

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E  
CONSERVAÇÃO NOS TRÓPICOS

RUAN CARLOS PIRES FAQUIM

**ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DEMERSAIS COSTEIROS NOS  
TRÓPICOS**

Maceió-AL

2014

RUAN CARLOS PIRES FAQUIM

**ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DEMERSAIS COSTEIROS  
NOS TRÓPICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Vandick da Silva Batista

Maceió-AL

2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

F218e Faquim, Ruan Carlos Pires.  
Estrutura de assembleias de peixes demersais costeiros nos trópicos  
/ Ruan Carlos Pires Faquim . – 2014.  
66f. : il.

Orientador: Vandick da Silva Batista .  
Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação  
nos Trópicos) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências  
Biológicas e da Saúde. Maceió, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Peixes demersais 2. Fatores ambientais. 3. Turbidez. 4. Clorofila.  
5. Composição de espécies. I. Título.

CDU: 597

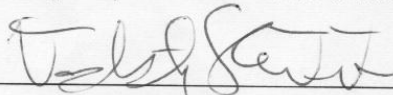
Folha de aprovação

Ruan Carlos Pires Faquim

ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DEMERSAIS  
COSTEIROS NOS TRÓPICOS.

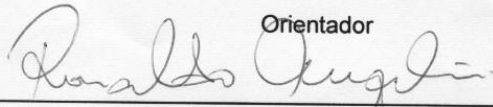
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Dissertação aprovada em 26 de fevereiro de 2014.



Prof. Dr. Vandick da Silva Batista - UFAL

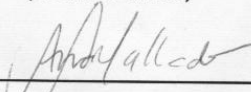
Orientador



Prof. Dr. Ronaldo Angelini – UFRN  
(membro titular)



Profa. Dra. Nídia Noemi Fabré - UFAL  
(membro titular)



Profa. Dra. Ana Cláudia M. Malhado – UFAL  
(membro titular)

MACEIÓ - AL  
Fevereiro / 2014

Dedico aos meus pais, pela atenção integral a minha educação e por acreditarem sempre que ela é base mais sólida para um futuro promissor. O orgulho é todo meu, por ter como pais, pessoas que são exemplo inegável de caráter, amor e dedicação aos filhos.

Obrigado. Amo vocês

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq) pelo apoio financeiro durante todo período de desenvolvimento e execução do mestrado.

Segundamente agradeço aos Professores Doutores Vandick da Silva Batista e Nídia Noemi Fabr  pelo acolhimento no Laboratório de Peixes e Pesca (LAEPP) e apoio intelectual durante todo processo de aprendizagem, confec o, desenvolvimento e conclusão deste projeto.

Terceiramente eu agradeço a todos os membros do Laboratório de Peixes e Pesca pela amizade, companheirismo, dedica o e principalmente pela grande ajuda no processo de campo e triagem de todos os materiais biológicos advindos das coletas de campo.

Agora, quero agradecer muito e profundamente aos meus pais (Luzimar Ant nio Faquim e Valdeci Ferreira Pires Faquim) e familiares, por me apoiarem de forma incondicional e respeitarem minhas decisões incondicionalmente. Finalmente, agradeço e dedico esta disserta o aos meus av s (Adolfo Pires e Lourdes Ferreira Pires), que foram, são e sempre serão meu alicerce, meu orgulho e meus heróis.

## RESUMO

Determinar as causas dos padrões de distribuição das espécies é fundamental em ecologia e biologia da conservação. Para comunidades locais, estudos recentes demonstraram processos atuando em múltiplas escalas espaciais e temporais. Que por sua vez afetam várias características locais, como a estrutura dos habitats, interações bióticas e os filtros ambientais. Para o grupo dos peixes demersais marinhos de águas rasas, os padrões atuais de distribuição refletem adaptações evolutivas, bem como respostas a mudanças ambientais como a batimetria, características oceanográficas locais e mais recentemente a pesca. Neste contexto, a pesquisa teve o intuito de compreender como diferentes formações costeiras (presença de recifes, lagoas costeiras e boca de rio) e diferentes variações ambientais (variações na ocorrência de clorofila e turbidez) interagem e afetam padrões de ocorrência em comunidades ictíicas costeiras tropicais. Para isso, foram realizadas quatro campanhas amostrais durante o período de seca (janeiro a abril), e chuva (maio a julho) na costa atlântica do nordeste do Brasil. As amostragens foram realizadas em transectos perpendiculares a linha de costa, com três estações de coleta por isóbata (10, 20 e 30 metros), totalizando 18 locais de coleta. Para captura dos peixes foi utilizada uma caceia de fundo composta por um conjunto de 14 redes de emalhar de 100 metros de comprimento por 2 de largura, com distâncias entre nós de 35, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 milímetros. Em cada local foram registradas turbidez (unidade nefelométrica de turbidez-NTU) e clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ). Os resultados indicaram que nesta região costeira tropical, foi encontrada similaridade de riqueza e densidade para diferentes profundidades ( $P > 0.05$ ). No entanto, regiões com diferença na complexidade do leito marinho (definido pela proporção dos recifes) foram significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) na composição de espécies, principalmente em profundidades menores. Fatores regionais (profundidade, sazonalidade) mostraram maior relação com turbidez ( $P < 0.05$ ) do que com clorofila ( $P > 0.05$ ). No entanto, todas as variáveis (profundidades, período, região, clorofila e turbidez) influenciaram o índice de composição de espécies ( $P < 0.05$ ). Portanto, conclui-se que em regiões tropicais, a compreensão da composição das espécies é mais relevante que dados gerais de abundância e riqueza de espécies. No entanto, para que haja uma melhor compreensão desses padrões, são necessários mais trabalhos que abordem temas como características funcionais, ecológicas, genéticas e evolutivas destas espécies.

**Palavras-chave:** Fatores ambientais. Turbidez. Clorofila. Composição de espécies. Peixes demersais.

## ABSTRACT

Determine the patterns of distribution of species are fundamental in ecology and conservation biology. For local communities, was demonstrated that processes acting at spatial and temporal scales. That affects local characteristics, such as habitat structure, biotic interactions and environmental filters. For marine demersal fish from shallow waters, the current distribution patterns reflect evolutionary adaptations and responses to environmental changes such as bathymetry, oceanography features and fishing. In this context, the aim was understand how different coastal formations (presence of reefs, coastal lagoons and river mouth) and different environmental variations (chlorophyll and turbidity) interact and affect occurrence patterns of demersal fishes in tropical coastal. So, experimental fishery using gillnets in the Northeast coast of Brazil was performed during a year. It were performed two local sampling at dry season (January to April) and two at rainy (May-July). Samples were taken in six transects perpendicular to the coastline, with three sampling stations by isobath (10, 20 and 30 meters), totaling 18 sampling sites. To catch the fish was used a group of gillnet composed of 14 gillnet with 100 feet long by 2 wide, with internodes distances of 35, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 mm. Turbidity and chlorophyll were recorded (nephelometric turbidity unit - NTU, mg / L ) at each site. The results indicated similarity at species richness and density for different depths ( $P > 0.05$ ) in tropical coastal region. However, the difference in seabed complexity (defined as the proportion of reefs) were significantly different ( $P < 0.05$ ), acting in species composition, especially at shallow water depths. Regional factors (depth, seasonality) indicate greater relationship with turbidity ( $P < 0.05$ ) than chlorophyll ( $P > 0.05$ ). Nevertheless, all variables (depth, period, region, chlorophyll and turbidity) affect the rate of species composition ( $P < 0.05$ ). Therefore, it is concluded that in tropical regions, understanding the species composition is more relevant than general data of abundance and species richness. So, it is still required more studies about topics such as functional, ecological, genetic and evolutionary characteristics.

**Keywords:** Environmental factors. Turbidity. Chlorophyll. Species composition. Demersal fish.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Location of sampling sites (18) on the marine coast of Alagoas, northeastern Brazil.....	31
Figura 2-	Variation of Jaccard similarity coefficient for three different depths (a), regions (b) and seasonal period (c) of the northeastern coast of Brazil-South Atlantic.....	34
Figura 3	Comparison Jaccard similarity coefficient between interactions of depth (a - 10, 20 and 30m) and region (b - north, central and south) in northeastern Brazil - South Atlantic.....	35
Figura 4	Comparison between similarity Jaccard coefficient with three depths (10, 20 and 30m) and three coastal regions (north, central and south) in northeastern Brazil - South Atlantic.....	37
Figura 5	Mapa da região costeira marinha do estado de Alagoas, nordeste do Brasil com indicação dos locais de coletas.....	49
Figura 6	Variação das médias de turbidez por período sazonal e profundidade, para região tropical no atlântico sul ocidental (ANOVA, $p < 0.01$ ).....	51
Figura 7	Relação das médias de turbidez para interação entre região e profundidade, profundidade para diferentes formações costeiras tropicais (ANOVA, $p < 0.01$ ).....	51
Figura 8	Variação das médias de turbidez para interação entre período sazonal e diferentes formações costeiras tropicais (ANOVA, $p < 0.01$ ).....	52
Figura 9	Relação entre as variáveis ambientais clorofila (CHL-A) e turbidez, para uma região ocidental no Atlântico sul tropical ( $R^2 = 0,2481$ ; $p < 0.001$ ).....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relationship among 88 species and 1040 individuals in each variable (area, depth and period), indicating, total species, exclusive specie its percentage.....	33
Tabela 2 Performance of GLM with Poisson distribution (P) and Negative Binomial (NB) for relationship between depth, region and period, to the total number of species (N. species), the total number of individuals (N. total) and the Simpson index (Simpson).....	36
Tabela 3 Comparison between similarity Jaccard coefficient with three depths (10, 20 and 30m) and three coastal regions (north, central and south) in northeastern Brazil - South Atlantic.....	37
Tabela 4 Testes de regressão linear múltipla entre turbidez e clorofila (Chl-a) com gradientes ecossistêmicos (região, profundidade e período) em região tropical no Atlântico Sul.....	50
Tabela 5 Efeito de variáveis ambientais sobre a composição de espécies (Jaccard) em região costeira ocidental no Atlântico sul tropical.....	53

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>A Pesca Artesanal de Peixes Demersais.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Pesca Artesanal em Alagoas.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Peixes demersais.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Fatores influentes em comunidades de peixes.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5</b>	<b>Temperatura.....</b>	<b>16</b>
<b>1.6</b>	<b>Profundidade.....</b>	<b>17</b>
<b>1.7</b>	<b>Produtividade Primária (Clorofila-a).....</b>	<b>17</b>
<b>1.8</b>	<b>Turbidez.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>ENVIRONMENTAL DETERMINANTS OF DEMERSAL FISH ASSEMBLAGES IN TROPICAL ATLANTIC COASTAL WATERS.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Métodos de coleta.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Análises Estatísticas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E TURBIDEZ AFETAM ASSEMBLEIAS ICTIÍCAS COSTEIRAS NOS TROPICOS?.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Área de coleta.....</b>	<b>48</b>

3.2.2	Análise de dados.....	49
<b>3.3</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>54</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>61</b>

## APRESENTAÇÃO

O presente trabalho está organizado em três capítulos principais, em que o primeiro é uma revisão de literatura para auxiliar na interação e compreensão do conteúdo e os dois seguintes estão em formato de artigo.

A revisão de literatura aborda: a pesca artesanal de peixes demersais, a pesca artesanal em Alagoas, peixes demersais, fatores influentes em comunidades de peixes, temperatura, profundidade, produtividade primária e turbidez. Os dois capítulos subsequentes são respostas as hipóteses formuladas a partir das dúvidas observadas teoricamente.

As hipóteses que permeiam os capítulos dois e três são: (2) A variação da complexidade costeira e das características ambientais (profundidade, região e período climático) atuam como preditores da densidade, diversidade e composição de espécies de peixes marinhos costeiros; (3) Variáveis ambientais como clorofila e turbidez variam de acordo com características ambientais costeiras (profundidade, formação e período) e influenciam os padrões de ocorrência de comunidades ictíicas costeiras marinhas.

## **1 REVISÃO DE LITERATURA**

Comunidades de peixes demersais são fortemente afetadas pela pesca, seja por meio da remoção de espécies-alvo, capturas acidentais ou modificações dos habitats. Estes processos resultam em mudanças na biomassa, tamanho e composição de espécies (Bianchi et al. 2000). O aumento de técnicas de pesca como arrasto de fundo tem gerado diminuição grave na abundância, tanto de peixes grandes e de vida longa, como de peixes menores (Leiognathidae, Gerreidae e Mullidae). Por outro lado, esta técnica gera aumento nas populações de camarões e lulas (Suvapepun 1991, Bergstad et al. 2012).

Além do efeito da pesca, os padrões atuais de distribuição atuais de peixes demersais refletem adaptações evolutivas, bem como respostas a recentes mudanças ambientais como batimetria e características oceanográficas (Bergstad et al. 2012). Neste contexto, conhecer a diversidade dos grupos ictícos demersais e as variáveis ambientais que agem em seus padrões de ocorrência locais e regionais é o primeiro passo para possíveis estudos de conservação.

### **1.1 A Pesca Artesanal de Peixes Demersais**

As capturas globais de pesca estão em declínio e esta queda tem sido mascarada pela subnotificação e declarações incorretas de capturas dos países, além da combinação destes fatores com grandes flutuações ambientais na captura de espécies pelágicas de pequeno porte, como a peruana anchoveta, fazendo com que as informações globais de pesca sejam incoerentes com o dados reais de captura de espécies (Watson e Pauly 2001; Chassot et al. 2010).

A queda na captura atual pode ser explicada pela maior sequencia de retiradas locais de pescado, o que no passado seria balanceado pela expansão da pesca, visando novas oportunidades em auto mar e em águas profundas ou pela exploração de outros níveis tróficos (Pauly et al.2002; Chassot et al. 2010). Além disso, uma comparação de longo prazo com pesca recente mostra que gradientes de captura não foram modificados em pescas regionais na última metade do século. Este complemento entre a produção e pesca marinha revela que há mecanismos de

pesca similares e subjacentes ao funcionamento dos ecossistemas marinhos em todo o mundo (Chassot et al. 2010).

Para os peixes demersais, a maior parte das informações provêm principalmente da pesca. Uma delas é a pesca com linha sobre corais mortos, rochas ou outros fundos acidentados, a outra é pesca de arrasto em plataformas continentais largas, onde ocorrem depósitos adequados de areia ou lodo firme (Lowe-McConnel 1999).

## **1.2 A Pesca Artesanal em Alagoas**

Várias técnicas de pesca são utilizadas em todo litoral alagoano. A costa do estado de Alagoas tem 230km de extensão, aproximadamente, com 17 municípios costeiros e 47 comunidades pesqueiras. O litoral alagoano pode ser dividido em três áreas distintas: (1) norte, caracterizado pela presença de recifes; (2) central, lagunar, onde se destacam as lagoas Mundaú, Manguaba, Jequiá e Roteiro; (3) sul, onde se destaca a presença da foz do rio São Francisco (REVIZEE 2009).

Segundo o IBAMA (2001), no estado há 2.159 embarcações cadastradas, compostas principalmente por canoas (53%), que são classificadas como embarcações de pequeno porte (4 a 12m) e realizam viagens que não passam de 15 dias de duração. Para a frota de Maceió (AL), foram registrados 72 pesqueiros, em que, a área de atuação da frota é de 8°55' a 10°40' S e 34°50' a 36° 10' W. A distância dos pesqueiros à costa variou de 2 a 30 milhas náuticas, com profundidades locais de 22 a 236 m. A frota se desloca ao sul, até a foz do rio São Francisco, na divisa com Sergipe, e, para o norte até Pernambuco (REVIZEE 2009).

Em Alagoas, a propulsão à vela correspondeu a 80% das embarcações registradas. As espécies mais importantes nos desembarques da frota à vela do estado foram tainha, manjuba e sardinha. Para as embarcações motorizadas destacam-se camarões, pescadas e peixes vermelhos (REVIZEE 2009).

Em relação às áreas de pesca, dados do IBAMA indicam a predominância da linha de mão (34,3%), que tem seu emprego associado à possibilidade de captura de espécies de grande porte e elevado valor comercial. A rede de emalhar por sua

vez, foi a segunda arte de pesca mais representativa nas amostragens do SCORE-NE (20,6%) e IBAMA (27,1%; REVIZEE 2009).

