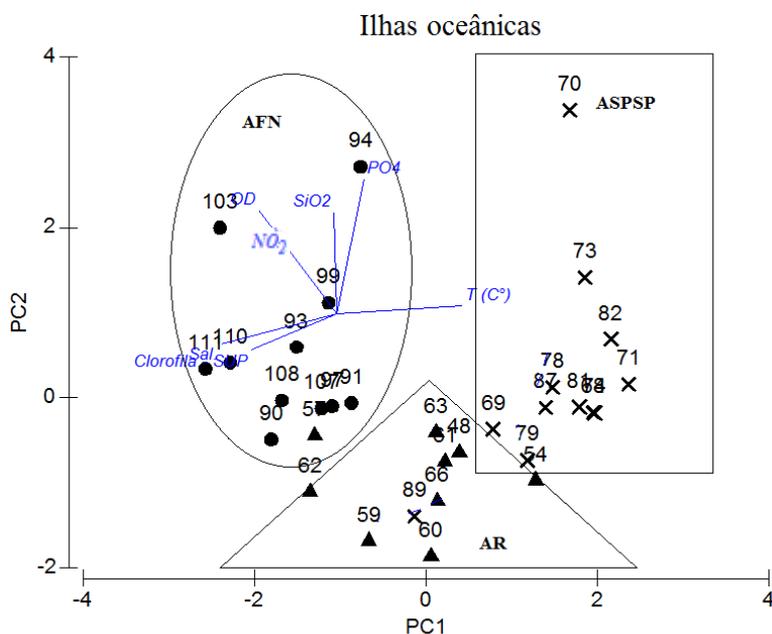


Tabela 4. Valores de densidade ($p/100m^3$) de larvas e ovos de peixes coletados no neuston inferior e superior, nas transecções 1 e 2 do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em julho e agosto de 2010.

Transecto	Estação	Turno	Amostra	N.Superior		N.Inferior	
				Ovos	Larvas	Ovos	Larvas
1	A	D	70	0.0	0.0	1.1	0.0
		N	73	3.4	0.0	3.4	0.0
	C	D	71	0.0	0.0	0.0	0.0
		N	74	1.6	1.6	0.8	1.6
	E	D	69	0.0	0.0	2.0	2.0
		N	68	6.9	12.0	0.0	5.2
2	A	D	79	34.6	1.5	14.3	0.8
		N	81	23.1	1.7	9.9	0.0
	C	D	87	4.0	0.0	6.0	0.0
		N	89	3.7	1.8	0.9	0.0
	E	D	78	0.0	0.0	0.8	0.0
		N	82	14.0	0.0	5.3	0.0

Tabela 5. Valores de densidade (p/100m³) de larvas e ovos de peixes coletados no neuston inferior e superior, nas transecções 1 e 2 do Atol das Rocas, em julho e agosto de 2010.

Transecto	Estação	Turno	Amostra	N.Superior		N.Inferior	
				Ovos	Larvas	Ovos	Larvas
1	A	D	55	11.6	2.3	10.3	0.0
		N	58	20.9	6.0	9.0	7.5
	C	D	54	15.7	13.1	11.8	1.3
		N	57	6.9	4.6	8.0	3.4
	E	D	45	0.0	0.0	0.0	0.0
		N	48	0.0	9.4	9.4	5.9
2	A	D	60	10.8	2.2	2.2	2.2
		N	59	11.9	0.0	20.8	0.0
	C	D	62	6.9	0.0	2.3	0.0
		N	63	0.0	0.0	13.6	1.0
	E	D	61	0.0	0.0	0.0	0.0
		N	66	46.8	0.0	7.6	2.3

Tabela 6. Valores de densidade (p/100m³) de larvas e ovos de peixes coletados no neuston inferior e superior, nas transecções 1 e 2 do Arquipélago de Fernando de Noronha, em julho e agosto de 2010.

Transecto	Estação	Turno	Amostra	N.Superior		N.Inferior	
				Ovos	Larvas	Ovos	Larvas
1	A	D	94	7.2	3.6	0.0	1.8
		N	90	1.6	11.2	3.2	4.0
	C	D	97	3.1	9.2	3.1	0
		N	99	0.0	10.4	19.7	1.0
	E	D	93	2.0	0.0	2.0	0
		N	91	4.5	15.8	3.4	13.6
2	A	D	103	0.0	0.0	1.8	1.8
		N	106	325.5	2.1	352.9	4.3
	C	D	111	5.1	2.6	2.5	1.3
		N	107	1679.8	7.5	534.4	1.9
	E	D	110	809.2	8.8	191.0	5.5
		N	108	373.0	9.9	89.3	0.0

5.5.5 *Análise de Redundância (RDA e DCCA)*

A análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Uma vez que a comunidade respondeu de forma linear aos dados ambientais (1,377) optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na composição da densidade de ovos e larvas de peixes e da riqueza taxonômica, em função da estrutura oceanográfica. Estas análises DCCA foram consideradas significantes estatisticamente, uma vez que os testes de Monte-carlo

apresentou valor significativo para o primeiro eixo ($p=0,026$). Os coeficientes de regressão múltipla entre as variáveis oceanográficas ($< 0,7$) obtidos durante as Análises de Redundância indicaram a ausência de covariáveis, ou seja, de variáveis altamente correlacionadas.

