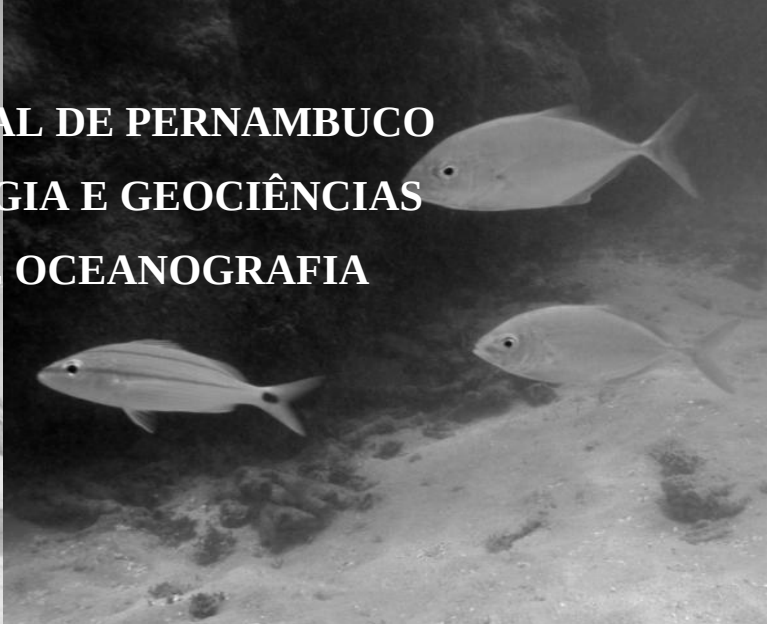
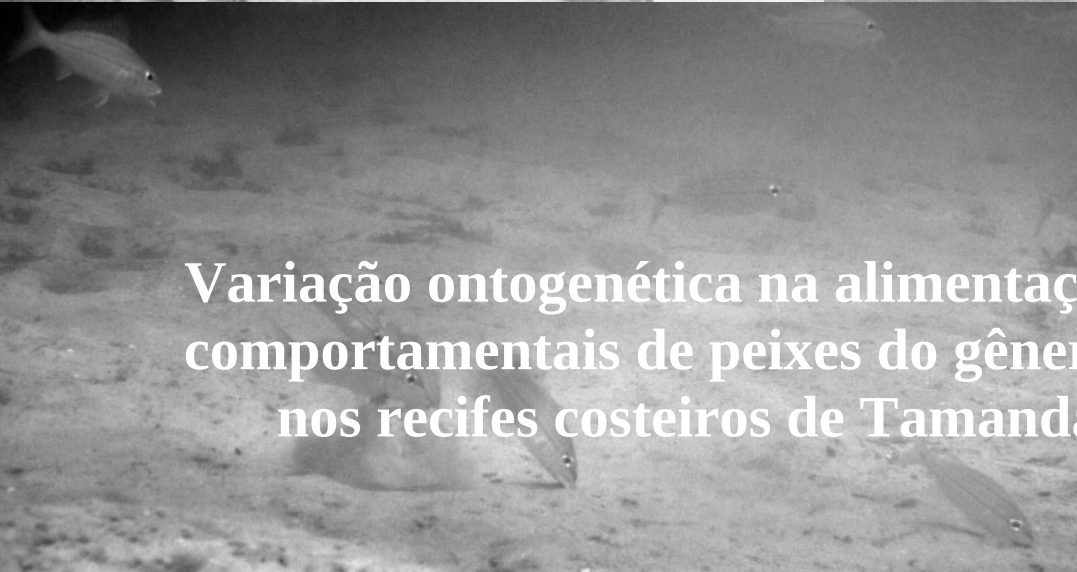




UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA



Variação ontogenética na alimentação e relações
comportamentais de peixes do gênero *Haemulon*
nos recifes costeiros de Tamandaré – PE.



Pedro Henrique Cipresso Pereira



Recife - PE

Dezembro 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

**Variação ontogenética na alimentação e relações
comportamentais de peixes do gênero *Haemulon*
nos recifes costeiros de Tamandaré – PE.**

Pedro Henrique Cipresso Pereira

Orientadora: Profa. Dra. Beatrice Padovani Ferreira

Dissertação apresentada à Coordenação
do Programa de pós-graduação em
Oceanografia da Universidade Federal
de Pernambuco para obtenção do grau
de Mestre em Oceanografia Biológica.