De acordo com as técnicas mais utilizadas, compreende-se então que as explorações excessivas de espécies individuais tanto localmente, quanto regional e globalmente, limitarão as possíveis capturas futuras de múltiplas espécies. A retirada das espécies de auto nível trófico podem levar ao aumento potencial na captura de espécies pequenas (Gascuel et al. 2008; Chassot et al. 2010). Assim como, a comunidade pode responder a perda ou diminuição de uma espécie dominante com compensação em outras espécies, que por sua vez afetarão a riqueza de espécies (Zaret 1971, Frank et al. 2007).

### **1.3 Peixes demersais**

Peixes demersais são aqueles associados ao fundo, vivem nesta região por um período de tempo, seja no desenvolvimento ou durante toda vida. Algumas espécies apresentam hábitos agressivos e territorialistas e algumas têm uma conduta reprodutiva de migrações sazonais, mas, em sua maioria são peixes sedentários (Helfman et al. 2009).

A distribuição da diversidade da fauna de peixes demersais ocorre de acordo com a profundidade e é similar entre regiões do globo, quando refere-se a comparação de estudos realizados em Madeira e Açores (Menezes 2003; Menezes et al. 2006), mar Mediterrâneo (D'Onghia et al. 2004), parte meridional da Dorsal do Mesoatlântica (Hareide e Garnes 2001) e região sul da América do Sul (Menezes et al. 2009).

Devido a mudanças de habitat ontogênicos ou a grande plasticidade física, os peixes demersais ocorrem em diferentes profundidades. Portanto, a ocorrência das espécies pode não ser exclusiva para qualquer conjunto particular de profundidade (Menezes et al. 2009).

Estudos com peixes demersais em sua maioria não conseguem obter amostras de indivíduos de pequenos tamanhos para maior parte das espécies. Assim, a descrição da maior parte das assembleias é representada apenas pela distribuição do estágio adulto das espécies (Menezes et al. 2009).



#### 1.4 Fatores influentes em comunidades de peixes

Variações na riqueza de espécie por região geográfica têm sido muito estudadas para regiões terrestres (Rohde 1992, Huston 1994) e marinhas (Grassle e Maciolek 1992, Rex et al. 1993, Roy et al. 1998, Gray 2001, 2002). Ambas tem como enfoque estudos para manutenção e aplicação de áreas de conservação da biodiversidade. Uma das teorias mais conhecidas para diversidade de espécies é o declínio da riqueza de espécies com progressão do equador, tanto para padrões terrestres quanto marinhos (Frank et al. 2007; Gray 2001).

Dependendo do enfoque e da escala analisada várias características têm sido citadas como determinantes da estrutura das comunidades de peixes, desde características de estrutura dos habitats (Gorman e Karr 1978, Angermeier e Karr 1983), interações bióticas (Zaret e Rand 1971, Rahel e Stein 1988) ou filtros ambientais (Súarez 2008). Para comunidades locais, estudos recentes indicam que estas são determinadas por processos que atuam em múltiplas escalas, tanto espaciais quanto temporais (Heino et al. 2007).

Algumas características de habitats (tipo de substrato, profundidade, lodo mole, areia, rochas duras e coral) também são importantes para explicar a distribuição local e padrões de abundância de peixes demersais (Maravelias et al. 2007; Katsanevakis et al. 2009). Em locais abertos e sem cobertura de fundo, como trechos de areia ou lodo, as comunidades de peixes são menos diversas comparadas a habitats estruturados, como recifes de coral. Peixes demersais estão fortemente relacionados com os tipos de fundo, profundidade, sistema de correntes, salinidade, oxigenação e disponibilidade de alimento (Lowe-McConnel 1999, Leatwick et al. 2006).

No entanto, os principais fatores ambientais para esse grupo de peixes parece ser a quantidade de lama orgânica, ocorrência de manchas isoladas de recifes rochosos ou biogênicos. Assim como a ocorrência de condições salobras estuarinas, que estão associadas com lagunas costeiras e desembocadura de rios (Longhurst e Pauly 2007).

Em um contexto geral, a biodiversidade local é afetada pela combinação de fatores como: (i) o efeito direto nos organismos (como temperatura que provoca alterações na sobrevivência, sucesso reprodutivo, padrões de dispersão e comportamento), (ii) efeitos mediados por interações bióticas (como atribuição da vantagem competitiva de espécies que se sobrepõe) e (iii) efeitos indiretos através de correntes oceânicas.

Em geral, comunidades marinhas respondem ao estresse ambiental com três possíveis mudanças: (1) diminuição na diversidade; (2) dominância por espécies oportunistas e (3) redução no tamanho médio das espécies dominantes (Pearson e Rosemberg 1978, Gray 1989, Bianchi et al. 2000).

Assim, uma das questões fundamentais em ecologia e biologia da conservação é entender quais fatores determinam os padrões de abundância, distribuição e coocorrência de espécies. Modelos neutros de deriva de comunidade tem recentemente recebido mais atenção, pois podem prever certas características como os padrões de abundância relativa das espécies (Winemiller 2005).

## **1.5 Temperatura**

As respostas à pergunta da biodiversidade variam temporal e espacialmente, e um dos fatores relacionados com a riqueza de espécies é temperatura do oceano. Sugere-se que, áreas de água mais quentes e mais salinas são mais ricas em espécies, demonstrando maior resistência à exploração do que as regiões mais frias (Robertson et al. 1978). Para 26 estudos em 18 regiões com diferentes ecossistemas do Atlântico Norte, observou-se que a temperatura é fortemente correlacionada com a riqueza de espécies nos trópicos (Frank et al. 2007).

A fauna tropical no entanto, distribui-se entre as isotermas de 20°C. Em regiões subtropicais, observou-se que nos períodos mais frios do ano a fauna é delimitada por regiões em que a temperatura da água não cai abaixo de 16-18°C. Indicando assim, que temperatura do mar é um dos principais fatores na divisão da fauna marinha (Lowe-McConnel 1999). Pequenas mudanças no clima podem gerar grandes mudanças em comunidades marinhas, como regulação da predação

(Sanford 1999), variação na estrutura da cadeia alimentar e em funções do ecossistema aquático (Petchey et al. 1999, Bianchi et al. 2000).

Alterações causadas pelo aquecimento do globo alteraram a estrutura e funcionamento de alimentação em ecossistemas aquáticos (Bianchi et al. 2000). Em contramão, as flutuações climáticas podem agir positivamente na biodiversidade, favorecendo a coexistência de espécies possivelmente redundantes, a partir de um ponto de vista funcional, permitindo o aumento e enriquecimento da assembleia em certas regiões (Blandin 1987; Bianchi et al. 2000).

## **1.6 Profundidade**

Assim como temperatura, a profundidade é um dos fatores mais importantes sobre a riqueza de espécies de comunidades de peixes bentônicos e demersais (Sanders 1968; Pearcy et al. 1982; Merrett et al. 1991; Gordon e Bergstad 1992; Grassle e Maciolek 1992; Koslow et al. 1994; Macpherson e Duarte 1994; Leatwick et al. 2006). Além de uma tendência geral, para poucas espécies em regiões abissais, a relação entre número de espécies e o aumento da profundidade não é consistente (Pearcy et al. 1982; McClatchie et al. 1997).

Índices de pesca relacionados com abundância, derivados de pesquisas experimentais de arrasto de fundo, foram comparados a variáveis como característica do substratos, área, estações, profundidade, temperatura e salinidade, mostrando que profundidade foi o mais importante fator para todas as espécies. Onze espécies mostraram decréscimo na abundância com aumento da profundidade, enquanto as demais espécies foram mais abundantes em zonas de profundidade específicas, na plataforma continental ou na vertente continental superior (Damalas et al. 2010).

## **1.7 Produtividade Primária (Clorofila-a)**

A radiação solar é a principal fonte externa de energia para os ecossistemas marinhos. Mais de 90% da produtividade oceânica é fixada pelos fitoplânctons, posteriormente transferida por meio de teias alimentares por predação e perdido pelo metabolismo (Lindeman 1942; Duarte e Cebrian 1996; Chassot et al. 2010). Como em regiões tropicais os valores de luz e temperatura permanecem altos e a

termoclina fortemente desenvolvido geralmente persiste durante todo o ano, a produção primária é geralmente limitada pela disponibilidade de nutrientes (Lowe-McConnell 1999).

No entanto, qualquer profundidade tem uma forte e positiva associação entre riqueza de espécies e produtividade primária. O máximo de riqueza está concentrado em zonas de alta produtividade, indicados tanto por concentrações de clorofila-a quanto por zonas de mistura de massas d'água de origem contrastantes, associados com a frente subtropical (Leatwick et al. 2006).

No ambiente oceânico, a produtividade primária varia espacial e temporalmente, podendo ser utilizada como ferramenta para explicabilidade do máximo da captura de pesca em todo mundo, principalmente áreas temperadas (Chassot et al. 2010).

Altas taxas de produtividade primária têm sido relatadas em plataforma continental e em áreas de afloramento, onde o fornecimento de nutrientes na zona eufótica pode ser abundante (Berger 1989, Longhurst et al. 1995, Longhurst 1998, Hama et al. 1997). Em termos funcionais, pode-se interpretar isso como reflexo da importância dessas zonas na concentração de nutrientes, recursos de produtividade e de alimentos (Bakun 1996, Leatwick et al. 2006).

A concentração superficial de clorofila-a tem fortes ligações funcionais entre a produtividade primária e a atividade biológica da superfície e do fundo do mar. Ela está representada por uma grande contribuição ambiental resultante da deposição de material em partículas episódica (Leatwick et al. 2006). Sabe-se também que a produção de peixes no mar depende, da produção primária de algas na base da cadeia alimentar (Lowe-McConnell 1999).

A distribuição do fitoplâncton deve ser fortemente influenciada pela descarga de água doce, solutos, sedimentos em suspensão e ácidos húmicos. Tais influências podem afetar a intensidade da luz no ambiente e a qualidade da água, assim como a estratificação, mistura de águas e o fornecimento de nutrientes essenciais (Higgins et al. 2006). A produtividade primária pode ter forçar contrárias na coluna d'água, em águas muito turvas, geralmente, a produção primária se torna baixa, porque não há

uma penetração eficiente da luz na água, e em outros, a própria produtividade primária causa a turbidez (Esteves 1998).

Estudos mais recentes, estimam a composição da comunidade fitoplanctônica a partir da cor presente nas imagens provenientes dos dados de sensoriamento remoto (Alvain et al. 2005; Hirata et al. 2011; Kostadinov et al. 2010; Uitz et al. 2010; Brewin et al. 2011), que trabalham com a cor e fornecem uma perspectiva global única e extremamente valiosa sobre a dinâmica temporal e espacial dos aspectos das comunidades fitoplanctônicas marinhas, incluindo densidade superficial de clorofila, produtividade primária e composição da comunidade de fitoplâncton (Yoder et al. 2010).

Uma estimativa da média da quantidade de fitoplâncton não só fornece informações sobre a estrutura, mas também pode potencialmente ser usado como parâmetros de modelos para estimar a estrutura de um ecossistema. Para medição, predição e normalização das medidas de clorofila-a (chl-a) em campo utiliza-se o índice de clorofila- mg/l (Blanchard et al. 2009).

Os dados de sensoriamento remoto podem ser usados especialmente em regiões subtropicais e equatoriais, para estimar uma série temporal de tamanho médio da produção fitoplanctônica local. Análises demonstraram que as médias de fitoplâncton podem variar substancialmente na região de afloramento do Pacífico equatorial em resposta a alguns eventos. Este modelo oferece uma abordagem empírica para monitorar um aspecto da estrutura da comunidade de fitoplânctons, que apresentam dinâmicas temporais ao longo dos biomas e podem representar um indicador ecossistêmico importante das alterações climáticas (Polovina e Woodworth 2012).

## **1.8 Turbidez**

A turbidez é muito variável na natureza, tanto sazonal, quanto espacialmente, interferindo nos sedimentos em suspensão e na proliferação de algas. Porém, este efeito também pode ser causado por ventos, acarretando resuspensão do material em águas mais rasas (Scheffer et al. 1994). Alta turbidez também pode influenciar na variabilidade do apetite dos peixes (Roberts 1978, Ardjosoediro e Ramnarine

2002), indicando que quanto menor o nível de turbidez melhor será a alimentação dos indivíduos (Mallekh et al. 1998).

Os peixes são os principais predadores visuais em sistemas aquáticos, e muitas vezes são funcionalmente divididos em piscívoros e planctívoros, de acordo com suas dietas. A capacidade visual dos peixes de detectar presas depende da clareza da água e intensidade de luz, além do tamanho e tipo de movimentação da presas (Confer et al 1978, O'Brien 1987, Aksnes e Utne 1997).

Sob diferentes intensidades de luz, piscívoros são capazes de detectar presas a distâncias maiores e planctívoros capazes de detectar predadores antecipadamente (Breck 1993). Assim como, maiores taxas de turbidez ocasionam redução da taxa de encontro com predadores piscívoros (De Robertis et al. 2003).

Alterações verificadas na abundância e diversidade nas assembleias de peixes estão relacionadas ao uso de diferentes habitats associados com atividades de alimentação (Okun et al. 2005). Assim, outro fator relevante em relação a distribuição das espécies é sua alimentação, levando em consideração que os peixes tem uma das maiores plasticidades existente entre os vertebrados (Nikolski 1963).

Águas turvas apresentam três diferentes níveis de mudanças dos padrões alimentares: a taxa de encontro entre presa e predador, tempo gasto em ataques de um predador e a probabilidade de morte resultante de um encontro (Lima e Dill 1990). Os peixes têm preferências claras pelo tipo de água, e observam-se espécies que evitam águas turvas, outras que evitam águas claras e aquelas que ocorrem em níveis de turbidez intermediários. Para algumas outras espécies, aparentemente as diferenças na turbidez são indiferentes (Cyrus e Blaber 1987).

Para alguns peixes, o início do deslocamento no território ocorre quando há uma queda na turbidez durante o inverno. Para os juvenis de espécies de águas turvas, ocorre movimentação em direção as cabeceiras dos estuários onde a turbidez se manteve relativamente alta durante o inverno, demonstrando preferência destes por águas mais turvas (Blaber e Blaber 1980). Adaptações sensoriais para

detecção de presas sob condições prevalecentes ópticas desempenham um papel importante na organização dessas comunidades (Tejerina-Garro et al. 1998).

Neste contexto, a pesquisa tem o intuito de compreender como diferentes formações costeiras (presença de recifes, lagoas costeiras e boca de rio) e diferentes variações ambientais (variações na ocorrência de clorofila e turbidez) interagem e afetam padrões de ocorrência em comunidades ictíicas costeiras tropicais. Desta maneira os pressupostos são: 1. Sazonalidade, profundidade e complexidade do fundo do mar influenciam os padrões de diversidade e densidade das comunidades demersais costeiras; 2. O número de espécies e total de indivíduos em região tropical do Atlântico sul ocidental, são influenciados por variáveis como turbidez e clorofila.