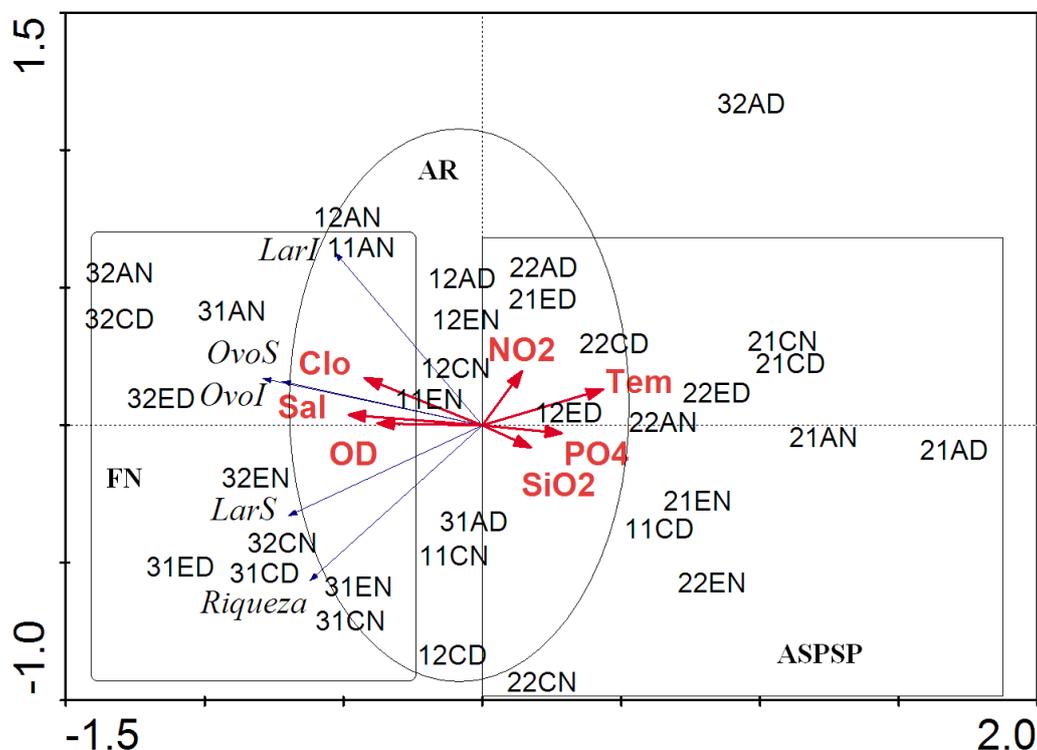
O diagrama de ordenação para a densidade de ovos e larvas de peixes e riqueza taxonômica foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância, pois eles explicaram 92% da variação percentual acumulada da relação entre os dados de comunidade e ambientais. A soma dos autovalores canônicos representou 26% da inércia total, quando o ideal é superior a 20% (Tabela 07).

Tabela 7. Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a densidade de ovos e larvas de peixes e riqueza taxonômica das ilhas oceânicas vinculadas a estrutura oceanográfica, nas ilhas oceânicas Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Atol das Rocas (AR) e Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), em julho e agosto de 2010.

	Eixos				
	1	2	3	4	
Autovalores	0.211	0.031	0.013	0.007	
Correlações espécie-ambiente	0.618	0.506	0.368	0.189	
Variância Percentual Acumulada					
	Dados de espécies	21.1	24.2	25.5	26.2
	Relação espécie-ambiente	80.4	92	97.1	99.7
Soma - Autovalores (Todos)	1				
Soma - Autovalores (Canônicos)	0.263				
Significância do Primeiro eixo canônico	$p=0.026$				
Significância de todos eixos canônicos	$p=0.17$				

Neste diagrama de ordenação (Figura 16) verificou-se uma evidente separação entre as estações de amostragem em função dos dados de comunidade e oceanográficos. O Arquipélago de Fernando de Noronha foi a ilha que apresentou uma maior concentração de ovos e larvas de peixes, bem como uma maior riqueza taxonômica e essa comunidade esteve correlacionada com uma maior quantidade de clorofila-*a* superficial, salinidade e oxigênio dissolvido. No Atol das Rocas ocorreram valores intermediários de densidade de ovos e larvas de peixes com relação aos parâmetros oceanográficos, e isso se deu em boa parte devido a uma boa quantidade de clorofila-*a* superficial e das taxas de salinidade. No geral, a comunidade ictioneustônica se correlacionou de forma negativa com as altas taxas de temperatura e com a elevada quantidade de nutrientes. Esses parâmetros foram elevados para o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, que acabou por evidenciar uma baixa densidade de ovos e larvas de peixes e de riqueza em sua área.

Figura 16. Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, densidade de ovos e larvas de peixes e riqueza taxonômica das ilhas oceânicas vinculadas a estrutura oceanográfica, no Nordeste Brasil. (Primeiro algarismo corresponde às campanhas ilhas 1, Atol das Rocas; 2, Arquipélago de São Pedro e São Paulo; 3, Arquipélago de Fernando de Noronha -12; segundo algarismo as transecções 1 e 2).



As áreas mostraram-se diferentes entre si com relação aos parâmetros ambientais, porém ficou evidenciado que o Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas apresentaram valores mais próximos das variáveis ambientais, e de que o Arquipélago de Fernando de Noronha dentre as ilhas foi o local que apresentou uma maior biomassa fitoplanctônica e uma maior abundância de ovos e larvas de peixes e de riqueza taxonômica, podendo ser considerado uma área de desova e crescimento. Enquanto que o Arquipélago de São Pedro e São Paulo foi a área que apresentou os menores valores de densidade ictioneustônica.

5.6 Discussão

Na camada superficial das três ilhas estudadas, a corrente Sul Equatorial e a corrente Norte do Brasil são as principais correntes exercendo influência, enquanto que na camada subsuperficial a subcorrente equatorial prevalece (RICHARDSON e MCKEE, 1984; PETERSON e STRAMMA, 1991). Em geral, as águas desse sistema são quentes e oligotróficas (EKAU *et al.*, 1999), pois através da interação dos processos de precipitação e evaporação acabam por apresentar temperatura e salinidade superficiais elevadas (MEDEIROS *et al.*, 1999; EKAU *et al.*, 1999), possibilitando a formação de uma termoclina permanente (TRAVASSOS *et al.*, 1999).