Recife - PE
Fevereiro 2011

Catálogo na fonte

Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

P436v Pereira, Pedro Henrique Cipresso.

Variação ontogenética na alimentação e relações comportamentais de peixes do gênero *Haemulon* nos recifes costeiros de Tamandaré - PE / Pedro Henrique Cipresso Pereira. - Recife: O Autor, 2011.

104 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Beatrice Padovani Ferreira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2011.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Oceanografia. 2. Variação Ontogenética na Alimentação. 3. Relações Comportamentais. 4. Peixes do Gênero *Haemulon*. 5. Recifes Costeiros. 6. Tamandaré – PE. I. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2011-066

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

Apresentado à banca examinadora em: 24/02/2011



Dra. Beatrice Padovani Ferreira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE



Dra. Maria Elisabeth de Araújo (Membro Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Dr. Cláudio Luis Sampaio (Membro Externo)
Universidade Federal de Alagoas - UFAL



Dra. Simone Ferreira Teixeira (Suplente)
Universidade de Pernambuco - UPE

Dra. Lilia Pereira Santos (Suplente)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Recife, 24 de Fevereiro de 2011

Every man gotta the right to decide... his own destiny...

and in this judgment... there is...no partiality!

(Zimbabwe - Robert Nesta Marley)

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a meus pais (Paulo e Sara) por serem sempre bons exemplos, o que me fez seguir no caminho do bem, e também pelo apoio incondicional aos meus ideais! Além disso, agradecer:

A minha orientadora Profa. Dra. Beatrice Padovani Ferreira pela orientação, paciência e ajuda, e queria também agradecer pela CONFIANÇA que ela depositou em mim que é o fator mais importante para o sucesso do trabalho!

Ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, e a CAPES pelo apoio e recurso financeiro respectivamente para realização do projeto.

Ao CEPENE, na pessoa do chefe Antônio Clerton pela permissão de usar as dependências do centro para a execução do projeto.

Aos amigos do Mestrado pela amizade e pelos momentos que vivemos juntos sejam eles de trabalho duro ou de lazer

A todo o pessoal de Tamandaré! Valeu ae galera do Tamandaroço, sem vocês não existiria esse trabalho: João (Mututuca), Sandro Véio, Manuel (Biolouco), Rodrigo (Peta), Laís (Laizozza), Alexandre (Forlan), Simone (Pira) e todo mundo....

A galera que trabalha com nossos queridos peixes recifais por todo o Brasil e o mundo pela ajuda no trabalho, especialmente a: Pedro de Podestá, Alfredo Carvalho Filho, Ivan Sazima, Even Moland, Diego Medeiros Valverde, Jonas Rodrigues...

A natureza por colocar no meu caminho o alvo de todo o meu trabalho presente e futuro!!!

Por fim, e não menos importante, agradeço aos integrantes da banca examinadora pelas sugestões e críticas.

Sumário

Introdução Geral	12
Capítulo 1	15
Variação ontogenética e sobreposição alimentar das espécies do gênero <i>Haemulon</i> nos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco	
Introdução	15
Material e Métodos	17
Resultados	21
Discussão	33
Capítulo 2	43
Comportamento alimentar e interações agonísticas das espécies do gênero <i>Haemulon</i> nos recifes costeiros de Tamandaré - Pernambuco	
Introdução	43
Material e Métodos	46
Resultados	51
Discussão	66
Anexo de Fotos	77
Capítulo 3	83
Paper Submetido para a revista Neotropical Ichthyology	
Mixed-species schooling behavior (heterotypic schooling) involving coral reef fish of the genus <i>Haemulon</i> .	
Conclusão e Considerações Gerais	101
Referências Gerais	103

Lista de Figuras

Capítulo 1:

Figura 1 – Mapa da área, evidenciando os recifes costeiros de Tamandaré, local onde foram coletados os indivíduos do gênero *Haemulon* para análises dos conteúdos estomacais. Pg. 18

Figura 2 – Representação esquemática do resultado no índice gráfico de Costello (1990). 19

Figura 3 – Metodologia de análises dos conteúdos estomacais coletados: **A** – Medição dos indivíduos; **B** – Pesagem dos indivíduos **C,D** – Espécies do gênero *Haemulon* coletadas. 20

Figura 4 – Itens alimentares predominantes encontrados nos conteúdos estomacais das espécies do gênero *Haemulon* analisadas. A escala na figura demonstra a grande variação no tamanho dos itens, entre 1 mm e 100 mm (recursos alimentares com diferença de tamanho de até 100 vezes). 22