## REFERÊNCIAS

- Alvain S.; Moulin C.; Dandonneau Y.; Bre´On F.M. (2005). Remote sensing of phytoplankton groups in case 1 waters from global SeaWiFS imagery. Deep-Sea Research Part I. Oceanographic Research Papers. 52(11): 1989-2004.
- Angermeier P. L.; Karr J. R. (1983). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. Environmental Biology of Fishes Vol. 9: 117-135.
- Ardjosoediro I.; Ramnarine I. W. (2002). The influence of turbidity on growth, feed conversion and survivorship of the Jamaica red tilapia strain. Aquaculture 212: 159–165.
- Bakun A. (1996). Patterns in the Ocean: Ocean processes and marine population dynamics. Fish Biology and Fisheries. 7 (3): 382-384.
- Berger W. H. (1989). Appendix: Global maps of ocean productivity. In: Productivity of the Ocean: Present and Past, W. H. Berger, V. S. Smetacek and G. Wefer, editors, John Wiley and Sons Limited, New York. 429-455.
- Bergstad O. A.; Menezes G. M.; Høines Å. S.; Gordon J. D.; Galbraith J. K. (2012). Patterns of distribution of deepwater demersal fishes of the North Atlantic mid-ocean ridge, continental slopes, islands and seamounts. Deep Sea Research Part I. Oceanographic Research Papers. 61: 74-83.
- Bianchi G.; Gislason H.; Graham K.; Hill L.; Jin X.; Koranteng K.; Manickchand-Heileman S.; Paya I.; Sainsbury K.; Sanchez F.; Zwanenburg K.. (2000). ICES Journal of Marine Science. 57: 558–571. doi: doi: 10.1006/jmsc.2000.0727, available online at <http://www.idealibrary.com>

- Bianchi C. N.; Morri C. (2000). Marine Biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, Problems and Prospects for Future Research. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 40.No. 5.367-376.
- Blaber. S. J. M.; Blaber T.G. (1980). Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish.*Journal of Fish Biology*.17: 143–162.
- Blanchard J. L.; Jennings S.; Law R.; Castle M. D.; Mcclochrie P.; Rochet M. J.; Benoît E. (2009). How does abundance scale with body size in coupled size-structured food webs?.*Journal of Animal Ecology*. 78: 270-280.
- Blandin P. (1987). Evolution des ecosyst emes et sp eciation: le role des cycles limatiques.*Bulletin d' Ecologie*. 18(1): 59-61.
- Breck E. (1993). Foraging Theory and Piscivorous Fish: Are Forage Fish Just Big Zooplankton? 122: 902-911.
- Brewin R. J. W.; Hirata T.; Hardman-Mountford N. J.; Lavender S. J.; Sathyendranath S.; Barlow R. (2012). The influence of the Indian Ocean Dipole on interannual variations in phytoplankton size structure as revealed by Earth Observation.*Deep-Sea Research II*. 77: 117–127.
- Chassot E.; Bonhommeau S.; Dulvy N. K.; Mélin; F.; Watson R.; Gascuel D.; Le Pape O. (2010). Global marine primary production constrains fisheries catches. *Ecology Letters*. 13: 495-505.
- Confer J. L.; Howick G. L.; Corzette M. H.; Kramer S. L.; Fitzgibbon S.; Landesbero R. L. (1978). Visual predation by planktivores.*Oikos*. 31: 27-37.
- Cyrus D. P.; Blaber S. J. M. (1987).The influence of turbidity on juvenile marine fishes in estuaries.Part 1. Field studies at Lake St. Lucia on the southeastern coast of Africa. *Exp. Mar. Biol. Ecol*. 109: 53-70.
- Damalas D.; Maravelias C. D.; Katsanevakis S.; Karageorgis A. P.; Papaconstantinou C. (2010). Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the eastern Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics.*Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 89: 107-118.
- De Robertis A.; Ryer C. H.; Veloza A.; Brodeur R.D. (2003). Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish.*Can. J. Fish.Aquat. Sci*. 60: 1517–1526.
- D'Onghia G.; Politou C. Y.; Bozzano A.; Lloris D.; Rotllant G.; Sión L., Mastrototaro F. (2004). Deep-water fish assemblages in the Mediterranean Sea. *Scientia Marina*. 68.
- Duarte C. M.; Cebrià J. (1996). The fate of marine autotrophic production.*Limnol. Oceanogr*. Vol. 41: 1758-1766.



- Esteves, F. (1998). *Fundamentos de limnologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602.
- Frank K. T.; Petrie B.; Shackell N. L. (2007). The ups and downs of trophic control in continental shelf ecosystems *TRENDS in Ecology and Evolution*. 22(5): 236-242.
- Gascuel D.; Morissette L.; Palomares M. L. D., Christensen V. (2008). Trophic flow kinetics in marine ecosystems: Toward a theoretical approach to ecosystem functioning. *ecological modelling*. 217: 33–47.
- Gordon J. D. M.; Bergstad O. A. (1992). Species composition of demersal fish in the Rockall Trough, north-eastern Atlantic, as determined by different trawls. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 72: 213-230.
- Gorman O. T.; Karr J.R. (1978). Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*. 59: 507-515.
- Grassle J. F.; Maciolek N. J. (1992). Deep-sea species richness: regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *Am. Nat.* Vol. 139. 313-341.
- Gray J. S. (1989). Effects of environmental stress on species rich assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society* 37, 19-32.
- Gray J. S. (2001). Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined. *SciMar* 65.Suppl 241–56.
- Gray J. S.; Ellingsen K. E. (2002). Spatial patterns of benthic diversity: is there a latitudinal gradient along the Norwegian continental shelf? *J. Anim. Ecol.* 71: 373-389.
- Hama T.; Shin K. H.; Handa N. (1997). Spatial variability in the primary productivity in the East China Sea and its adjacent waters. *Journal of Oceanography* 53: 41–51.
- Hareide N.R.; Garnes G. 2001. The distribution and catch rates of deep water fish along the Mid-Atlantic Ridge from 43 to 61 N. *Fisheries Research*. Vol. 51. 297–310.
- Heino J.; Mykrä H.; Muotka T. (2007). Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path? *Ecography*. 30(2): 217-230.
- Helfman, G., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.

- Higgins H. W.; Mackey D. J.; Clementson L. (2006). Phytoplankton distribution in the Bismarck Sea north of Papua New Guinea: the effect of the Sepik River out flow. *Deep Sea Res. I.* 53: 1845– 1863.
- Hirata T.; Hardman-Mountford N. J.; Brewin R. J. W.; Aiken J.; Barlow R.; Suzuki K.; Isada T.; Howell E.; Hashioka T.; Noguchi-Aita M.; Yamanaka Y. (2011). Synoptic relationships between surface Chlorophyll-a and diagnostic pigments specific to phytoplankton functional types. *Biogeosciences.* 8: 311–327.
- Huston M. A. (1994). *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes.* Cambridge University Press.
- IBAMA. (2001). *Relatório da Reunião do Grupo Permanente de Estudos da Lagosta - GPE.* Rio Formoso - PE.
- Katsanevakis S.; Tsiamis K.; Ioannou G.; Michailidis N.; Zenetos A. 2009. Inventory of alien marine species of Cyprus. *Mediterranean Marine Science.* 10: 109-133.
- Koslow J. A.; Bulman C. M.; Lyle J. M. (1994). The mid-slope demersal fish community of southern Australia. *Deep-sea Research I.* 41: 113.
- Kostadinov T. S.; Siegel D. A.; Maritorena S. (2009). Retrieval of the particle size distribution from satellite ocean color observations. *Journal of Geophysical Research.* 114.
- Leathwick J. R.; Elith J.; Francis M. P.; Hastie T.; Taylor P. (2006). Variation in demersal fish species richness in the oceans surrounding New Zealand: an analysis using boosted regression trees. *Marine Ecology Progress Series.* 321: 267-281.
- Lima S. L.; Dill L.M. (1990). Behavioural decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Can. J. Zool.* 68: 619-640.
- Lindeman R. L. (1942). The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology *Ecology.* 23: 399-417.
- Longhurst A. (1998). *Ecological geography of the sea.* Academic Press, London.
- Longhurst A. R.; Pauly D. (2007). *Ecologia dos oceanos tropicais.* EDUSP, São Paulo. 419.
- Longhurst A. R.; Sathyendranath S.; Platt T.; Caverhill C. M. (1995). An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *Journal of Plankton Research.* 17: 1245-1271.
- Lowe-McConnell R.H. (1999). *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais.* Editora da Universidade de São Paulo.

- Macpherson E.; Duarte C. M. (1994). Patterns in species richness, size, and latitudinal range of East Atlantic fishes. *Ecography*. 17: 242–248.
- Mallekh R.; Lagardere J. P.; Begout Anras M. L.; Lafaye J. Y. (1998). Variability in appetite of turbot, *Scophthalmus maximus* under intensive rearing conditions: the role of environmental factors. *Aquaculture*. 165: 123–138.
- Maravelias C. D.; Tsitsika E. V.; Papaconstantinou C. (2007). Seasonal dynamics, environmental preferences and habitat selection of John Dory (*Zeus faber*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Londres. 72: 703-710.
- McClatchie S.; Millar F. R.; Webster B.; Lester P. J.; Hurst R.; Bagley N. (1997). Demersal fish community diversity off New Zealand: Is it related to depth, latitude and regional surface phytoplankton? *Deep-Sea Research L*. 44(4): 647-667.
- Menezes N. A.; Buckup P. A.; Figueiredo J. L.; Moura R. L. (2003). *Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil*. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Menezes G. C.; Tavares-Dias M.; Ono E. A.; Andrade J. I. A.; Brasil E. M.; Roubach R.; Urbinati E. C.; Marcon J. L.; Affonso E. A. (2006). The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. 145: 274-279.
- Menezes G. M.; Rosa A.; Melo O.; Pinho M. R. (2009). Demersal fish assemblages off the Seine and Sedlo seamounts (Northeast Atlantic). *Deep-Sea Research Part II*. 56: 683-704.
- Merrett N. R.; Gordon J. D. M.; Stehmann M.; Haedrich R. L. (1991). Deep demersal fish assemblages structure in the Porcu-pine Seabight (eastern North Atlantic): slope sampling by three different trawls compared. *J Mar Biol Assoc UK*. 71:329-358.
- Nikolsky G. V. (1963). *The ecology of fishes*. Nova York, Academic. 352.
- O'Brien W. J. (1987). Planktivory by freshwater fish: Thrust and parry in the pelagia. 3-16.
- Okun N.; Mendonça R.; Mehner T. (2005). Diel shifts in community composition and feeding of juvenile fishes in the pelagic area of a large shallow lake. *Limnologica*. 35:70-77.
- Pauly D.; Christensen V.; Guenette S.; Pitcher T. J.; Sumaila, U. R.; Walters C. J.; Watson, R.; Zeller D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*. 418: 689–695.

- Pearcy R. W.; Osteryoung K.; Randall D. (1982). Carbon dioxide exchange characteristics of C<sub>4</sub> Hawaiian Euphorbia species native to diverse habitats. *Oecologia*. 55: 333-341.
- Pearson T. H.; Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 16: 229-311.
- Petchey O. L.; McPhearson P. T.; Casey T. M.; P. J. Morin. (1999). Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature*. 402: 69–72.
- Polovina J. J.; Woodworth P. A. (2012). Declines in phytoplankton cell size in the subtropical oceans estimated from satellite remotely-sensed temperature and chlorophyll, 1998–2007. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 77: 82-88.
- Rahel F. J.; Stein R. A. (1988). Complex predator-prey interactions and predator intimidation among crayfish, piscivorous fish, and small benthic fish. *Oecologia*. 75: 94–98.
- REVIZEE. (2009). Dinâmica das Frotas pesqueiras da Região Nordeste do Brasil. Programa REVIZEE - Score Nordeste.
- Rex M. A.; Stuart C. T.; Hessler R. R.; Allen J. A.; Sanders H. L.; Wilson G. D. F. (1993). Global-scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature*. 365: 636–639.
- Roberts R. J. (1978). *Fish Pathology*. Bailliere Tindall, London.
- Robertson D. A.; Roberts P. E.; Wilson J. B. (1978). Mesopelagic faunal transition across the Subtropical Convergence east of New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 12(4): 295–312.
- Rohde K. (1992). Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos*. 65: 514-527.
- Roy K.; Jablonski D.; Valentine J. W.; Rosenberg G. (1998). Marine latitudinal gradients: test of causal hypotheses. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 95: 3699–3702.
- Sanders H.L. (1968). Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. In: Woodwell GM, Smith HH (eds) *Diversity and stability in ecological systems*. Brookhaven Symposium. Biology Department, Brookhaven National Laboratory. 22: 71–81.
- Sanford E. (1999). Regulation of keystone predation by small changes in ocean temperature. *Science*. 283: 2095–2097.

- Scheffer M.; Baveco J. M.; DeAngelis D. L.; Lammens E. H. R. R.; Shuter B. (1994). Stunted growth and stepwise die-off in animal cohorts. *Am. Nat.*, 145: 376-388.
- Súarez. Y. R. (2008). Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. *Biota Neotrop.* 8.
- Suvapepun S. (1991). Long-term ecological changes in the Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 23: 213–217.
- Tejerina-Garro F.L.; Fortin, R.; Rodríguez M.A. (1998). Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the Araguaia River, Amazon Basin. *Environmental Biology of Fishes.* 51: 399-410.
- Uitz J.; Stramski D.; Baudoux A. C; Reynolds R. A.; Wright V. M.; Dubranna J.; Azam F. (2010). Variations in the optical properties of a particle suspension associated with viral infection of marine bacteria. *Limnology and Oceanography.* Vol. 55. 2317-2330.
- Watson R.; Pauly D. (2001). Systematics distortions in world fisheries catch trends. *Nature.* 414. 534-536.
- Winemiller K. O. (2005). Live History, Population Regulation, and implication for fisheries management. *Canada Journal Fisheries Aquatic Science.* 62: 872-885.
- Yoder J. A.; Kennelly M. A.; Doney S. C.; Lima I. D. (2010). Are trends in SeaWiFS chlorophyll time-series unusual relative to historic variability. *Acta Oceanologica Sinica.* 29(2): 1-4.
- Zaret T. M.; Rand A. S. (1971). Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology.* 52: 336-342.

## **2 ENVIRONMENTAL DETERMINANTS OF DEMERSAL FISH ASSEMBLAGES IN TROPICAL ATLANTIC COASTAL WATERS.**

### **ABSTRACT**

The influence of seasonality, depth and seabed complexity over fish diversity and density in coastal demersal communities was tested for marine coastal waters in the tropical waters of western Atlantic. Experimental fishery using gillnets in the Northeast coast of Brazil was performed during a year. It was hypothesized that the density, diversity and species composition are indifferent to the variation on the complexity in coastal environments and to depth variation. Results indicated that diversity or abundance latitudinal or depth gradients were not observed to these coastal waters. However, reef neighborhood, São Francisco influence and seasonal changes are important to fish diversity and density to shallow waters up to 10 m depth. To deeper depths fish composition was more sensitive to describe seasonal and spatial changes in the coastal system structure. Indexes used; variables included and the importance of coastal seabed need to be reconsidered when conservation policies be developed.

### **2.1 Introduction**

Spatial and temporal variability of environment factors is key information for understanding communities and ecosystems dynamics (Benedetti-Cecchi et al. 2000, Jonsson et al. 2006). They are important to explain the causes of variation on richness and species density at different habitats (Luckhurst and Luckhurst 1978, Ault and Johnson 1998, Lassau and Hochuli 2005) and scales (Underwood and Chapman 1996, Levin et al. 2001, Stuart et al. 2003). Particularly to coastal areas and the tropical region, species richness assessment at spatial and temporal axis and different levels is important requirements to environmental conservation (Gray 2001).

Seasonal change is a typical property of some ecological determinants as reproduction, migration and food availability (Okun et al. 2005, Maravelias et al. 2007, Stenseth and Rouyer 2008) increasing complexity of information required to its modelling and management. Those determinants are factors that generate different occupation patterns (Longhurst and Pauly 1987, Lowe-McConnell 1987, Winemiller

2005) important to be understood for conservation planning. They are particularly important to fish assessment in tropical oceans (Hutchings 2000) where light and temperature are not remarkable drivers of organism distribution.

Patterns have been proposed at large scale (Sanders 1968, Gray 2001) but local scale processes at marine coasts are still recommended being under exploratory assessment as there is a variety of factors that may affect the distribution, diversity and density of organisms (Longhurst and Pauly 1987; Gray 2001). Even so, it is still rare to find seasonal effects tested to tropical coastal environments.

Depth is theorized to be an important predictor of species richness and density of marine fauna (e.g. Sanders 1968; McClatchie et al. 1997, Moranta et al. 1998, Gray 2001). This variable is a simple and good general predictor as it affects the vertical distribution of many environmental variables - e.g. light intensity, temperature, movement of currents, rates of photosynthesis and nutrient absorption (Markager and Sand-Jensen 1992, McClatchie et al. 1997, Hurd 2000).

Seabed complexity influence is also relevant to demersal communities (Macpherson and Duarte 1994, Lowe-McConnell 1999, Maravelias et al. 2007, Katsanevakis et al. 2009, Damalas et al. 2010). This variant is particular because it is not affected by depth or seasonality when measured by the morphological structure.

The effect of this variable can be direct over communities, but its influence over hydrodynamics, food availability, habitat variability and other related may be remarkable (Longhurst and Pauly 1987, Lowe-McConnell 1987, Hurd 2000). Particularly to fish communities in tropical coasts, the effect of reefs complexity has been focused on inshore effects (Luckhurst and Luckhurst 1978, Beukers and Jones 1997) but not often on the surrounding impact what is also required to evaluate conservation effects.