Apesar de o estudo ter sido realizado durante a época em que as temperaturas não estão tão elevadas, em geral as médias não foram baixas, com temperaturas mais elevadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (28,35 °C) e salinidades mais elevadas no Arquipélago de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (36,19). Os menores valores de salinidade foram encontrados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, devido a sua localização na Zona de Convergência Intertropical, área caracterizada por maiores índices de precipitação, conforme também observado por Travassos et al. (1999). Valores aproximados de temperatura e salinidade para as mesmas áreas de estudo já foram encontrados por outros autores (MEDEIROS *et al.*, 1999; SCHWAMBORN *et al.*, 1999; TRAVASSOS *et al.*, 1999; MACEDO-SOARES *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2013).

Macedo-Soares *et al.* (2011), estudando a variação da temperatura superficial do mar (TSM) e da clorofila superficial do mar (CSM) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo observaram que no período de baixos valores de TSM (Julho e Agosto), ocorreram altas taxas de CSM. Das ilhas estudadas, o Arquipélago de Fernando de Noronha foi a que apresentou os menores valores de temperatura superficial e os valores mais elevados de clorofila-*a* superficial, corroborando com os autores. Os baixos valores de TSM correlacionados aos altos valores de CSM podem indicar processos de ressurgências que estão vinculados às ilhas oceânicas, pois trazem águas frias e ricas em nutrientes (CALDEIRA *et al.*, 2002). O Arquipélago de Fernando de Noronha, bem como o Arquipélago de São Pedro e São Paulo foram as ilhas que apresentaram maior quantidade de nutrientes, principalmente na transecção 1 que sofre uma maior ação da corrente predominante e nas estações insulares. Esse fato, juntamente com os valores de temperatura superficial e clorofila-*a* superficial, no Arquipélago de Fernando de Noronha poderiam estar caracterizando uma possível ressurgência local. Souza et al. (2013) observaram elevação de isotermas e isohalinas ao redor do ASPSP e do AFN, comprovando uma interação entre o fluxo da corrente e a topografia dessas ilhas feições, justificando uma ressurgência topográfica nessas áreas. Resultado que não foi encontrado por Travassos et al. (1999) para a mesma área de estudo.

Mesmo sem evidências, entretanto, a clorofila-*a* superficial esteve mais concentrada nas estações insulares (A) das ilhas, sugerindo que a topografia dessas feições pode estar interferindo no sistema hidrográfico, através de ressurgências ou vórtices, que aumentam a produtividade primária ao redor das ilhas. Águas que circundam ilhas oceânicas podem ser caracterizadas como de produtividade primária, biomassa planctônica e potencial pesqueiro mais elevados devido ao efeito-ilha (HERNÁNDEZ-LÉON *et al.*, 2001). O nordeste do Brasil possui águas oligotróficas devido a existência de uma termoclina permanente (TRAVASSOS *et al.*, 1999) que leva a um fluxo vertical mínimo de nutrientes, provocando em geral baixas concentrações de clorofila-*a* superficial e baixa produtividade biológica (LONGHURST e PAULY, 1987; MEDEIROS *et al.*, 1999). Porém nas áreas oceânicas a exceção seria os locais influenciados por ressurgência topográfica, como as que ocorrem em ilhas e montes submarinos (NEUMANN-LEITÃO *et al.*, 1999; EKAU *et al.*, 1999). No ASPSP e no AFN a elevação da isoterma resulta na formação de um domo de água mais fria que pode resultar no enriquecimento das camadas superficiais (SOUZA *et al.*, 2013).

Além disso, também nas estações insulares das ilhas (A e C) e na transecção 2 foi observado elevada concentração de ovos, indicando que o lado mais abrigado da ilha pode ser considerado um possível local de desova, uma vez que oferece abrigo por proteger os ovos da corrente incidente, e também por que essas áreas insulares possuem maior concentração de clorofila-*a* superficial, ou seja, mais alimento para as futuras larvas. Bezerra JR. (1999) observou que os maiores valores de densidade de ovos e larvas de peixes foram registrados principalmente no lado mais abrigado do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e durante o inverno quando houve uma maior concentração de clorofila-*a* superficial, sugerindo uma relação entre produção primária e ictioneuston. A reprodução de peixes, além do padrão de distribuição e abundância de suas larvas parece ser muito influenciada por variações da estrutura hidrográfica (SABATÉS *et al.*, 2001). O fato de possuir mais clorofila-*a* superficial e ovos de peixes nas estações insulares das ilhas confirma as hipóteses dos autores citados anteriormente, de que pode estar existindo um possível efeito-ilha.

Na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) a densidade larvar pode chegar até 1000 larvas/ 100m³, incluindo ilhas oceânicas e montes submarinos (MAFALDA JR. *et al.*, 2009). Apesar de não ter sido encontrado um resultado tão elevado da densidade larvar no presente estudo, o Arquipélago de Fernando de Noronha foi a área que apresentou as densidades mais elevadas de ictioneuston e os valores mais elevados de clorofila-*a* superficial, indicando um possível efeito ilha. Contudo, para a mesma área de estudo, Lessa *et al.* (1999) não encontraram relação entre a densidade larval com ressurgências, de forma que não se pôde justificar um efeito-ilha.

Provavelmente devido a uma maior quantidade de clorofila-*a* superficial no arquipélago de Fernando de Noronha, como consequência ocorreu maiores taxas de oxigênio dissolvido (OD) superficial, possivelmente devido a ação fotossintética, embora Medeiros *et al.* (1999), afirme que o alto conteúdo de oxigênio dissolvido ocorre pelo fato da camada superficial ser bem misturada pela ação dos ventos. Esses autores encontraram valores próximos ao do presente estudo. O oxigênio dissolvido correlacionou positivamente com a densidade larval apenas durante o período noturno. As densidades mais elevadas de larvas de peixes encontradas nessa área estão associadas às maiores concentrações de oxigênio dissolvido e teor de clorofila-*a* superficial. No Arquipélago de São Pedro e São Paulo, as espécies mais abundantes associaram-se positivamente a CSM (MACEDO-SOARES *et al.*, 2011), demonstrando a necessidade por alimento das larvas de peixe.