Figura 5 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon aurolineatum* (N= 93 indivíduos). 25

Figura 6 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon parra* (N= 74 indivíduos). 26

Figura 7 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon plumieri* (N= 74 indivíduos). 27

Figura 8 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon squamipinna* (N= 53 indivíduos). 28

Figura 9 – Porcentagem de sobreposição das dietas das espécies do gênero *Haemulon* analisadas para cada uma das classes de comprimento. 30

Figura 10 – Dendrograma utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis da dieta das espécies do gênero *Haemulon* agrupadas nas diferentes classes de comprimento. 31

Figura 11 – Análise dos componentes principais (PCA) relacionando as classes de comprimento das espécies do gênero *Haemulon* e os itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais. 32

Capítulo 2:

Figura 1 – Área de realização das observações do comportamento alimentar / interações agonísticas das espécies do gênero *Haemulon* - destaque para os diferentes recifes. 47

Figura 2 – Espécies do gênero *Haemulon* presentes nos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco. A,B) *Haemulon aurolineatum* juvenil e adulto; C,D) *Haemulon parra* juvenil e adulto; E,F) *Haemulon plumieri* juvenil e adulto e G,H) *Haemulon squamipinna* juvenil e adulto. Fotos - Pereira, P.H.C e Feitosa, J.L.L. 48

Figura 3 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon aurolineatum*. 54

Figura 4 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon parra*. 55

Figura 5 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon plumieri*. 56

Figura 6 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon squamipinna*. 58

Figura 7 – Dendrograma utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis relacionando as espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes categorias observadas a partir dos dados de frequência alimentar (mordiscadas / 10 min) em cada tipo de substrato. 59

Figura 8 – Análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) por substrato relacionando as espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes categorias observadas a partir dos dados de frequência alimentar (mordiscadas / 10 min) em cada tipo de substrato. 60

Figura 9 – Análise dos componentes principais (PCA) relacionando as espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes categorias observadas e os diferentes tipos de substratos utilizados na alimentação. 61

Figura 10 – Porcentagem do total de interações agonísticas (ativas e passivas) com dados agrupados em guildas tróficas. 64

Figura 11 – Porcentagem do total de interações agonísticas (ativas e passivas) para as espécies do gênero *Haemulon* relacionando a fase de vida (juvenil e adulto). 65

Figura 12 – Porcentagem do total de interações agonísticas (ativas e passivas) para cada uma das espécies do gênero *Haemulon*. 12

Capítulo 3:

Fig. 1 - Heterotypic schooling behaviors involving the genus *Haemulon* and other coral reef fish species. **A** – *Anisotremus virginicus* with an adult school of *H. aurolineatum*; **B** – *Ocyurus chrysurus* with *H. aurolineatum* and *H. squamipinna* adults; **C** – *Scarus zelindae* with *H. parra*, *H. plumieri* and *H. squamipinna* adults; **D** – *Lutjanus jocu* with *H. parra* and *H. squamipinna* adults. Circles highlight non-*Haemulon* species. Photos – Pereira, P.H.C. 98

Fig. 2 – Protective mimicry behavior between the genus *Haemulon* and other coral reef fish species. **A** – *Mulloidichthys martinicus* with an adult school of *H. aurolineatum*; **B** – *Lutjanus alexandrei* with *H. parra* juveniles; **C** – *Sparisoma axillare* with *H. parra* juveniles; **D** – *Harengula clupei* with a juvenile school of *H. aurolineatum*. Circles highlight non-*Haemulon* species. Photos – Pereira, P.H.C. 99

Fig. 3 – Foraging facilitation behavior between *Sparisoma radians* and *Haemulon parra* juveniles. **A** - Zoom of the ventral portion of the species, showing similar coloration and sizes. **B** – Parrotfish juvenile foraging on an algae bank associated with *Haemulon parra* juveniles. Photo - Diego Valverde Medeiros. 100

Lista de Tabelas

Capítulo 1:

Tabela 1 – Valores das medidas (comprimento total – CT e peso) máximas e mínimas das espécies do gênero *Haemulon* coletadas. CT em centímetros e Peso em gramas. 21

Tabela 2 – Porcentagem de volume dos conteúdos estomacais de 276 indivíduos (sendo 20 com estômagos vazios) do gênero *Haemulon* coletados nos recifes costeiros de Tamandaré – PE. 23