Therefore, seasonality, depth and seabed complexity influence are potential main variables to determine patterns of diversity and density in coastal demersal communities. The aim of this study is to test this statement for marine coastal waters in the tropical waters of western Atlantic at the Northeastern coast of Brazil. In the paper was determined whether demersal fish assemblies from marine coastal areas

with different coastal reef complexity and depth differs seasonally in its density, composition and diversity. It was hypothesized that the density, diversity and species composition are indifferent to the variation on the complexity in coastal environments (parallel to shore) and to depth variation (perpendicular to shore). If these components (depth and complexity) do not vary throughout the year, is expect that this ratio stay similar between tropical seasons (rainy and dry).

## **2.2 Materials and Methods**

### **2.2.1 Study area**

The sampling area is on the Atlantic coast of northeastern Brazil, comprising about 300 km of coastline (Figure 1). This region has a narrow continental shelf with a length between 20 and 50 km and shelf break in between 40 and 80 feet deep (Knoppers et al. 1999, Araújo et al. 2006).

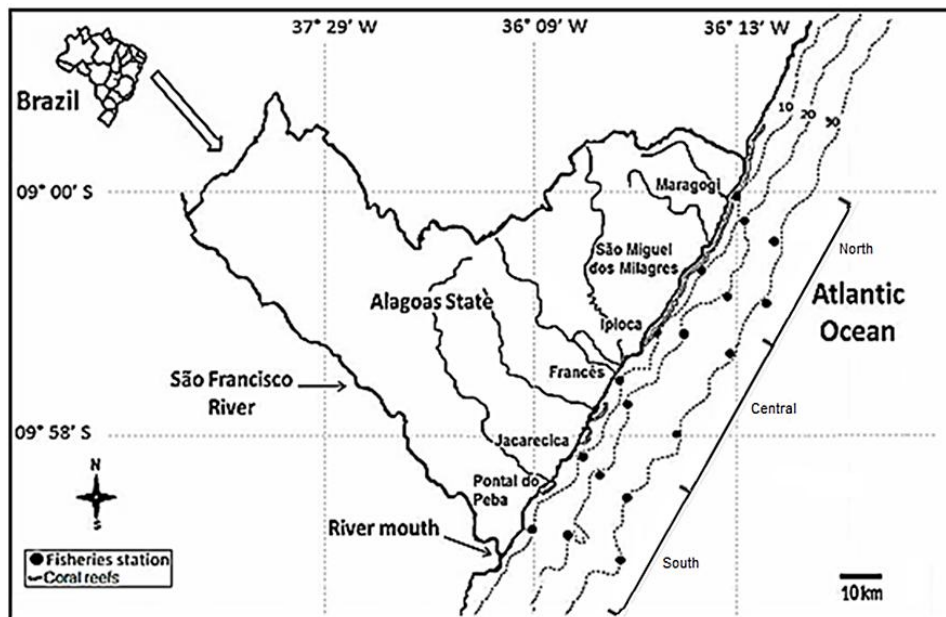
The region has a decrease in reef formation sequence from north to south. The area can divide into three sectors: 1. north coast, several reef formations in line beach or submerged; 2. central coast, with less reef formations, but with more lagoons and mangroves on the coast; 3. south coast, with few reefs and long muddy bottoms. This last coastal region is particularly influenced by São Francisco river mouth (Correia and Sovierzoski 2005, Knoppers et al. 2006).

### **2.2.2 Sampling methods**

Four sampling trips during two week time were performed. Two trips were done in the dry season (January - April), and two in the rainy season (May - July). Samples were taken in the north, center and south coast sub-regions of the Alagoas State, Northeastern Brazil (Figure 1). Two perpendicular transects were performed by coastal sub-region by depth sub-stations (10, 20 and 30 meters), totaling 18 sampling sites in all coast.



**Figure 1- Location of sampling sites (18) on the marine coast of Alagoas, northeastern Brazil.**



Fonte: Autor, 2014

Fishery was done using 2 sets of bottom-set gillnets with 35, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 mm opposite mesh sizes composed by nets of 100 meters in length and 70 meters width. Gillnets were placed randomly in the formation, to avoid bias due to an interaction effect (Holst et al. 1996).

### 2.2.3 Statistics

The internal relationship in each group (region, depth and seasonality), for total and exclusive species was estimated by a Student t test. To characterize the coastal strata reef complexity (north, central and south), squares were made to each transect (two per region) over an estimated distance of six kilometers from the coastline for each sampling region. The proportion squares with coral was subtracted from the total amount and thus obtained a simple indicator of the proportional magnitude of reef area of each region.

A regression model measured the patterns by number of species and number of individuals, between them and environmental variables (region, period and depth).

Subsequently, for both analyzes, was used a test for overdispersion to check the fit of the models (Cameron and Trivedi 1990).

How data often do not fit a normal distribution, because the large proportion of zeros found, were performed comparisons by generalized linear models (GLM) with Poisson errors or negative binomial distribution (Crawley 2007). According to data fit (relationship between the degree of freedom and zero deviation), remained analysis with GLM Poisson distribution, or when the data had dispersion effect, this model was replaced by a negative binomial model.

The GLM with Poisson distribution made to measure the effect of the variables on Simpson index. To determine the relationships between similarity of community composition in different environmental variables (region, period and depth) was used Jaccard coefficient (Legendre and Legendre 1983). Afterwards, these values were correlated with ADONIS test, similar to ANOVA, but with permutation, which allows to measure the degree of similarity between variables (Anderson 2001, Warton et al. 2012). Comparison of means was used to determine the visual similarities between levels of each environmental variables, as well as the relationship between them. All data analyzes were performed in R software version 3.0.1 (R Core Team 2013).

## **2.3 Results**

A total of 1040 fishes belonging to 88 species and 38 families were collected (Appendix 1). Largest catches were in Central region and at 20 meters depth. However, the highest proportion of unique species were in North region and ten meters depth. The total number of species varied between all areas, depth and season (Table 1), but the relationship between exclusive and total species in each group were not significant in Student-t test ( $P > 0.05$ ).

Regions were significantly different (CHI,  $P < 0.05$ ) concerning their reef areas: North (coverture from 0.23 to 0.24%), Central (0.09 to 0.08%) and South (0.02%). So, reefs were treated as three categorical levels of complexity (High at North, Regular at Central and Low at South).

Rainy season had more fishes as well as exclusive species (Table 1). However, there were no significant differences between each variable (area, depth and time) ( $P > 0.05$ ).

**Table 1- Relationship among 88 species and 1040 individuals in each variable (area, depth and period), indicating, total species, exclusive species and its percentage (%).**

Variables	Levels	n	Total spp.	Exclusive	%
<b>Region</b>	North	333	48	15	31
	Central	373	55	14	25
	South	334	57	13	23
<b>Depth</b>	10m	281	52	15	29
	20m	431	59	13	22
	30m	328	48	12	25
<b>Seasonality</b>	Dry	436	60	20	33
	Rainy	604	66	26	39

Fonte: Autor, 2014

Overdispersion waste tests applied to variables indicated significance to the total number of individuals. This was overcome by the use of a GLM-binomial negative distribution. For total species, GLM with Poisson distribution indicated a significant difference to northern region ( $P = 0.041$ ) and a significant relationship between depth and region ( $P=0.034$ ), especially to the North region. For a total number of individuals, the GLM using a binomial negative distribution was significant ( $P > 0.05$ ) with significant contribution to the factors region and depth ( $P=0.0267$  and  $0.0472$  respectively), and to the interaction between North region and dry season (north and dry,  $P = 0.014$ ). The GLM with Poisson distribution to Simpson index showed no significant relationship between depth, region or seasonality ( $P > 0.05$ ) (Table 2).

The Jaccard coefficient was used to comparisons by ADONIS test including environmental variables. Interaction was observed between depth and area ( $df = 4$ ,  $F = 1.371$ ,  $P = 0.002$ ), indicating that these variables act on species composition (Table3). However, depth, seasonality and region were significant separately

( $P=0.0005$ ,  $0.010$  and  $0.001$ ). Subsequently, the Jaccard coefficient similarity was compared for each variable (Figure 2), and the interactions between them (Figures 2). Depths of 10 and 30 meters had the lower coefficient of similarity, while 20 meters was higher. Species composition was also significantly different between seasons ( $P<0.05$ ) (Figure 2).

The interactions of variables indicated that South and Central region have a higher degree of similarity. However, North and Central region have the least interaction among regions (Figure 3). The depth level of 20 m was very similar to those of 10 and 30 m, but these levels were significantly different between them (Figure 3). The interactions between region and depth have indicated a humpback shape to regional similarity with a maximum to the central region in the 10 m level and reduced similarity at 20 and 30 levels (Figure 4).

**Figure 2- Variation of Jaccard similarity coefficient for three different depths (a), regions (b) and seasonal period (c) of the northeastern coast of Brazil-South Atlantic.**

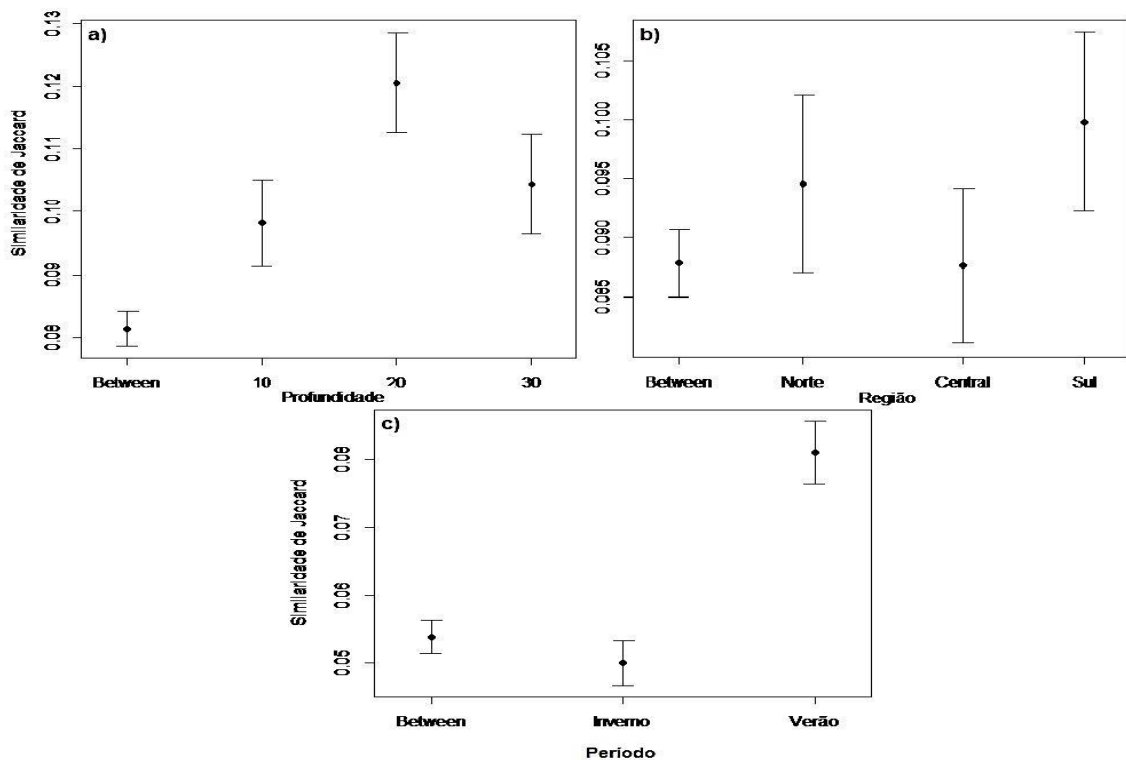
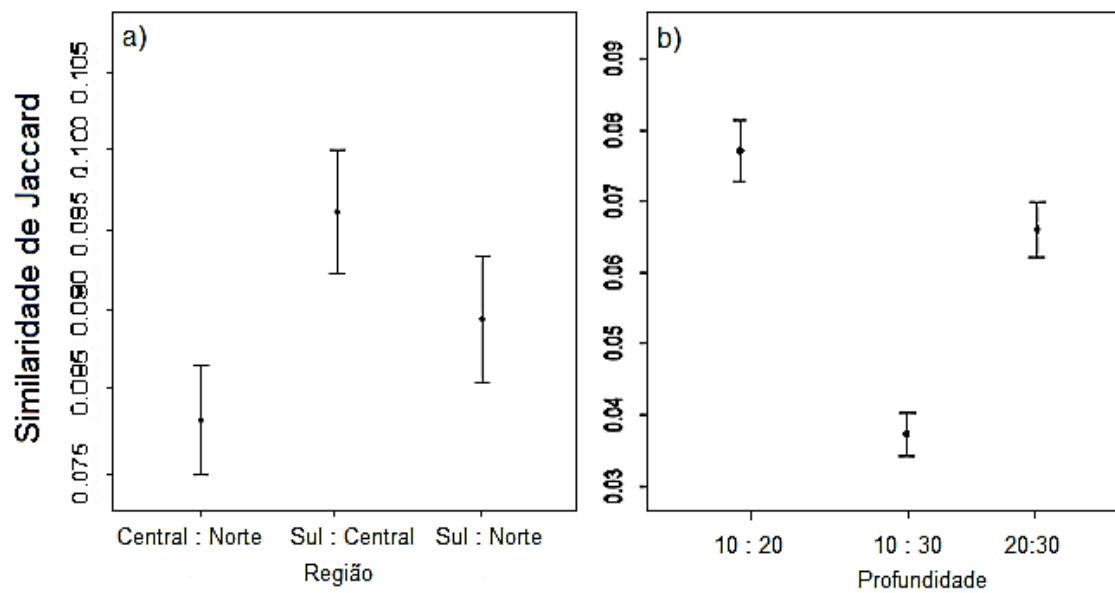


Figure 3- Comparison Jaccard similarity coefficient between interactions of depth (a - 10, 20 and 30m) and region (b - north, central and south) in northeastern Brazil - South Atlantic



Fonte: Autor, 2014

Table 2- Performance of GLM with Poisson distribution (P) and Negative Binomial (NB) for relationship between depth, region and period, to the number of species (N. species), the total number of individuals (N. total) and the Simpson index (Simpson).