A maioria das larvas se concentrou nas estações oceânicas e na transecção 1, ou seja, no lado que sofre influência da corrente incidente das ilhas, indicando que essas larvas possam estar associadas a corrente, uma vez que estão sendo transportadas pela mesma. As comunidades ictioplancônicas da região oceânica do nordeste brasileiro são associadas às águas oligotróficas superficiais da corrente Sul Equatorial (EKAU *et al.*, 1999), sendo espécies indicadoras dessas águas superficiais pobres em nutrientes.

Em geral as concentrações de nutrientes na superfície foram baixas, apresentando valores mais elevados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo e no Arquipélago de Fernando de Noronha. Nas águas superficiais do nordeste brasileiro a quantidade de nutrientes encontrada é baixa, apresentando um máximo de concentração

abaixo da termoclina (MEDEIROS *et al.*, 1999) devido aos processos de mineralização da matéria orgânica. A concentração de nitrito, fosfato e silicato nas águas superficiais do nordeste do Brasil são tão baixas que chegam a atingir valores não detectáveis (MEDEIROS *et al.*, 1999).

As demais variáveis não influenciaram na distribuição da comunidade ictioneutônica. Lessa *et al.* (1999) também não encontrou influência de temperatura e salinidade sobre a distribuição das larvas de peixes, encontrando no Arquipélago de São Pedro e São Paulo influência apenas do vento sobre a distribuição das larvas, e no Arquipélago de Fernando de Noronha apenas da cobertura de nuvem.

5.7 Conclusões

O sistema de correntes que prevalecem no oceano Atlântico Tropical é constituído por águas superficiais quentes e oligotróficas. Porém, durante o inverno, que compreende os meses junho e agosto, a temperatura é mais amena nas águas superficiais e as taxas de clorofila-*a* superficial são um pouco maiores. Essa realidade ocorreu principalmente no Arquipélago de Fernando de Noronha, e esse fato pode estar indicando uma possível ressurgência local, apesar de estudos anteriores não terem constatado esse fenômeno natural para as ilhas estudadas.

Atribuído a essa taxa mais elevada de clorofila-*a* superficial no Arquipélago de Fernando de Noronha, a concentração de oxigênio dissolvido nessa área foi maior, possivelmente devido as maiores taxas fotossintéticas e esse fato esteve relacionado com uma maior agregação do ictioneuston.

No geral, no período diurno não teve diferença significativa das variáveis ambientais nas diferentes distâncias e nem nos diferentes transectos. Porém no período noturno, as taxas de clorofila-*a* superficial se mostraram maiores nas estações insulares (A) do que nas estações oceânicas. Esse fato pode estar atrelado a um possível efeito ilha, uma vez que essas feições podem estar interferindo no sistema hidrográfico, de forma que aumente a produtividade biológica local, principalmente no Arquipélago de Fernando de Noronha.

Os nutrientes apresentaram correlação negativa com o ictioneuston e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo foi a ilha que apresentou uma das maiores quantidades de nutrientes e a menor quantidade de larvas e ovos de peixes. As demais variáveis não exerceram influências significativas na distribuição espacial do ictioneuston, corroborando com estudo anteriores para as mesmas áreas.

De uma forma geral, os ovos de peixes estiveram concentrados nas estações insulares no lado mais abrigado da ilha, indicando que esse lado pode ser uma possível área de desova, por estar protegido da corrente incidente e por conter mais alimento, enquanto as larvas estiveram mais concentradas nas estações oceânicas no lado que sofre maior ação da corrente incidente, demonstrando ser espécies indicadoras de águas superficiais oligotróficas, como as correntes Sul Equatorial e Norte Equatorial. Porém ovos e larvas de peixes e uma maior riqueza taxonômica estiveram associados as taxas de clorofila-*a* superficial, que se deu em uma maior concentração no Arquipélago de

Fernando de Noronha. Para saber se de fato existe um efeito ilha nas regiões estudadas e principalmente no Arquipélago de Fernando de Noronha, se faz necessário estudos mais aprofundados das variáveis e dos impactos sobre a comunidade planctônica.

6 CONCLUSÕES FINAIS

Nas ilhas oceânicas estudadas as águas superficiais são em geral quentes e oligotróficas (EKAU *et al.*, 1999)¹, porém durante o período de estudo (junho e agosto), as temperaturas foram mais amenas e esse fato coincidiu com uma maior concentração da clorofila-a e de nutrientes nas estações insulares das ilhas, além de uma maior concentração de nutrientes na transecção 1, que sofre influência direta da corrente, indicando que possa estar havendo uma possível ressurgência topográfica nessas feições. Porém Travassos *et al.* (1999)² não encontraram vestígios de possíveis ressurgências nas áreas estudadas.

Ainda assim, esse conjunto de fatores oceanográficos permitiu a agregação do ictioneuston, que esteve associado as maiores taxas de clorofila-a e oxigênio dissolvido. Fato que ficou bem evidenciado no Arquipélago de Fernando de Noronha, sugerindo um possível efeito-ilha para essa área e podendo caracterizá-la como área de desova e crescimento, uma vez que a maioria dos ovos e uma maior riqueza taxonômica foram encontrados nessa ilha.

Mesmo com uma maior concentração de larvas e ovos de peixes no Arquipélago de Fernando de Noronha, de uma forma geral, as três ilhas apresentaram baixa densidade, possivelmente devido as dificuldades encontradas na camada neustônica tais como predação, competição e condições ambientais adversas. O ictioneuston foi mais presente no período noturno e na camada superior, indicando uma variação nictemeral, principalmente para os exemplares da família Myctophidae.