Interactions	GLM (P) - N. species			GLM (BN) - N. total			GLM – Simpson		
	Estimate	Z	P	Estimate	Z	P	Estimate	Z	P
Depth	0.033	1.467	0.142	0.029	0.975	0.329	-0.059	-0.042	0.967
North Region	1.409	2.053	<b>0.040*</b>	0.891	2.216	<b>0.026*</b>	0.014	0.337	0.736
South Region	0.768	1.096	0.272	0.899	0.447	0.654	0.481	0.357	0.721
Dry Period	0.190	0.265	0.790	0.897	0.676	0.499	0.372	0.266	0.790
Depth: North Region	-0.067	-2.116	<b>0.034*</b>	0.041	-1.984	<b>0.047*</b>	-0.002	-0.033	0.974
Depth: South Region	-0.040	-1.262	0.206	0.041	-0.236	0.813	-0.593	-0.298	0.766
Depth: Dry Period	-0.014	-0.441	0.659	0.041	-0.428	0.668	0.317	0.158	0.874
North Region: Dry Period	-1.752	-1.718	0.085	1.280	-2.437	<b>0.014*</b>	-0.023	-0.381	0.703
South Region: Dry Period	0.127	0.124	0.901	1.320	-0.596	0.550	-0.023	-0.353	0.724
Depth: North Region: Dry Period	0.064	1.394	0.163	0.059	1.659	0.097	0.030	0.339	0.735
Depth: South Region: Dry Period	-0.004	-0.099	0.921	0.060	0.343	0.731	-0.002	-0.025	0.980

(GLM; \*  $P < 0.05$ )

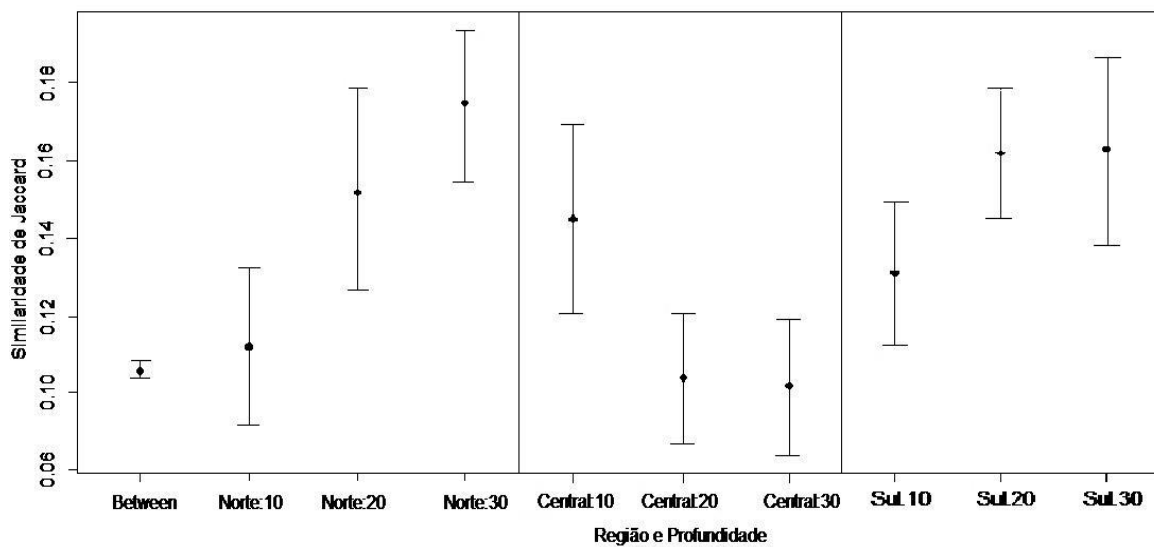
**Table 3- Relationship among variables (depth, region and period) and Jaccard coefficient (Jaccard), with Adonis test, for the coastal region in the eastern South Atlantic.**

Interactions	Jaccard Coefficient			
	df	F model	R <sup>2</sup>	P
Depth	2	1.731	0.049	<b>0.0005*</b>
Region	2	1.424	0.040	<b>0.010*</b>
Period	1	1.868	0.026	<b>0.001*</b>
Depth: Region	4	1.371	0.078	<b>0.002*</b>
Depth: Period	2	1.037	0.029	0.361
Region: Period	2	1.129	0.032	0.180
Depth: Region: Period	4	0.935	0.053	0.707

(\*  $P < 0.05$ )

Fonte: Autor, 2014

**Figure 4- Comparison between similarity Jaccard coefficient with three depths (10, 20 and 30m) and three coastal regions (north, central and south) in northeastern Brazil - South Atlantic.**



Fonte: Autor, 2014

## 2.4 Discussion

Theories about species distribution worldwide indicate alternatives from hump-shaped to the inexistence of spatial driven patterns as a resultant of different forces affecting species between regions (e.g. Sanders 1968, Moranta et al. 1998, Gray 2001). In this paper was found similarity of richness and density to different depths, reef influence and seasonality at a coastal and local scale. However, regions with large difference on the seabed complexity (defined by the proportion of reefs) were significant different on species composition, mainly at lower depths. This indicated that the system function might be kept stable although with different species involved.

The decline in the total number of demersal fish toward the bottom could be expected considering the stability-time theory for depths up to 2000 m (Sanders 1968). However, the species diversity did not confirm this trend and remained similar between levels. In the tropics, except for abyssal zone (McClatchie et al. 1997, Leathwick 2006), the downward trend of species to depth has not been evidenced (Clarke 1992, Gray et al. 1997, Gray 2001), unlike is typical to temperate environments (Stehli et al. 1967, Rex et al. 1993, Roy et al. 1998). This little variability in the tropics has been related to the high amount of predators and specialists, which reduces prey populations and allow more species co-occurrence in different depths (Janzen 1970, Dayton and Hessler 1972, Clark and Clark 1984). Specific research on the functional diversity to these communities would be useful to define the stability of those relationships.

The richness similarity across the regions of different structural complexity was unexpected as proximity to more complex areas is supposed to generate greater wealth and high diversity (Luckhurst and Luckhurst 1978, Roberts and Ormond 1987, Beukers and Jones 1997). This suggests that environmental patterns other than the coastal complexity should be considered to model fish diversity.

Contradicting the prediction that all factors tested are associated with coastal variations. Only one interaction effect was observed for species occurrence (between depth and region) and for total number of individuals (between region and



period). The first observed relationship between variables occurred in the northern region to 30 meters depth, indicating less variation and great similarity of species during the dry season than that observed to the rainy season. One reason is the high presence of coral lines around 10 m depth in the northern region. This theoretically mean a higher concentration of producers acting locally as a key factor to diversity increasing (Stevens 1989, Rapoport 1994). Moreover, the connection between regional and local species may be increasing local synergy affecting its richness (Cornell and Karlson 1997). This can be expressed by a greater amount of unique species (31%) compared to the total of other regions. However, this effect was not strong enough to produce significant differences to deeper depths, indicating that the seabed complexity of substrates like reefs generate just local influence.

The low species similarity in 10 meters from north and south may be due to the corals influence (north) and São Francisco river mouth (south). Such structural features may attract more species to shallow regions due to the multiplicity of microhabitats on the reefs or to the grown up of nutrients carried by the São Francisco river (Souza and Knoppers 2003). Thus, the removal of these sources of variability leads to an increase of the specific similarities, indicated by higher specificity rates with increasing depth.

However, richness or diversity measurements become into bad quality indicators to tropical high diversity systems, meanwhile similarity indices may represent better losses of species in those systems. Furthermore, it is necessary that the environmental variables associated to significant factors to be detailed identified in further analyzes. It is also important to identify which environmental variables are responsible for the differences on the number of individuals and species found in the northern region.

Primary productivity and turbidity may be relevant to explaining these changes, because both of them are affected by coastal morphology, indicating potential seasonal variations with periods and depth. Such variables may be contributing to generate the observed differences in this study, but may also be acting as noise, obscuring differences to increase environmental variability, what must be evaluated.

This paper finding also indicated that the composition of species is more relevant to the community assessment in the tropical region than to sub-tropical or temperate ones. In regions with large number of species, each species weight is proportionally lower than those recorded to species of poorer or depleted systems (Stuart-Smith et al. 2013). Therefore, differences in the habitat structure may provide indication to local differences (Lowe-McConnell 1999, Maravelias et al. 2007, Katsanevakis et al. 2009), making species patterns occurrence may be associated with different types of local structural configurations.

Thereby, we concluded that to shallow waters up to 10 m depth, the neighborhood of reef region and seasonal changes have important influence to fish diversity and density. To deeper depths fish composition is a more sensitive index to describe seasonal and spatial changes in the coastal system structure.

## REFERENCES

- Anderson M. J. (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Australian Ecology*. 26: 32–46.
- Araújo T. C. M.; Santos R. C. A. L.; Seoane J. C. S.; Manso V. A. V. (2006) Erosão e progradação no litoral brasileiro – Alagoas. 197-212p. In. Muehe, D. (org.). *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. Brasília: MMA. 476.
- Ault T. R.; Johnson C. R. (1998) Spatially and temporally predictable fish communities on coral reefs. *Ecological Monographs*. 68: 25-50.
- Benedetti-Cecchi L.; Bulleri F.; Cinelli F. (2000) The interplay of physical and biological factors in maintaining mid-shore and low-shore assemblages on rocky coasts in the northwest Mediterranean. *Oecologia*. 123: 406–417.
- Beukers J. S.; Jones G. P. (1997) Habitat complexity modifies the impact of piscivores on a coral reef fish population. *Oecologia*. 114: 50–59.
- Cameron A. C.; Trivedi P. K. (1990) Regression-based tests for overdispersion in the Poisson model. *Journal of Econometrics*. 46: 347–364.
- Clark D. A.; Clark D. B. (1984) Spacing dynamics of a tropical rain-forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist*. 124: 769–788.

- Clarke A. (1992) Is there a latitudinal diversity cline in the sea? *Trends in Ecology and Evolution*. 7: 286-287.
- Cornell, H. V.; Karlson R. H. (1997) Local and regional processes as controls of species richness. 250–268. In D. Tilman and P. Kareiva, eds. *Spatial ecology: the role of space in population dynamics*. Princeton University Press.
- Correia M. D.; Sovierzosk H. H. (2005). *Ecosistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais*. Série Conversando sobre Ciências em Alagoas. EDUFAL. Maceió.
- Crawley M. J. (2007). *The R book*. Imperial College London at Silwood Park, UK.
- Damalas D.; Maravelias C. D.; Katsanevakis S.; Karageorgis A. P.; Papaconstantinou C. (2010). Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the eastern Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 89: 107-118.
- Dayton P. K.; Hessler R. R. (1972). Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep-sea. *Deep-Sea Res*. 19: 199-208.
- Gray J. S. (1997) Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs. *Biodiv Conserv*. 6:153–17.
- Gray J. S. (2001). Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined. *Scientia Marina*. 65: 241–256.
- Holst R.; Madsen N.; Moth-Poulsen T.; Fonseca P.; Campos A. (1996). Manual for gillnet selectivity. *ConStat*, Denmark. 43.
- Hurd C. L. (2000). Water motion, marine macroalgal physiology, and production. *Journal of Phycology*. 36: 453–472.
- Hutchings J. A. (2000). Collapse and recovery of marine fish. *Nature*. 406: 882–885.
- Janzen D. H. (1970). Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*. 104: 501–528.
- Jonsson P.R.; Granhag L.; Moschella P.S.; Aberg P.; Hawkins S.J.; Thompson R.C. (2006). Interactions between wave action and grazing control the distribution of intertidal macroalgae. *Ecology*. 87: 1169–1178.
- Katsanevakis S.; Tsiamis K.; Ioannou G.; Michailidis N.; Zenetos A. (2009) Inventory of alien marine species of Cyprus. *Mediterranean Marine Science*. 10: 109-133.

- Katsuragawa M.; Muelbert J. H.; Dias J. F. O (2009). Ictioplâncton na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B.; Madureira, L. S. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. São Paulo: Edusp. 6: 359-446.
- Knoppers B.; Ekau W.; Figueiredo A. G. (1999). The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Marine Lett.* 19: 171-178.
- Knoppers B.; Medeiros P. R. P.; Souza Weber F. L. The São Francisco Estuary, Brazil. (2006) *The Handbook of Environmental Chemistry.* 5: 51–70. [doi:10.1007/698\\_5\\_026](https://doi.org/10.1007/698_5_026).
- Lassau S. A.; Hochuli D. F. (2005). Wasp community responses to habitat complexity in Sydney sandstone forests. *Austral Ecology.* 30: 179 - 187.
- Leathwick J. R.; Elith J.; Francis M.P.; Hastie T.; Taylor P. (2006). Variation in demersal fish species richness in the oceans surrounding New Zealand: an analysis using boosted regression trees. *Marine Ecology Progress Series.* 321: 267-281.
- Legendre L.; Legendre P. (1983). *Numerical ecology: developments in environmental modelling*, 3. Elsevier, Amsterdam, The Netherland.
- Levin L. A.; Etter R. J.; Rex M. A.; Gooday A. J.; Smith C. R.; Pineda J.; Stuart C. T.; Hessler R. R.; Pawson D. (2001). Environmental influences in regional deep-sea species diversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32: 51–93.
- Longhurst A.; Pauly D. (1987). *Ecology of tropical oceans*. Academic Press. San Diego.
- Lowe-McConnell R. H. (1987). *Ecological Studies in Tropical Fish Communities* Published by Cambridge University Press Cambridge Tropical Biology Series.
- Lowe-McConnell R. H. (1999) *Estudos Ecologicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 534.
- Luckhurst B.; Luckhurst K. (1978). Analysis of the influence of substrate variables on coral reef communities. *Mar Biol.* 49: 317-323.
- Macpherson E.; Duarte C. M. (1994). Patterns in species richness, size, and latitudinal range of East Atlantic fishes. *Ecography.* 17: 242–248.

- Maravelias C. D.; Tsitsika E. V.; Papaconstantinou C. (2007). Seasonal dynamics, environmental preferences and habitat selection of John Dory (*Zeus faber*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Londres. 72: 703-710.
- Markager S.; Sand-Jensen K. (1992). Light requirements and depth zonation of marine macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*. 88: 83–92.
- McClatchie S.; Millar F.R.; Webster B.; Lester P.J.; Hurst R.; Bagle Y. N. (1997). Demersal fish community diversity off New Zealand: Is it related to depth, latitude and regional surface phytoplankton? *Deep-Sea Research*. 4: 647-667.
- Moranta J., Stefanescu C., Massutí E., Morales-Nin B., Lloris D. (1998). Fish community structure and depth-related trends on the continental slope of the Balearic Islands (Algerian basin, western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*. 171: 247-259.
- Okun N.; Mendonça R.; Mehner T. (2005). Diel shifts in community composition and feeding of juvenile fishes in the pelagic area of a large shallow lake. *Limnologica* 35:70-77.
- Rapoport EH (1994). *Marine and continental biogeography*. *Philos Trans R Soc Lond Ser B*. 343: 71–78.
- Rex M. A.; Stuart C. T.; Hessler R. R.; Allen J. A.; Sanders H. L.; Wilson G. D. F. (1993). Global-scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature*. 365: 636–639.
- Roberts C. M.; Ormond R. F. (1987). Habitat complexity and coral reef diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: 1-8.
- Roy K.; Jablonski D.; Valentine J. W.; Rosenberg G. (1998). Marine latitudinal gradients: test of causal hypotheses. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 95: 3699–3702.
- Sanders, H. L. (1968). *Marine Benthic Diversity: A Comparative Study*. *The American Naturalist*, 102(925): 243-282.
- Souza W. F. L.; Knoppers B. (2003). Fluxos de água e sedimentos a costa leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas. *Geoch.Bras.* 17: 57-74.
- Stehli F. G.; McAlester A. L.; Helsey C. E. (1967). Taxonomic diversity of recent bivalves and some implications for geology. *Geol Soc Am Bull.* 78: 455–466.
- Stenseth N. C.; Rouyer T. (2008). Destabilized fish stocks. *Nature*. 452: 825–826.

- Stevens G. C. (1989). The latitudinal gradient in species range: How so many species coexist in the tropics? *American Naturalist*. 133: 240-256.
- Stuart C. T.; Rex M. A.; Etter R. J. (2003). Large-scale spatial and temporal patterns of deep-sea benthic species diversity. In: Tyler P. A. (Ed.), *Ecosystems of the Deep Oceans*. Elsevier, Amsterdam. 295–311.
- Stuart-Smith R. D.; Bates A. E.; Lefcheck J. S.; Duffy J. E.; Baker S. C.; Thomson R. J.; Stuart-Smith J. F.; Hill N. A.; Kininmonth S. J.; Airoidi L.; Becerro M. A.; Campbell S. J.; Dawson T. P.; Navarrete S. A.; Soler G. A.; Strain E. M. A.; Willis T. J.; Edgar G. J. (2013). Integrating abundance and functional traits reveals new global hotspots of fish diversity. *Nature* 501 (7468): 539-554. doi: 10.1038/nature12529
- Underwood A. J.; Chapman M. G. (1996). Scales of spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia*. 107: 212–224.
- Warton D. I.; Wright T. W.; Wang Y. (2012). Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. *Methods in Ecology and Evolution*. 3: 89–101.
- Winemiller K. O. (2005). Live History, Population Regulation, and implication for fisheries management. *Canada Journal Fisheries Aquatic Science*. 62: 872-885.

### 3 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E TURBIDEZ AFETAM ASSEMBLEIAS ICTÍICAS COSTEIRAS NOS TRÓPICOS?

#### RESUMO

Determinar as causas dos padrões de distribuição das espécies é fundamental em ecologia e biologia da conservação. Para regiões marinhas, a compreensão da riqueza e abundância de espécies por região geográfica são afetadas por características ambientais muitas vezes ainda não definidas. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar como número de espécies e total de indivíduos numa região tropical do Atlântico sul ocidental, são influenciados por variáveis como turbidez e clorofila. Assim, fatores regionais como tipo de formação, profundidade e sazonalidade, indicaram relação (Regressão Linear Múltipla;  $P < 0.05$ ) com turbidez e clorofila. Para interação entre abundância e riqueza de peixes e os parâmetros ambientais não houve relação (Modelos Lineares Generalizados;  $P > 0.05$ ). No entanto, a composição específica (Índice de Jaccard) teve relação significativa com todos os parâmetros ambientais propostos (ADONIS;  $P < 0.05$ ). Conclui-se que em regiões tropicais, a compreensão da composição das espécies é mais relevante que dados gerais de abundância e riqueza de espécies.