Nas três ilhas a maior concentração de ovos de peixes se deu nas estações insulares, na transecção 2 (lado mais abrigado), indicando que essa transecção pode ser uma possível área de desova por estar protegido da corrente incidente, por conter mais alimento e por apresentar larvas de famílias que necessitam estar próximas dessas feições para desovar como Exocoetidae e Scombridae, enquanto que a maior concentração de larvas se deu na transecção 2 (ação direta da corrente incidente), em estações oceânicas, por se tratar de espécies que são indicadoras de águas oligotróficas, como exemplares da família Myctophidae, fato que foi observado também por Ekau *et al.* (1999).

As demais variáveis ambientais e as densidades de ovos e larvas de peixes não diferiram quanto as diferentes distâncias (A, C e E).

O ictioneuston das ilhas oceânicas foi constituído principalmente por espécies meso e epipelágicas, seguidas por espécies recifais e demersais, resultado encontrado também por Mafalda JR. e Souza (2004)³. Myctophidae foi a família mais abundante e mais ocorrente, além de ter apresentado a maior riqueza taxonômica. A espécie *Ceratoscopelus warmingii*, pertencente a essa família, foi a única comum as três ilhas, indicando ampla distribuição nas áreas de estudo. As espécies em comum a todas as distâncias em cada ilha foram *C. warmingii*, *L. guentheri* e *L. luminosa*, sugerindo ampla distribuição na região.

¹ Ekau *et al.* 1999

² Travassos *et al.* 1999

³ Mafalda Jr. e Souza 2004

O Arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas foram as ilhas que apresentaram um maior número de espécies em comum como *Diaphus mollis*, *Lepidophanes guentheri* e *C. warmingii* (Myctophidae) e *Cyclothone alba* (Gonostomatidae), sugerindo que esse complexo insular apresenta taxa significativa de endemismo.

Mesmo que no Arquipélago de Fernando de Noronha tenha sido a ilha que mais reuniu os fatores oceanográficos e biológicos que indiquem um possível efeito-ilha, este fato para ser confirmado necessita de estudos mais aprofundados na região e também nas outras ilhas a fim de investigar de que forma as variáveis ambientais estão interferindo na comunidade ictioneustônica.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M. As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. *Boletim Sociedade Brasileira de Geologia*, 4(2): 23 – 40. 1955.
- ANDRADE, A. P.; LESSA, R. P.; BEZERRA JR., J. L. Ictioneuston do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Programa Arquipélago). **Resumos do I Workshop Científico/Ambiental**, Natal, RN. 2001
- ARAÚJO, I. M. S.; SILVA-FALCÃO, E. C.; SEVERI, W. . Buccal apparatus and gastrointestinal tract dimensions associated to the diet of early life stages of *Centropomus undecimalis* (Centropomidae, Actinopterygii). *Iheringia, Série Zoologia*, 101: 85 – 92. 2011.
- ARAÚJO, M. & CINTRA, M. Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial. In HAZIN, F. H. Z. (Ed.). **O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica**. SECIRM, Brasília. 2009. p. 106-113
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L. & SANTOS, A. S. **BioEstat 2.0. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém, Sociedade Civil Mamirauá. 2000. 272p.
- BECKER, M. Hidrologia dos Bancos e Ilhas oceânicas do Nordeste Brasileiro, uma contribuição ao Programa REVIZEE. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de São Carlos. 2001. 151 p.
- BEZERRA JR., J. L. Malaco e ictioneuston da Zona Econômica Exclusiva do nordeste do Brasil (REVIZEE). **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Oceanografia Biológica, Recife. 1999. 109 pp.
- BEZERRA JR., J. L.; DIAZ, X. G. & LEITÃO, S. N. Diversidade de larvas de peixes das áreas internas e externas do porto de Suape (Pernambuco - Brazil). *Tropical Oceanography*, 39(1): 1 – 13. 2011.
- BOEHLERT, G. W. & MUNDY, B. C. Vertical and onshore-offshore distributional patterns of tuna larvae in relation to physical habitat features. *Marine Ecology Progress Series*, 107: 1 – 13. 1994.
- BOEHLERT, G. W. Current-topography interactions at mid-ocean seamounts and the impact on pelagic ecosystems. *Geo Journal*, 16: 45 – 52, 1988.

- BOEHLERT, G. W.; WATSON, W. & SUN, L. C. Horizontal and vertical distributions of larval fishes around an isolated island in the tropical Pacific. *Deep-Sea Research A* 39: 439 – 466. 1992.
- BOZZANO, A.; PANKHURST, P. M. & SABATÉS, A. Early development of eye and retina in lanternfish larvae. *Visual Neuroscience* 24: 423 – 436. 2007.
- BRÖCKEL, K. & MEYERHÖFER, M. Impact of the Rocks of São Pedro and São Paulo upon the quantity and quality of suspended particulate organic matter. *Archive of Fishery and Marine Research* 47: 223 – 238. 1999.
- CALDEIRA, R. M. A.; GROOM, S.; MILLER, P.; PILGRIM, D. & NEZLIN, N. P. Sea-surface signatures of the island mass effect phenomena around Madeira Island, Northeast Atlantic. *Remote Sensing of Environment*, 80: 336 – 360. 2002.
- CAMPOS, T. F. C.; PETTA, R. A.; THEYE, T.; SICHEL, S. E.; SIMÕES, L. S. A.; SRIVASTAVA, N. K.; MOTOKI, A. A.; VIRGENS NETO, J. V.; ANDRADE, F. G. G. Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. In Hazin, F. H. V. (ed). **O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica**. Brasília: SECIRM. p. 55–64. 2009.
- CASTRO, L. R. & LANDAETA, M. F. Distribution and larval accumulation patterns around oceanic islands: easter island and salas y gómez island. *Ciencia y Tecnologia del Mar* 25: 133 – 147. 2002.
- CASTRO, M. F.; MEDEIROS, T. N.; FRANÇA, E. J. & SEVERI, W. Occurrence of early life stages of *Hirundichthys affinis* (Günther, 1866) and *Cheilopogon* sp. (Beloniformes, Exocoetidae) in a tropical estuary, northeastern Brazil. *Zoociências*, 10(2): 139 – 143. 2008.
- CIECHOMSKI, J. D. Ictioplankton. In: BOLTOVSKOY, D. (ed.) **Atlas del zooplankton Del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino**. Mar del Plata: INIDEP, 1981. p. 829 – 860.
- DÍAZ, X. F. G. *Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Oceanografia. Recife, 2007. 84p.
- DOTY, M. S. & OGURI, M. The island mass effect. *Journal of the International Council for the Exploration of the Sea*, 22: 33 – 37. 1956.
- DOWER, J. F. & PERRY, R. I. High abundance of larval rockfish over Cobb Seamount, an isolated seamount in the Northeast Pacific. *Fish Oceanogr*, 10: 268 – 274. 2001.
- DOYLE, M. J.; RUGEN, N. S. & BRODEUR, R. D. Neustonic ichthyoplankton in the western Gulf of Alaska during spring. *Fishery Bulletin*, 93: 231–253. 1994.
- EDWARDS, A. J. & LUBBOCK, R. Marine zoogeography of St Paul's Rocks. *Journal of Biogeography*, 10: 65 – 72. 1983.
- EKAU W. Topographical and hydrographical impacts on zooplankton community structure in the Abrolhos Bank region, East Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47: 307 - 320. 1999.
- EKAU W.; WESTHAUS-EKAU P. & MEDEIROS, C. Large scale distribution of fish larvae in the continental shelf waters off North-East Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47: 183 – 200. 1999.

- EKAU, W & KNOPPERS, B. An introduction to the pelagic system of the North-East Brazilian shelf. *Archive of Fishery Research*, 47: 113 – 132. 1999.
- EKAU, W.; HENDRICKS, A.; KADLER, S.; KOCH, V. & LOICK, N. Winter ichthyoplankton in the northern Benguela upwelling and Angola-Benguela Front regions. *BENEFIT Marine Science. South African Journal of Science*, 97(2): 9 – 26. 2001.
- EL-DEIR, A. C. A. Composição e distribuição espaço-temporal de formas iniciais de peixes do estuário do rio Jaguaribe, Itamaracá, litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Tese de doutorado**. Universidade Federal da Paraíba. 2005. 87 f.
- ESTON *et al.* Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 34: 37 – 53. 1986.
- FLOETER, S. R. & GASPARINI, J. L. The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. *Journal of Fish Biology*, 56: 1099 – 1114. 2000.
- FONTENEAU, A. Monts sous-marins et thons dans l'Atlantique tropical est. *Aquatic Living Resource*, 4: 13–25. 1991.
- GARTNER, J. V.; HOPKINS, T. L.; BAIRD, R. C. & NILLIKEN, D. M. The lanternfishes (Pisces, Myctophidae) of the eastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 85: 81 – 98. 1987.
- GHERARDI, D. F. M. & BOSENCE, D. W. Late Holocene Reef growth and relative sea-level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. *Coral Reefs*, 24: 264 – 272. 2005.
- GRASSHOFF, K. **Methods of Seawater Analysis**. Verlag Chemie. 1983.
- HEATH, M. R. The role of escape reactions in determining the size distributions of prey captured by herring larvae. *Environmental Biology of Fishes*, 38: 331 – 344. 1993.
- HEMPEL, G. & WEIKERT, H. The neuston of subtropical and boreal Northeastern Atlantic Ocean. A review. *Marine Biology*, 13: 70 – 88. 1972.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; ALMEIDA, C.; GÓMEZ, M.; TORRES, S.; MONTERO, I. & PORTILLO-HAHNEFELD, A. Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in island-generated eddies around Grand Canaria. *Journal of Marine Systems*, 30(1-2): 51 – 66. 2001.
- HUNTE, W.; OXENFORD, H. A. & MAHON, R. Distribution and relative abundance of flying fish (Exocoetidae) in the eastern Caribbean. II. Spawning substrata, eggs and larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 117: 25 – 37. 1995.
- JOHN, H. C. Horizontal and vertical distribution of lancelet larvae and fish larvae in the Sargasso Sea during spring 1979. *Meeresforschung*, 30: 133-143.
- JOYEUX, J. -C.; PEREIRA, B. B. & ALMEIDA, H. G. The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. *Journal of Plankton Research*, 26(11): 1277 – 1287. 2004.
- KATSURAGAWA, M. & MATSUURA, Y. Comparison of the diel and spatial distribution patterns of ichthyoplankton and ichthyoneuston in the Southeastern Brazilian Bight. *Brazilian Journal of Oceanography*, 38(2): 133 – 146. 1990.