**Palavras-chave:** Peixes demersais. Turbidez. Clorofila. Produtividade primária. Composição de espécies.

#### ABSTRACT

Determine the causes of the patterns and distribution of species is fundamental in ecology and conservation biology. For marine regions, understanding how the richness and abundance of species by geographic region are affected by environmental characteristics are still being studied. So, the aim was determine how the number of species and total number of individuals in a tropical region of south western Atlantic are influenced by variables such as turbidity and chlorophyll. Thus, regional factors such as different formations, depth and seasonality, indicated significance (Multiple Linear Regression,  $P < 0.05$ ) with turbidity and chlorophyll. Between abundance and richness of fish and environmental parameters there was no relationship (Generalized Linear Models,  $p > 0.05$ ). However, the specific composition (Jaccard index) had a significant relationship with all the proposed environmental parameters (ADONIS,  $P < 0.05$ ). Therefore, it is concluded that in tropical regions, understanding the species composition is more relevant than general data of abundance and species richness.

**Keywords:** Demersal fish. Turbidity. Chlorophyll. Primary productivity. Species

composition.

### **3.2 Introdução**

Determinar as causas dos padrões de distribuição das espécies é fundamental em ecologia e biologia da conservação (Winemiller 2005, Paetzold et al. 2010). É importante que os padrões de diversidade sejam simples e facilmente controláveis, possibilitando caracterizar a composição, estrutura, estado e funcionamento do ecossistema (Borja et al. 2009, Paetzold et al. 2010, Bevilacqua et al. 2011, De Juan e Demestre 2012). Para comunidades locais, estudos demonstraram processos atuando em múltiplas escalas espaciais e temporais. Por sua vez, estas afetam várias características locais, como a estrutura dos habitats, interações bióticas e os filtros ambientais (Angermeier e Karr 1983, Rahel e Stein 1988, Heino et al. 2002; Suárez 2008).

Para regiões marinhas, um dos focos de estudo são as variações na riqueza e abundância de espécies por região geográfica (Grassle e Maciolek 1992, Rex et al. 1993, Roy et al. 1998, Gray 2001, 2002). A compreensão de como tais variantes das comunidades locais é afetada pelo ambiente não está definido por regimes gerais conhecidos. Usualmente tem sido mais descrito que locais de alta diversidade apresentam interações com produtividade primária, temperatura, profundidade, tipos de fundo, e outros efeitos da paisagem, como a presença de desembocadura de lagunas e rios (McClatchie et al. 1997, Lowe-McConnel 1999, Leatwick et al. 2006, Longhurst e Pauly 2007).

A estabilidade climática nos trópicos faz com que outras variantes chave no sistema se destaquem, de forma em regiões temperadas ou subtropicais elas são secundárias devido ao efeito cíclico marcante da sazonalidade térmica e do fotoperíodo. Portanto, a avaliação dos efeitos destas variáveis sobre as comunidades é também relevante para a definição de áreas de conservação em ambientes costeiros tropicais.

A produtividade primária é um dos possíveis descritores ambientais. Sua variação ocorre temporal e espacialmente, e pode ser estimada in situ por sensores eletrônicos ou ex situ por sensores remotos por meio da concentração de fitoplâncton ou clorofila-*a* (Berger 1989; Longhurst et al. 1995). Concentrações de



clorofila-a apresentam uma forte e positiva associação com riqueza de espécies (Bakun 1996; Leatwick et al. 2006), sendo um dos fatores limitantes na produção pesqueira (Chassot et al. 2010).

Em regiões tropicais, valores de luz e temperatura permanecem relativamente altos durante todo o ano, assim a produtividade primária passa a depender de outras variáveis, como a disponibilidade de sais e nutrientes (Lowe-McConnell 1999). No entanto, a produtividade primária pode ter forças contrárias na coluna de água. Em águas muito turvas a produção primária pode se tornar baixa por conta da pouca penetração de luz, e em outros, a própria produtividade primária causa a turbidez, afetando a intensidade da luz, qualidade da água e o fornecimento de nutrientes (Esteves 1998, Higgins et al. 2006). A interação local de fatores pode ser o elemento adicional que determina a importância desta variável, o que deve ser testado.

Em regiões costeiras, o aumento da turbidez pode ser causado tanto por ventos que geram ressuspensão de partículas em águas rasas, quanto pela descarga de água doce e de sedimentos derivados de rios e lagoas (Scheffer et al. 1994, Higgins et al. 2006). Águas mais turvas geram também mudanças nos padrões de alimentação e predação dos peixes, indicando que quanto menor o nível de turbidez melhor será a alimentação dos indivíduos (Confer et al. 1978, Roberts 1978, Lima e Dill 1990, Aksnes e Utne 1997, Mallekh et al. 1998, Ardjosoediro 2002).

No entanto, para peixes em geral sua abundância e distribuição são afetados também por outras características como profundidade e complexidade do fundo (Maravelias et al. 2007; Katsanevakis et al. 2009; Damalas et al. 2010). A profundidade afeta a distribuição vertical de numerosas variáveis ambientais, como intensidade de luz, temperatura, movimento de correntes, taxas de fotossíntese e absorção de nutrientes (Markager e Sand-Jensen 1992, McClatchie et al. 1997, Hurd 2000). A complexidade do fundo é importante para peixes demersais e explica sua distribuição, gerando aumento da diversidade com o aumento da complexidade (Lowe-McConnell 1999, Longhurst e Pauly 2007).

Entretanto, em ambientes costeiros no Nordeste do Brasil, estes fatores não apresentaram contribuição significativa para a riqueza e abundância da ictiofauna demersal (Capítulo 2), gerando a necessidade de avaliar se variáveis (turbidez e

produtividade primária) relacionadas com a qualidade da água podem estar gerando ruído nas análises ou sendo determinantes da distribuição das espécies.

Neste contexto, o objetivo do trabalho é determinar como número de espécies e total de indivíduos numa região tropical do Atlântico sul ocidental, são influenciados por variáveis como turbidez e clorofila.

### **3.2 Material e Métodos**

#### **3.2.1 Área de coleta**

A área de amostragem está localizada em águas da costa atlântica do nordeste do Brasil, compreendendo aproximadamente uma área de 300 km de linha de costa (Figura 5). Esta região apresenta uma plataforma continental estreita, com largura entre 20 e 50 km e quebra da plataforma em entre 40 e 80 metros de profundidade (Knoppers et al. 1999, Araújo et al. 2006).

A região de estudo apresenta uma sequência de formações recifais que decresce do norte para o sul e pode ser dividido em três setores: 1. litoral norte, composto por várias formações recifais encontradas juntas a linha da praia ou em áreas submersas, 2. litoral central, na qual há redução na disponibilidade de formações recifais, mas também apresenta influência de lagunas e manguezais, e 3. litoral sul, com poucos recifes e amplos fundos lamosos, fortemente influenciado pela desembocadura do rio São Francisco, o terceiro maior do Brasil em volume de água (Correia e Sovierzoski 2005, Knoppers et al. 2006).

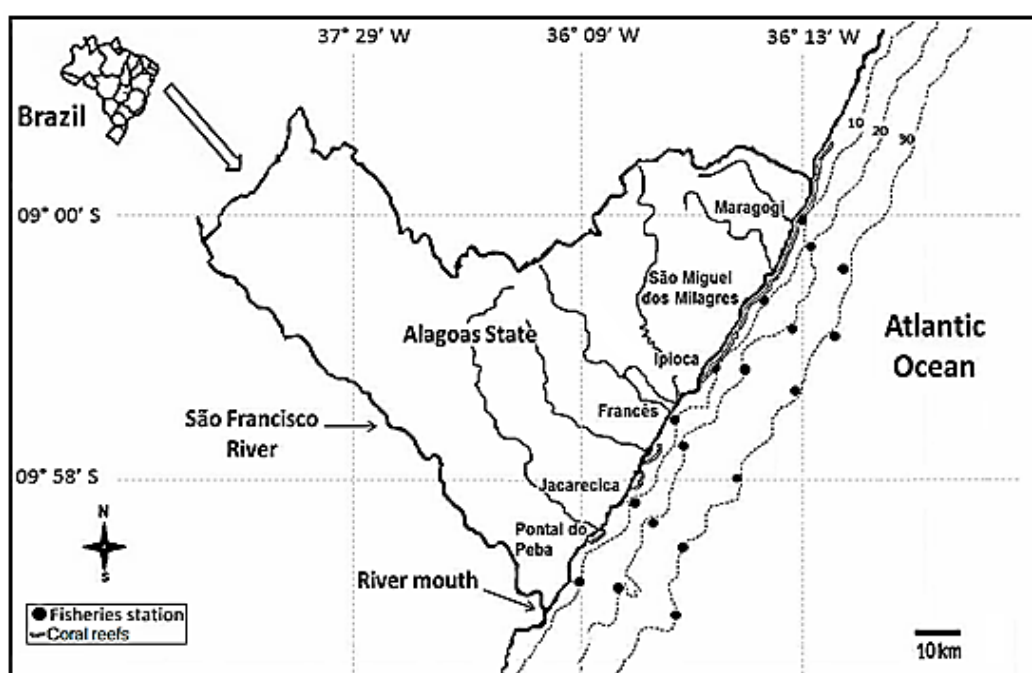
Foram realizadas quatro campanhas amostrais de nove dias cada, duas no período de seca (janeiro a abril), e duas no período chuvoso (maio a julho). As amostragens foram realizadas nas três regiões da costa (norte, central e sul), com dois transectos perpendiculares à linha de costa em cada uma delas. Para cada transecto foram escolhidos três estações de coleta, um por isóbata (10, 20 e 30 metros), totalizando 18 locais de coleta em todo litoral (Figura 5).

Para captura dos peixes foi utilizada uma caceia de fundo composta por um conjunto de 14 redes de emalhar de 100 metros de comprimento por dois de largura, com distâncias entre nós de 35, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 milímetros. As malhas foram

posicionadas de maneira aleatória na formação da caceia para evitar que ficassem em sequência de tamanho.

Em cada local foram registradas turbidez (unidade nefelométrica de turbidez-NTU) e clorofila *a* ( $\mu\text{g/L}$ ) na superfície da água: As medidas foram realizadas com uma sonda YSI 660 V2.

**Figura 5- Mapa da região costeira marinha do estado de Alagoas, nordeste do Brasil com indicação dos locais de coletas.**



Fonte: Autor, 2014

### 3.2.2 Análise de Dados

Regressões lineares múltiplas foram realizados entre as variáveis ambientais resposta (turbidez e clorofila *a*) e variáveis explicativas (região, profundidade e período climático), indicando suas interações com os gradientes.

Foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk 1965) para o número de espécies e total de indivíduos. Posteriormente foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) pra determinar as relações entre número de espécies e total de indivíduos com as variáveis ambientais.

Para estimativa da composição de espécies foi utilizado o coeficiente de Jaccard (Legendre e Legendre 1983). Para determinar o efeito das variáveis ambientais sobre a composição de espécies, foi estimativa de confiança com teste de ADONIS (ANOVA com permutação), o que possibilita identificar se a similaridade entre as unidades amostrais é afetado pelas variáveis (Anderson 2001, Warton et al. 2012).

### 3.3 Resultados

Foram capturados 1040 indivíduos de 88 espécies pertencentes a 38 famílias. As espécies mais abundantes foram *Opisthonema oglinum*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Bagre marinus*, *Larimus breviceps* e *Canthorops spixii*.

Para turbidez e clorofila-a com as variáveis ambientais e de período foram significativos (Tabela 4). A variação sazonal (períodos seco e chuvoso) apresentou maior interação com as variações ambientais relacionadas, o que reflete maiores diferenças na qualidade da água.

**Tabela 4- Testes de regressão linear múltipla entre turbidez e clorofila (Chl-a) com gradientes ecossistêmicos (região, profundidade e período) em região tropical no Atlântico Sul.**

Item	Turbidez	CHL-a
Região	0,007*	0,564
Profundidade	<0.01*	0,010*
Período	<0.01*	0,008*
R <sup>2</sup>	0,513	0,191

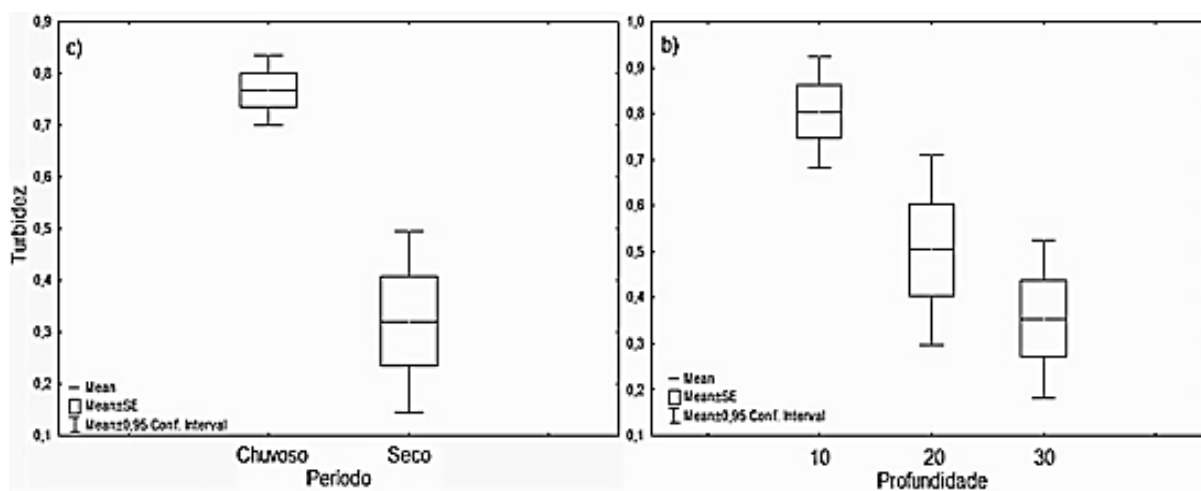
(\* = P<0.05)

Fonte: Autor, 2014

Para turbidez, as médias por período foram significativamente distintas (P<0.01), indicando maiores valores no período chuvoso. De forma geral, profundidade também apresentou diferença (P<0.01), com um decréscimo da turbidez decorrente do aumento da profundidade (Figura 6).

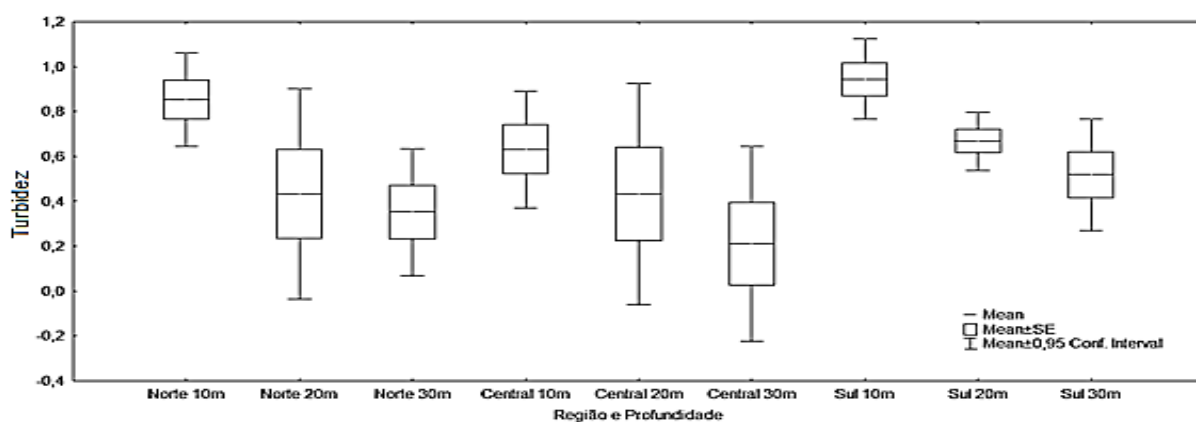
Em todas as regiões as relações entre turbidez e profundidade também apresentam um decréscimo significativo ( $P < 0.01$ ) na turbidez média (Figura 6). Para interação entre região e período, observa-se turbidez significativamente menor no período seco nas regiões Norte e Central, enquanto a região Sul apresenta similaridade estacional (Figura 7).

**Figura 6- Variação das médias de turbidez por período sazonal e profundidade, para região tropical no atlântico sul ocidental (ANOVA,  $p < 0.01$ ).**



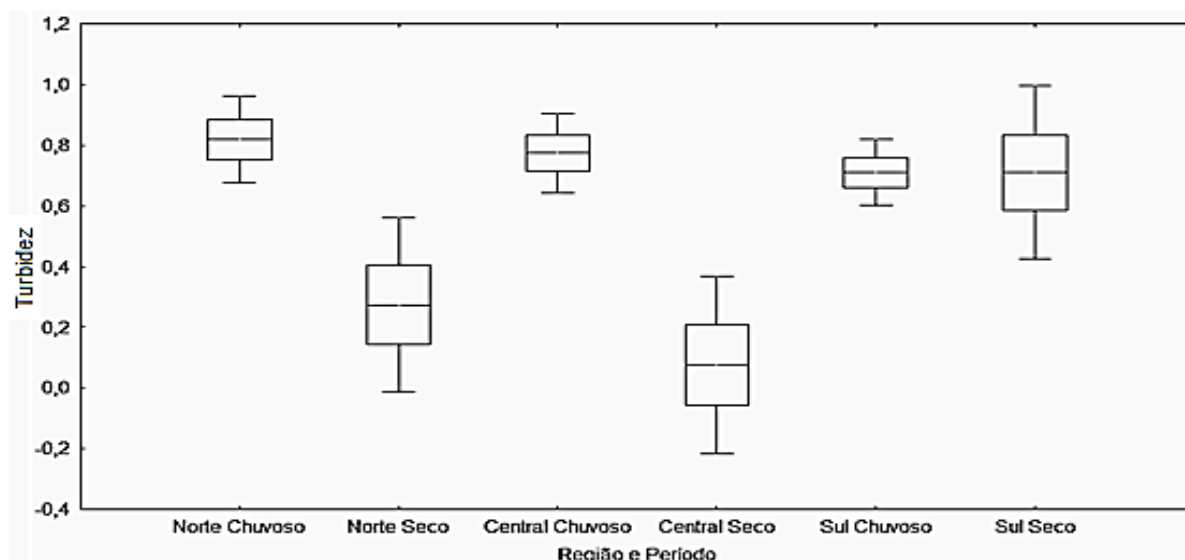
Fonte: Autor, 2014

**Figura 7- Relações das médias de turbidez para interação entre região e profundidade, profundidade para diferentes formações costeiras tropicais (ANOVA,  $p < 0.01$ ).**



Fonte: Autor, 2014

**Figura 8- Variações das médias de turbidez para interação entre período sazonal e diferentes formações costeiras tropicais (ANOVA,  $p < 0.01$ ).**



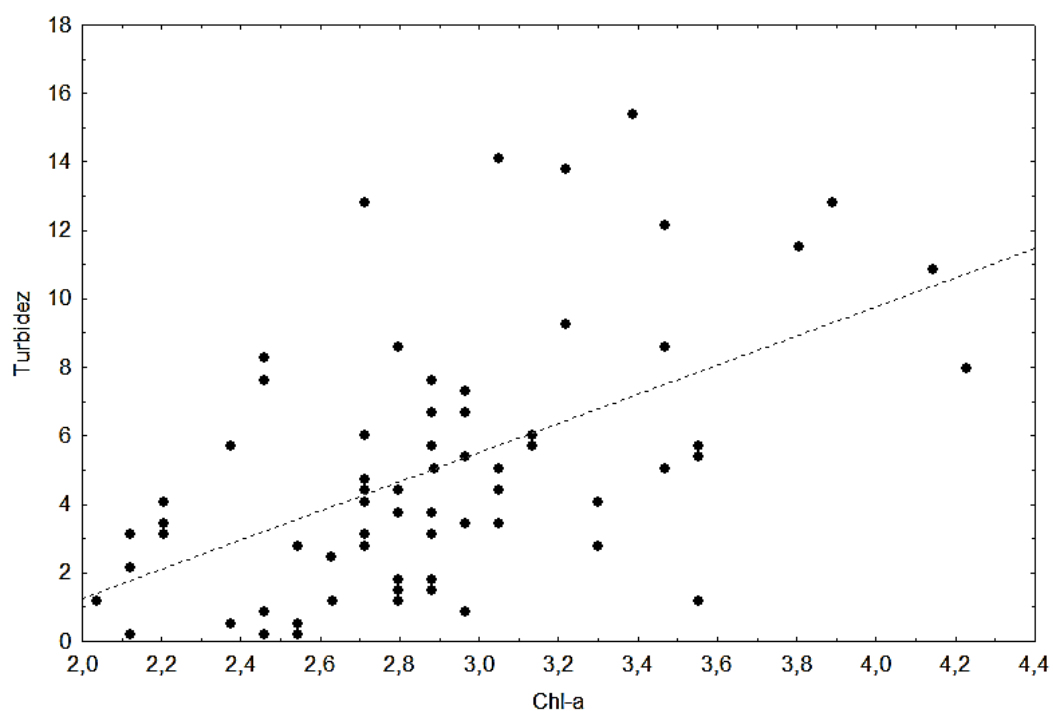
Fonte: Autor, 2014

Diferente do encontrado para turbidez, clorofila não apresentou nenhuma relação significativa ( $p > 0.05$ ) para nenhum dos gradientes avaliados (profundidade, região e período). No entanto, a relação entre turbidez e clorofila se mostrou significativa, porém pouco correlacionada ( $p < 0.01$ ;  $R^2 = 0,2481$ ; Figura 9).

Na GLM da riqueza específica (em número de espécies) e quantidade de exemplares não houve relação ( $p > 0.05$ ) com as variáveis ambientais ou com os gradientes ecossistêmicos determinados anteriormente (região, período e profundidade). Interações foram avaliadas para os parâmetros ambientais de profundidade, período e profundidade, porém estes também não demonstraram ser explicáveis para os padrões de número de indivíduos e espécies.

Para a relação da composição (Jaccard) pela análise de ADONIS, observou-se que para região, sazonalidade e profundidade, a composição das espécies é afetada pelas variações desses parâmetros. Da mesma forma, as variáveis ambientais turbidez e clorofila indicaram uma relação com coeficiente de Jaccard, mostrando que a composição das espécies é influenciada por estas variáveis (Tabela 5).

**Figura 9- Relação entre as variáveis ambientais clorofila (CHL-A) e turbidez, para uma região ocidental no Atlântico sul tropical ( $R^2 = 0,2481$ ;  $p < 0.001$ ).**



Fonte: Autor, 2014

**Tabela 5- Efeito de variáveis ambientais sobre a composição de espécies (Jaccard) em região costeira ocidental no Atlântico sul tropical.**

Variáveis ambientais	Coeficiente de Jaccard		
	Df	F.Model	P
Chl-a	22	13.043	0.016*
Turbidez	25	12.463	0.026*
Chl-a*Turbidez	13	12.656	0.020*
Região	2	14.466	0.004*
Período	1	18.704	0.003*
Profundidade	1	25.446	0.001*
Região*Período	2	11.395	0.172
Região*Profundidade	2	17.070	0.002*
Profundidade*Período	1	10.390	0.385
Região*Profundidade*Período	2	10.635	0.308

(\*ADONIS  $p < 0.05$ )

Fonte: Autor, 2014

### 3.4 Discussão

Fatores regionais como a diferença nas formações, profundidade e sazonalidade, mostraram maior relação com turbidez do que com clorofila. Isto, por que clorofila apresentou padrão estável de ocorrência durante todo ano, diferente de turbidez que oscilou tanto para as regiões (norte e central) como para profundidade (três regiões). Deste modo, provavelmente clorofila não seja uma boa ferramenta explicativa para os padrões de riqueza ou abundância de peixes em ambientes tropicais costeiros.

A relação positiva entre turbidez e clorofila pode ser explicada por uma forte adaptação do fitoplâncton à limitação da luz. Por outro lado, a baixa correlação poderia ser explicada pelo aumento da turbidez na época chuvosa (Grobelaar 1990, Soetaert et al 1994, Kromkamp e Peene 1995). Indicando que em águas muito turvas a produção primária pode se tornar baixa, devido à baixa intensidade da luz, qualidade da água e o fornecimento de nutrientes (Esteves 1998, Higgins et al. 2006).

Para todas as regiões ocorreram diminuições na turbidez devido aumento da profundidade, indicando que com afastamento da costa há um aumento da dissolução e deposição do material suspenso. Entre os períodos (seco e chuvoso), as regiões norte e central apresentaram diminuição na turbidez durante o período seco, enquanto que, na região sul ela se mantém alta durante os dois períodos. Isto indica uma influencia direta causada pela boca do rio (Rio São Francisco), que escoar água e material particulado durante todo ano, mantendo assim a turbidez estável entre os períodos.

A região por sua vez, apresentou apenas variação da turbidez, demonstrando que a maiores medias de turbidez estão presentes nas regiões próximas a boca do Rio São Francisco (sul) e a formações recifais (norte). Para clorofila, no entanto, mesmo que tenha ocorrido relação positiva com as variáveis ambientais (região, profundidade e período), a quantidade constante de luz e calor durante todo ano, faz com que a produção de clorofila se mantenha estável em relação às variações analisadas.



Para número total de indivíduos e de espécies, contrariando o esperado, não foi observada nenhuma relação com as variáveis ambientais propostas. Corroborando com a teoria, de que há estabilidade de espécies em regiões tropicais (Sanders 1968), e que elas provavelmente são reguladas pela ausência de grandes perturbações ambientais, relações espécies-área e até mesmo a variação na predação (Dayton e Hessler 1972, Abele e Walters 1979).

Mesmo que haja estabilidade na abundância e riqueza de espécies, a análise demonstrou influência sobre a composição de espécies (Jaccard). Neste contexto, todas as variáveis (profundidades, período, região, clorofila e turbidez) influenciaram o índice de composição. Provavelmente, uma das explicações de tais influências é a variação na ontogenia de muitas espécies de peixes demersais. O que faz com que elas passem por uma transição gradual até a fase adulta, na qual adquirem características morfológicas necessárias para colonização de outros habitats (Lough et al. 1982, Copp e Kovac 1996, Barletta et al. 2010, Viogliola e Harmelin-Vivent 2001).

Por tanto, também para os trópicos, a turbidez e as comunidades de peixes demersais costeiras são influenciadas por variações temporais e espaciais (Heino et al. 2002, Suárez 2008).

Portanto, conclui-se que em regiões tropicais, a compreensão da composição das espécies é mais relevante que dados gerais de abundância e riqueza de espécies. No entanto, para que haja uma melhor compreensão desses padrões, são necessários mais trabalhos que abordem temas como características funcionais, ecológicas, genéticos e evolutivos destas espécies. O que possibilitará uma compreensão mais robusta do funcionamento de ambientes costeiros rasos tropicais.

## **REFERÊNCIAS**

- Abele L. G.; Walters K. (1979). Marine benthic diversity: a critique and alternative explanation. *Journal of Biogeography*. 6: 115–126.
- Aksnes D. L.; Utne A. C. (1997). A revised model of visual range in fish. *Sarsia*. 82: 137-147.

- Anderson M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Australian Ecology*. 26: 32–46
- Angermeier P. L.; Karr J. L. (1983). Relationship between woody debris and fish habitat in a small warmwater stream. *Transactions of the American Fisheries Society*. 113: 716–726.
- Ardjosoediro I.; Ramnarine I. W. (2002). The influence of turbidity on growth, feed conversion and survivorship of the Jamaica red tilapia strain. *Aquaculture*. 212: 159 – 165.
- Bakun A. (1996). Patterns in the ocean. Ocean processes and marine population dynamics. La Paz, BCS Mexico: California Sea Grant College System, NOAA in cooperation with Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste. 323.
- Barletta M.; Jaureguizar A. J.; Baigun C.; Fontoura N. F.; Agostinho A. A.; Almeida-Val V. M. F.; Val A. L.; Torres R. A.; Jimenes-Segura L. F.; Giarrizzo T.; Fabré N. N.; Batista V. S.; Lasso C.; Taphorn D. C.; Costa M. F.; Chaves P. T.; Vieira J. P.; Corrêa M. F. M. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*. 76: 218–2176.
- Berger C. (1989). In situ primary production, biomass and light regime in the Wolderwijd, the most stable *Oscillatoria agardhii* lake in The Netherlands. *Hydrobiologia*. 185: 233–244
- Bevilacqua S.; Frascchetti S.; Musco L.; Guarnieri G.; Terlizzi A. (2011) Low sensitiveness of taxonomic distinctness indices to human impacts: evidences across marine benthic organisms and habitat types. *Ecol. Indic.* 11: 448–455.
- Borja A.; Ranasinghe A.; Weisberg S. B. (2009) Assessing ecological integrity in marine waters, using multiple indices and ecosystem components: challenges for the future. *Mar. Pollut. Bull.* 59: 1–4.
- Chassot E.; Bonhommeau S.; Dulvy N. K.; Mélin F.; Watson R.; Gascuel D.; Le Pape O. (2010) Global marine primary production constrains fisheries catches. *Ecology Letters*. 13: 4.
- Confer J. L.; Howick G. L.; Corzette M. H.; Kramer S. L.; Fitzgibbon S.; Landesbero R. L. (1978). Visual predation by planktivores. *Oikos*. 31: 27-37.
- Copp G. H.; Kovac.V. (1996). When do fish with indirect development become juveniles? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 746–752.

- Correia M. D.; Sovierzosk H. H. (2005). *Ecosistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais*. Série Conversando sobre Ciências em Alagoas. EDUFAL. Maceió.
- Damalas D.; Maravelias C. D.; Katsanevakis S.; Karageorgis A. P.; Papaconstantinou C. (2010). Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the eastern Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 89: 107-118.
- Dayton P. K.; Hessler R. R. (1972). Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep-sea. *Deep-Sea Res.* 19: 199-208.
- De Juan S.; Demestre M. (2012). A Trawl Disturbance Indicator to quantify large scale fishing impact on benthic ecosystems. *Ecological Indicators* 18: 183–190.
- Esteves F. A. (1998) *Fundamentos de limnologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 575.
- Gorman O. T.; Karr J. R. (1978). Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*. 59: 507-515.
- Grassle J. F.; Maciolek N. J. (1992). Deep-sea species richness and local diversity estimates from quantitative bottom samples. *American Naturalist*. 139: 313–341.
- Gray J. S. (2001). Marine diversity: the paradigms in patterns of species richness examined. *SciMar*. 65: 241–256.
- Gray J. S. (2002). Species richness of marine soft sediments. *Marine Ecology Progress Series* 244: 285–297.
- Grobelaar, J. V. (1990). Modelling phytoplankton productivity in turbid waters with small euphotic to mixing depth ratios. *Journal of Plankton Research* 12: 923–931.
- Heino M.; Dieckmann U.; Godø O. R. (2002) Reaction norm analysis of fisheries-induced adaptive change and the case of the Northeast Arctic cod. 14.
- Higgins S. N.; Hecky R. E.; Guildford S. J. (2006). Environmental controls of *Cladophora glomerata* growth dynamics in eastern Lake Erie: application of the *Cladophora* growth model (CGM). *J Great Lakes Res.* 32: 629–644.
- Hurd C. L. (2000). Water motion, marine macroalgal physiology, and production. *Journal of Phycology*. 36: 453–472.

- Katsanevakis S.; Tsiamis K.; Ioannou G.; Michailidis N.; Zenetos A. (2009). Inventory of alien marine species of Cyprus. *Mediterranean Marine Science*. 10: 109-133.
- Knoppers B.; Ekau W.; Figueiredo A. G. (1999). The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Marine Lett.* 19: 171-178.
- Knoppers B.; Medeiros P. R. P.; Souza Weber F. L. The São Francisco Estuary, Brazil. (2006) *The Handbook of Environmental Chemistry*. 5: 51–70. doi:10.1007/698\_5\_026.
- Kromkamp, J. & Peene, J. (1995). Possibility of net phytoplankton primary production in the turbid Schelde estuary (SW Netherlands). *Marine Ecology Progress Series* 121: 249–259.
- Leathwick J. R.; Elith J.; Francis M.P.; Hastie T.; Taylor P. (2006). Variation in demersal fish species richness in the oceans surrounding New Zealand: an analysis using boosted regression trees. *Marine Ecology Progress Series*. 321: 267-281.
- Legendre L.; Legendre P. (1983). *Numerical ecology: developments in environmental modelling*, 3. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Lima S. L.; Dill L. M. (1990). Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68: 619–640.
- Longhurst A. R.; Pauly D. (2007). *Ecologia dos oceanos tropicais*. EDUSP, São Paulo. 419.
- Longhurst A.; Sathyendranath S.; Platt T.; Caverhill C. (1995). An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *J. Plankton Res.* 17: 1245–1271.
- Lough R. G.; M. Pennington; Bolz G. R.; Rosenberg A. A. (1982). Age and growth of larval Atlantic herring, *Clupea harengus* L, in the gulf of Maine-Georges Bank region based on otolith growth increments. *Fish. Bull., U.S.* 80(2): 187–199.
- Lowe-McConnell R. H. (1999). *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Editora da Universidade de São Paulo.
- Mallekh R.; Lagardere J. P.; Begout Anras M. L.; Lafaye J.Y. (1998). Variability in appetite of turbot, *Scophthalmus maximus* under intensive rearing conditions: the role of environmental factors. *Aquaculture*. 165: 23–138.