- KIKUCHI, R. K. P. & LEÃO, Z. M. A. N. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. In: International Coral Reef Symposium, 8, 1996, Panamá. **Proceedings of the 8th International Coral reef Symposium Panama City**: Smithsonian Tropical Research Institute. 1997. p. 731-736.
- KIKUCHI, R. K. P. Geomorfologia, Estratigrafia e Sedimentologia do Atol das Rocas (Rebio-IBAMA/RN). Salvador. **Dissertação de Mestrado**. Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. 1994. 144 p.
- LEIS, J. M. & CARSON-EWART, B. M. *In situ* settlement behavior of damselfish (Pomacentridae) larvae. *Journal of Fish Biology*, 61: 325 – 346. 2002.
- LEIS, J. M. & TRNSKI, T. **The larvae of Indo-Pacific shore-fishes**. New South Wales University Press, Kensington. 1989.
- LEPS, A.; SMILAUER, P.; **CANOCO. Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows**. Ithaca, Microcomputer Power, 1998. 352 p.
- LESSA *et al.* Oceanografia biológica: composição, distribuição e abundância do ictioneuston na ZEE da região Nordeste do Brasil. IN: Hazin, F. H V. **Biomassa fitoplanctônica: Biomassa primária e secundária, macrozooplâncton, ictioplancton, ictioneuston, macrofauna bêntica** (volume 2). Fortaleza: Martins & Cordeiro, 2009. p. 166 - 194.
- LESSA, R.; MAFALDA JR., P.; ADVÍNCULA, R.; LUCCHESI, R.; BEZERRA JR., J. L.; VASKE JR., T. & HELLEBRANDT, D. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. *Archive of Fishery Research*, 47: 133 – 146. 1999.
- LIRA, S. M. A. Distribuição e composição do zooneuston em ambientes insulares do Oceano Atlântico Tropical, com ênfase em Decapoda. **Dissertação de Mestrado**. Pós graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 2013. 82p.
- LONGHURST, A. & PAULY, D. **Ecology of Tropical Oceans**. San Diego: Academic Press, 1987. 407 pp.
- MABESOONE, J. M. & P. N. COUTINHO. Litoral and shallow marine geology of Northeastern Brazil. *Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco*, 12: 1 – 214. 1970.
- MACEDO-SOARES, L. C. P.; CARVALHO, M.; FREIRE, A. S. & MUELBERT, J. H. Variabilidade temporal e espacial da temperatura superficial do mar e da clorofila-*a* no entorno do Arquipélago São Pedro e São Paulo e seus efeitos na comunidade ictioplanctônica. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR. 2011. p.7129
- MACEDO-SOARES, L. C. P.; FREIRE, A. S. & MUELBERT, J. H. Small-scale spatial and temporal variability of larval fish assemblages at an isolated oceanic island. *Marine Ecology Progress Series*, 444: 207 – 222. 2012.
- MACEDO-SOARES, L. C. P.; FREIRE, A. S.; KOETTKER, A. G.; MENEZES, B. S.; FERNÁNDEZ, D. B. & BRANDÃO, M. C. Zooplâncton. In Hazin, F. H. V. (ed). **O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica**. Brasília: SECIRM. p. 128–137. 2009.

- MAFALDA JR., P. Distribuição e abundância do icteoplâncton da costa norte da Bahia e suas relações com as condições oceanográficas. Tese de Doutorado. Departamento de Oceanografia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2000. 135p.
- MAFALDA JR., P. O. & SOUZA, C. S. Oceanografia biológica: estrutura da comunidade de larvas de peixes na ZEE da região Nordeste do Brasil. IN: HAZIN, F. H. V. **Biomassa fitoplanctônica: Biomassa primária e secundária, macrozooplâncton, icteoplâncton, ictioneuston, macrofauna bêntica** (volume 2). Fortaleza: Martins & Cordeiro, 2009. 236p.
- MAFALDA Jr., P. O. *et al.* **Dinâmica e diversidade das comunidades de icteoplâncton sobre montes submersos e em torno de ilhas oceânicas e sua relação com fenômenos oceanográficos**. Recife/ Salvador: JOP'S II. Relatório parcial (JOP'S II). 1997. 22p.
- MAFALDA, JR., P. & SILVA, V. R. F. Caracterização do icteoplâncton do sistema estuarino-lagunar de Jequiá, Alagoas. *Boletim de Estudos de Ciências do Mar*, 9: 89 – 104. 1996.
- MAFALDA, JR.; SOUZA, C. S.; WEISS, G. Composition of Trichiuridae and Gempylidae larvae (Teleostei) and their association with water masses in the Southwest Atlantic Ocean. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 38(4): 3 – 20, 2009.
- MARGALEF, R. Information theory in ecology. *Society for General Systems*, 3: 36 – 71. 1958.
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Programa Regional de Desarrollo Científico e Tecnológico. Washington. 1982. 168p.
- MEDEIROS, C.; MACÊDO, S. J.; FEITOSA, F. A. N. & KOENING, M. L. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic Waters off North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47: 307 – 320. 1999.
- MEHNER, T. & KASPRZAC, P. Partial diel vertical migrations in pelagic fish. *Journal of Animal Ecology*, 80: 761–770. 2011.
- MELO, P. A. M. C.; DÍAZ, X. F. G.; MACEDO, S. J. & NEUMANN-LEITÃO, S. Diurnal and spatial variation of the mesozooplankton community in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 5(121): 1 – 14, 2012.
- MIGUENS, A. P. **Navegação Costeira, Estimada e em Águas Restritas**. Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha 1. 1995.
- MONTEIRO, A.; EL-DEIR, A. C.; BOMPASTOR, L. F. & LESSA, R. Aspectos reprodutivos do peixe voador *Cypselurus cyanopterus*. I Workshop do REVIZEE-NE, Recife-PE, **Abstracts**. 1995. p. 79.
- MORATO, T.; HOYLE, S. D.; ALLAIN, V. & NICOL, S. J. Seamounts are hotspot of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107: 9707 – 9711. 2010.
- MOSER, H. & SMITH, P. E. Larval assemblages and Oceanic Boundaries. *Bulletin of Marine Science*, 53: 283 – 289. 1993.