- Maravelias C. D.; Tsitsika E. V.; Papaconstantinou C. (2007). Seasonal dynamics, environmental preferences and habitat selection of John Dory (*Zeus faber*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Londres. 72: 703-710.
- Markager S.; Sand-Jensen K. (1992). Light requirements and depth zonation of marine macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*. 88: 83–92.
- McClatchie S.; Millar F.R.; Webster B.; Lester P.J.; Hurst R.; Bagle Y. N. (1997). Demersal fish community diversity off New Zealand: Is it related to depth, latitude and regional surface phytoplankton? *Deep-Sea Research*. 4: 647-667.
- Paetzold A.; Warren P.; Maltby L. (2010). A framework for assessing ecological quality based on ecosystem services. *Ecosyst.Complex*. 7: 273–281.
- Rahel F. J.; Stein R. A. (1988). Complex predator-prey interactions and predator intimidation among crayfish, piscivorous fish, and small benthic fish. *Oecologia*. 75: 94–98.
- Rex M. A.; Stuart C. T.; Hessler R. R.; Allen J. A.; Sanders H. L.; Wilson G. D. F. (1993). Global-scale latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. *Nature*. 365: 636–639.
- Roberts C. M.; Ormond R. F. (1987). Habitat complexity and coral reef diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41: 1-8.
- Roy K.; Jablonski D.; Valentine J. W.; Rosenberg G. (1998). Marine latitudinal gradients: test of causal hypotheses. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 95. 3699–3702.
- Sanders H. L. (1969). Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. In: Woodwell GM, Smith HH (eds) *Diversity and stability in ecological system*. Brookhaven Symposium. Biology Department, Brookhaven National Laboratory. 22: 71–81.
- Scheffer M.; Baveco J.M.; DeAngelis D. L.; Lammens E. H. R. R.; Shuter B. (1994). Stunted growth and stepwise die-off in animal cohorts. *Am.Nat.* 145: 376-388.
- Shapiro S. S.; Wilk M. B. (1965). An analysis of variance test of normality (complete samples) *Biometrika*. 52: 591-611.
- Soetaert K.; Herman P. M. J.; Kromkamp J. (1994). Living in the twilight: estimating net phytoplankton growth in the Westerschelde estuary (the Netherlands) by means of a global ecosystem model (MOSES). *Journal of Plankton Research* 16: 1277–1302.

- Súarez. Y. R. (2008). Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. *Biota Neotrop.* 8.
- Vigliola L.; Harmelin-Vivien, M. (2001). Post-settlement ontogeny in three Mediterranean reef fish species of the genus *Diplodus*. *Bulletin of Marine Science.* 68(2): 271-286.
- Warton D. I.; Wright T. W.; Wang Y. (2012). Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. *Methods in Ecology and Evolution.* 3: 89–101.
- Winemiller K. O. (2005). Live History, Population Regulation, and implication for fisheries management. *Canada Journal Fisheries Aquatic Science.* 62. 872-885.

#### 4 CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos demonstram que a estabilidade de temperatura e luminosidade das regiões tropicais (Lowe-McConnel 1999) faz com a composição de espécies seja mais sensível as variáveis ambientais, do que totais de espécie e indivíduos. O número de espécies e indivíduos demonstrou uma relação para profundidade de 30 metros na região norte, e tem como característica a presença de recifes (Correia and Sovierzoski 2005), indicando que esta formação estrutural apresenta características peculiares que auxiliaram a maior presença de espécies restritas, como demonstrado no primeiro capítulo. Um desses fatores pode ser a presença de microhabitats como base para a diferença que esta região tem em relação às outras (MacArthur and MacArthur 1961).

Porém, contrariando uma das principais hipóteses do trabalho, o número de espécies e indivíduos não é relacionado pela turbidez e clorofila, indicando que a região tropical passa por um processo evolutivo de estabilidade de espécies e quantidade de indivíduos (Sanders 1968), seja por menores perturbações ambientais (Dayton and Hessler 1972), ou relações espécies-área (Abele and Walters 1978).

No entanto, estes resultados auxiliaram na compreensão da variação da composição no ambiente costeiro tropical, fato que se mostrou mais relevante para compreensão da diversidade costeira do que as relações para número total de indivíduos e espécies. Esta descoberta ressalta a ideia de que nos trópicos não é necessária à alta frequência de indivíduos para que se possa planejar e desenvolver áreas de conservação para as comunidades de peixes. A atenção para conservação e manutenção de áreas com muitas espécies e poucos indivíduos nestas regiões costeiras, é válida, pois, em regiões costeiras tropicais há um menor número de indivíduos por espécie, fazendo com que a presença ou ausência dos indivíduos seja relevante (Stuart-Smith et al. 2013).

Assim, é necessário que as variáveis ambientais associadas aos fatores significativos sejam determinadas em análises posteriores que considerem

características funcionais, ecológicas, genéticos e evolutivos destas espécies, possibilitando assim, uma compreensão mais robusta do funcionamento de ambientes costeiros rasos tropicais. Para quantidade de indivíduos e espécies, por exemplo, identificar quais variáveis ambientais são responsáveis pelas diferenças encontradas na região norte. A produtividade primária e da turbidez, podem ser relevantes para explicação de tais mudanças, pois ambas são afetados pela morfologia litorânea, apresentando potencial de variação com períodos sazonais e com a profundidade. Tais variáveis podem estar contribuindo para gerar as diferenças observadas neste trabalho, mas também podem estar atuando como ruído, escondendo diferenças existentes ao aumentar a variabilidade ambiental.

## REFERÊNCIAS

- Abele L. G.; Walters K. (1979) Marine benthic diversity: a critique and alternative explanation. *Journal of Biogeography* 6, 115–126.
- Correia M. D.; Sovierzosk H. H. 2005. Ecossistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais. Série Conversando sobre Ciências em Alagoas. EDUFAL. Maceió.
- Dayton, P. K.; Hessler R. R. (1972) Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep-sea. *Deep-Sea Res.* 19:199-208.
- Lowe-McConnell R. H. (1999) Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais. Editora da Universidade de São Paulo.
- MacArthur R. H.; MacArthur J. W. (1961). On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- Sanders H. L. (1969) Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. In: Woodwell GM, Smith HH (eds) Diversity and stability in ecological system. Brookhaven Symposium. Biology Department, Brookhaven National Laboratory. 22: 71–81.



Stuart C. T.; Rex M. A.; Etter R. J. (2003) Large-scale spatial and temporal patterns of deep-sea benthic species diversity. In: Tyler P. A. (Ed.), *Ecosystems of the Deep Oceans*. Elsevier, Amsterdam. 295–311.

**Appendix- Species caught in the Atlantic Coast on the northeast coast of Brazil, in an area of approximately 300 km, at different depths (10, 20 and 30 m), regions (north, central and south), and different seasons (rainy and dry).**

(Continua)

Specie	Depth			Region			Season	Popular name	Family
	10m	20m	30m	North	Central	South	Rainy /Dry		
<i>Acanthurus bahianus</i>			x		x		R	Caraúna	Acanthuridae
<i>Aconthostracion polyanius</i>			x	x			D	Baiacu cofre	Ostraciidae
<i>Albula nemoptera</i>	x		x	x	x		R - D	Ubarana	Albulidae
<i>Albula vulpes</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	U. focinho de rato	Albulidae
<i>Aluterus monoceros</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Cangulo de areia	Monacanthidae
<i>Anchoa spinifer</i>	x				x		D	Guaravira	Engraulidae
<i>Archosargus probatocephalus</i>		x			x		D	Sargo de dente	Sparidae
<i>Auxis thazard</i>		x	x		x	x	R - D	Bonito	Scombridae
<i>Bagre bagre</i>	x	x		x		x	R - D	Bagre amarelo	Bagre branco
<i>Bagre marinus</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Bagre branco	Ophichthidae
<i>Bairdiella ronchus</i>		x				x	D	Roncador	Scianidae
<i>Balistes capriscus</i>			x	x			R	Peixe porco	Balistidae
<i>Balistes vetula</i>		x	x			x	R	Cangulo	Balistidae
<i>Bothus ocellatus</i>		x			x		R - D	Soia	Bothidae
<i>Bothus robinsi</i>			x		x		D	Soia	Bothidae
<i>Calamus pennatula</i>			x	x			R - D	Peixe pena	Sparidae
<i>Cathorops spixii</i>	x	x		x	x	x	R - D	Bagre amarelo	Ariidae
<i>Caranx bartholomaei</i>		x	x	x	x	x	R - D	Garassimbora	Carangidae
<i>Caranx crysos</i>		x	x	x	x	x	R - D	Garassuma	Carangidae
<i>Caranx hippos</i>	x	x	x		x	x	R	Xaréu	Carangidae
<i>Caranx latus</i>	x		x		x	x	D	Xaréu olhão	Carangidae
<i>Cephalopholis fulva</i>		x				x	D	Garoupinha	Serranidae
<i>Cetengraulis edentulus</i>	x	x		x			R	Manjuba	Engraulidae

**Appendix- Species caught in the Atlantic Coast on the northeast coast of Brazil, in an area of approximately 300 km, at different depths (10, 20 and 30 m), regions (north, central and south), and different seasons (rainy and dry).**

(Continuação)

Specie	Depth			Region			Season	Popular name	Family
	10m	20m	30m	North	Central	South	Rainy /Dry		
<i>Chaetodipterus faber</i>	x					x	R	Paru branco	Ephippidae
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Pilombeta	Carangidae
<i>Conodon nobilis</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Coroquete amarelo	Haemulidae
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	x	x		x		x	R - D	Pescada goete	Sciaenidae
<i>Cynoscion microlepidatus</i>	x			x			D	Pescada dentão	Sciaenidae
<i>Cynoscion virescens</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Pescada corvina	Sciaenidae
<i>Dactylopterus volitans</i>			x	x			D	Voador	Dactylopteridae
<i>Diapterus rhombeus</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Tinga	Gerreidae
<i>Diplectrum formosum</i>	x					x	R	Micholé de areia	Serranidae
<i>Echeneis naucrates</i>	x			x			D	Rêmora	Echeneididae
<i>Enyatremus luteus</i>	x					x	D	Caicanha	Haemulidae
<i>Eucinostomus argenteus</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Carapicuaçu	Gerreidae
<i>Eucinostomus gula</i>	x			x			D	Carapicu	Gerreidae
<i>Fistularia tabacaria</i>			x	x	x	x	R - D	Agulhão trombeta	Fistulariidae
<i>Haemulon aurolineatum</i>		x	x		x		R - D	Xira branca	Haemulidae
<i>Haemulon steindachneri</i>	x	x			x	x	D	Marcasso	Haemulidae
<i>Haemulon plumieri</i>			x	x			R	Biquara	Haemulidae
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>		x				x	D	Caetano	Carangidae
<i>Isopisthus parvipinnis</i>		x				x	D	Pescadinha	Scianidae
<i>Larimus breviceps</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Boca mole	Scianidae
<i>Licengraulis grossidens</i>	x			x			R	Manjubão	Engraulidae
<i>Lutjanus analis</i>			x	x			D	Cioba	Lutjanidae
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	x					x	R	Caranha	Lutjanidae
<i>Lutjanus synagris</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Ariocó	Lutjanidae
<i>Lutjanus vivanus</i>	x					x	D	Pargo	Lutjanidae

**Appendix- Species caught in the Atlantic Coast on the northeast coast of Brazil, in an area of approximately 300 km, at different depths (10, 20 and 30 m), regions (north, central and south), and different seasons (rainy and dry).**

(Continuação)

Specie	Depth			Region			Season	Popular name	Family
	10m	20m	30m	North	Central	South	Rainy /Dry		
<i>Lycengraulis grossidens</i>	x			x		x	R	Ubarana-focinho-de-rato	Engraulidae
<i>Macrodon ancylodon</i>	x	x			x	x	R - D	Pescadinha	Scianidae
<i>Menticirrhus americanus</i>	x	x		x	x		R - D	Pescada de escama	Scianidae
<i>Menticirrhus litoralis</i>	x	x	x		x		R	Pescada perna de moça	Scianidae
<i>Micropogonias furnieri</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Pescada corvina	Scianidae
<i>Odontoscion dentex</i>		x		x			R	Pescada	Scianidae
<i>Oligoplites saurus</i>	x	x	x	x		x	R	Guaivira	Carangidae
<i>Opisthonema oglinum</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Sardinha azul	Clupeidae
<i>Orthopristis ruber</i>		x	x		x		D	Canguito	Haemulidae
<i>Pellona harroweri</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Sardinha	Clupeidae
<i>Peprilus paru</i>		x			x		R	Paru	Stromateidae
<i>Polydactilus virginicus</i>	x	x				x	R - D	Baburdo	Polynemidae
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Biquara	Haemulidae
<i>Priacanthus cruentatos</i>	x			x			R	Olho de cão	Priacanthidae
<i>Prionotus punctatus</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Voador	Triglidae
<i>Pseudupeneus maculatus</i>		x	x	x		x	R - D	Saramunete	Mulidae
<i>Rhinobatos percellens</i>		x	x		x	x	R - D	Raia-viola	Rhinobatidae
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	x	x		x	x	x	R - D	Cação frango	Carcharhinidae
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	x					x	R	Cação frango	Carcharhinidae
<i>Scarus guacamaia</i>	x			x			D	Budião	Scaridae
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Serra	Scombridae
<i>Scomberomorus cavalla</i>	x	x			x	x	R	Cavala	Scombridae
<i>Selar crumenophthalmus</i>		x			x		R	Xixaro	Carangidae
<i>Selene setapinnis</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Galo branco	Carangidae
<i>Sphyraena guachancho</i>	x	x	x		x	x	R - D	Bicuda	Sphyraenidae

**Appendix- Species caught in the Atlantic Coast on the northeast coast of Brazil, in an area of approximately 300 km, at different depths (10, 20 and 30 m), regions (north, central and south), and different seasons (rainy and dry).**

(Continuação)

Specie	Depth			Region			Season Rainy / Dry	Popular name	Family
	10m	20m	30m	North	Central	South			
<i>Sphyrna tome</i>	x				x		D	Barracuda	Sphyrnaidae
<i>Sphyrna lewini</i>		x				x	R	Tubarão martelo	Sphyrnidae
<i>Stellifer brasiliensis</i>	x	x		x	x	x	R - D	Cangoá	Scianidae
<i>Stellifer rastrifer</i>	x	x	x		x	x	R - D	Cangoá	Scianidae
<i>Stephanolepis hispidus</i>		x	x		x	x	R	Cangulo de areia	Monacanthidae
<i>Syacium micrurum</i>	x	x	x	x	x	x	R - D	Soia	Paralichthyidae
<i>Syacium papillosum</i>		x		x			D	Soia	Paralichthyidae
<i>Synodus intermedius</i>			x		x	x	D	Peixe-lagarto	Synodontidae
<i>Trachinocephalus myops</i>		x			x	x	R	Peixe-lagarto	Synodontidae
<i>Trachinotus calinus</i>			x		x		R	Caetano	Carangidae
<i>Trichiurus lepturus</i>			x		x		R	Peixe-espada	Trichiuridae
<i>Trinectes paulistanus</i>	x	x		x	x	x	R - D	Soia	Achiridae
<i>Ulaema lefroyi</i>		x			x		R	Carapicu	Gerreidae
<i>Umbrina coroides</i>		x	x	x	x	x	R - D	Pescada Corvina	Scianidae
<i>Upeneus parvus</i>		x	x		x	x	R	-----	Mulidae

Fonte: Autor, 2014