- NEIRA, F. J.; MISKIEWICZ, A. G. & TRNSKI, T. **Larvae of temperate Australian fishes: laboratory guide for larval fish identification**. University of Western Australia Press, Nedlands. 1998.
- NELSON, J. S. *Fishes of the World*. New York, John Wiley e Sons, nº 4, 601p., 2006.
- NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O; SILVA, T. A.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A. & SILVA, A. P. Mesozooplankton biomass and diversity in coastal and oceanic Waters off North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research* 47: 307 – 320. 1999.
- NOGUEIRA, M. M.; SOUZA, C. S. & MAFALDA JR., P. O. The influence of abiotic and biotic factors on the composition of Tetraodontiforms larvae (Teleostei) along the Brazilian Northeast Exclusive Economic Zone (1°N - 14°S). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 7(1): 10 – 20. 2012.
- NONAKA, R. H.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin*, 98: 767 – 784. 2000.
- OKYAMA, M. **An atlas of the early stage fishes in Japan**. Tokai University Press, Tokyo. 1988. 1154p.
- PALMA, J. J. C. Fisiografia da área oceânica. In: Schobbenhaus, C. (ed.). **Geologia do Brasil**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral. 1984. 501p.
- PETERSON, R. G. & STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, 26: 1 – 73. 1991.
- PIELOU, E. C. **The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination**. Wiley, New York. 1984. 263p.
- PINTO, N. C. T.; MAFALDA, JR. P.; MEDEIROS, C.; MOURA, G.; SOUZA, C. S. Distribuição de larvas de *Katsuwonus pelamis* (Pisces, Scombridae), em larga escala, na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. *Tropical Oceanography*, 30(2): 119 – 131, 2002.
- RAKOCINSKI, C. F.; LYCZKOWSKI, J. & RICHARDSON, S. L. Ichthyoplankton assemblage structure in Mississippi sound as revealed by Canonical Correspondence Analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 43: 237 – 257. 1996.
- RICHARDS, F. A. & THOMPSON, T. G. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *Journal of Marine Research*, 11(2): 156 – 172, 1952.
- RICHARDS, W. J. **Early Stages of Atlantic Fishes: An Identification Guide for the Western Central North Atlantic**. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2006. 2640 p.
- RICHARDSON, P. L. & MCKEE, T. K. Average Seasonal-variation of the Atlantic Equatorial Currents from Historical Ship Drifts. *Journal of Physical Oceanography*, 14: 1226 – 1238. 1984.
- ROCHA, A. F.; SILVA-FALCÃO, E. C. & SEVERI, W. Alimentação das fases iniciais do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) no estuário do Rio Jaguaribe, Itamaracá, PE. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(4): 365 – 370. 2008.

- ROZAS, L. P. & ODUM, W. E. Use of tidal freshwater marshes by fishes and macrofaunal crustaceans along a marsh stream-order gradient. *Estuaries*, 10: 36 – 43. 1987.
- SABATÉS, A.; SALAT, J. & OLIVAR, M. P. Advection of continental water as an export mechanism for anchovy, *Engraulis encrasicolus*, larvae. *Scientia Marina*, 65: 77 – 88. 2001.
- SALVANES, A. G. V. & KRISTOFERSEN, J. B. Mesopelagic fishes. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 3: 1711 – 1717. 2001.
- SCHWAMBORN, R.; EKAU, W.; SILVA, A. P.; SILVA, T. A & SAINT-PAUL, U. The contribution of estuarine decapod larvae to marine zooplankton communities in North-East Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47: 307 – 320. 1999.
- SEVERI, W.; URACH, B. F. & CASTRO, M. F. Occurrence of *Microsdesmus bahianus* e *M. longipinnis* (Teleostei: Microdesmidae) larvae and juveniles in estuaries of the State of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(4): 360 – 364. 2008.
- SHANNON, C. E. A. Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379 – 423. 1948.
- SILVEIRA, P. C. A. Ictioneuston da Zona Econômica Exclusiva referente ao estado do Maranhão (região norte do Brasil). **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Oceanografia da UFPE, Recife. 2003. 56f.
- SOUZA, C. S.; BARREIRO, A. S.; MAFALDA JR., P. Padrões espaciais e Temporais de Scaridae (Pisces: Perciformes) no Nordeste do Brasil e suas relações com os fatores oceanográficos. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 14(2): 1 – 11. 2010.
- SOUZA, C. S.; LUZ, J. A. G.; MACEDO, S.; MANUEL, J. F. M.; MAFALDA, P. Chlorophyll a and nutrient distribution around seamounts and islands of the tropical south-western Atlantic. *Marine and Freshwater Research*, v. 64, p. 168-184, 2013.
- SOUZA, C. S.; MAFALDA JR., P. Distribution and abundance of Carangidae (Teleostei, Perciformes) Associated with Oceanographic Factors along the Northeast Brazilian Exclusive Economic Zone. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(6): 1267 – 1278. 2008.
- STRETTA, J. M. Contribution de la teledetection Aerospatiale a l'elaboration des bases de l'halieutique operationnelle: l'exemple des pecheries thonieres tropicales de surface (aspect predictif). **These de doctorat d'etat ès Sciences Naturelles**. Université Pierre et Marie Curie. Paris. 1991. 126p.
- STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. Bulletin n° 167. Fisheries Research Board of Canada: Ottawa, 1972. 211p.
- TCHERNIA P. **Descriptive Regional Oceanography**. Pergamon Press: Oxford, 1980.
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5): 1167 – 1179. 1986.
- TRAVASSOS, P.; HAZIN, F. H. V.; ZAGLAGIA, J. R.; ADVÍNCULA, R. & SCHÖBER, J. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47: 211 – 222. 1999.

- TRICKLEBANKS, K. A.; JACOBY, C. A. & MONTGOMERY, J. C. Composition, distribution and abundance of Neustonic Ichthyoplankton off Northeastern New Zealand. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 34: 263 – 275. 1992.
- VALENTIM, J. L.; MACEDO-SAIDAH, F. E.; TENENMAUM, D. R.; SILVA, N. M. L. A diversidade específica para a análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao ecossistema da ressurgência de Cabo Frio (RJ). *Neritica*, 6: 7-26. 1991.
- WESTERNHAGEM, H. Sub-lethal effects of pollutants on fish eggs and larvae. In: HOAR, W. S. & RANDALL, D. J. (Ed.). **Fish physiology**. New York: Academy Press, 1988. 11A, p. 253-346.
- ZAITSEV, Y. P. **Marine Neustonology** (translated from Russian). National Marine Fisheries Service, NOAA, and NSF. National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 1971. 207p.