Tabela 3 – Valores dos índices de sobreposição alimentar de Pianka (1973) para as espécies do gênero *Haemulon* analisadas, separadas em quatro classes de comprimento. (Valores em **negrito** significam elevada sobreposição alimentar - superiores a 0,6 - 60% de similaridade nas dietas). 29

Capítulo 2:

Tabela 1 – Frequência alimentar (número de mordiscadas por 10 minutos) para as quatro espécies do gênero *Haemulon*, com valores separados por categorias. 52

Tabela 2 - Frequências alimentares (mordiscadas/10min) - (média $\pm$ desvio padrão) e realização do comportamento **Chewing** para as quatro espécies analisadas e em todas as categorias observadas para os quatro tipos de substratos.

* Possui diferenças significativa com as demais categorias – teste de Mann Whitney. 52

Tabela 3 – Relação das interações agonísticas ativas das espécies do gênero *Haemulon* observadas nos recifes costeiros de Tamandaré – PE (agrupadas nas categorias: juvenil e adulto). 62

Tabela 4 – Relação das interações agonísticas passivas das espécies do gênero *Haemulon* observadas nos recifes costeiros de Tamandaré – PE (agrupadas nas categorias: juvenil e adulto). 63

Capítulo 3:

Table 1. List of the total number of observed events and types of interactions between the genus *Haemulon* and other coral reef fish species **N** - Total number of occurrences for all species. **F.O (%)** - Frequency of Occurrence; **Life phase** – Life phase of the observed species; **Trophic guilds** – Trophic guild organizations following Ferreira et al., 2004. 97

Table 2. Types of interactions and the species involved in mixed schools with individuals of the genus *Haemulon*. 97

Resumo

O gênero *Haemulon* é representado atualmente por vinte e uma espécies validas ao longo do mundo, os mesmos dominam numericamente as comunidades de recifes rasos e representam um excelente grupo para estudos ecológicos, já que possui uma ecomorfologia bem variada, grande importância numérica, ecológica e econômica. O presente trabalho é focado nas quatro espécies do gênero presentes na região do estudo, os recifes costeiros do município de Tamandaré- litoral sul do estado de Pernambuco, sendo elas: *Haemulon aurolineatum*, *H. parra*, *H. plumieri* e *H. squamipinna*, as quais são comumente capturadas pela pesca artesanal na região, e conhecidas como “xiras”. O estudo foi dividido em três capítulos sendo o primeiro com o objetivo de analisar as variações ontogenéticas na dieta e a sobreposição alimentar das espécies, o segundo realizar observações do comportamento alimentar e de interações agonísticas e no último foram investigadas as associações de formação de cardumes dos mesmos com outros peixes recifais. Para análises da dieta foram coletados, com diversas artes de pesca (puçá, linha de mão e arpão) 276 indivíduos de comprimento total variando de 1,5 até 33,5 cm e peso entre 1,5 e 410,13 gramas. Houve uma clara variação ontogenética na dieta sendo que as classes de tamanhos inferiores (0 – 5 e 0 – 10 cm) tiveram alimentação composta principalmente por copépodos e pequenos crustáceos, como anfípodes e tanaidáceos, já com aumento do tamanho houve predominância de itens maiores como poliquetas e caranguejos braquiúros. Os valores de sobreposição alimentar das dietas, ou seja, o nível de semelhança entre a quantidade e diversidade de itens utilizados como recurso alimentar foram altos em 100% das análises para as classes de comprimento extremas, ou seja, indivíduos menores que 5 cm e maiores que 15 cm. No entanto para as classes de comprimento intermediárias (5 - 10 cm e entre 10 e 15 cm) foram registrados alguns valores baixos de sobreposição. Referente ao capítulo 2, as observações de comportamento alimentar (padronizadas em 10 minutos) foram realizadas utilizando as técnicas de mergulho livre / autônomo e realizadas do início da manhã (8:00 h) até o final da tarde (17:00 h). Entre os indivíduos agrupados ou não em cardumes foi observado um padrão evidente para todas as espécies (principalmente para os adultos) de menor frequência alimentar para os indivíduos em cardumes, já que é conhecido que os mesmos formam cardumes para proteção e se agrupam em uma formação chamada “*resting schools*” e assim permanecem com baixa atividade alimentar. Houve também uma diferença entre o local de alimentação relativo à fase de vida das espécies (juvenil/adulto) sendo que os indivíduos adultos alimentaram-se no substrato arenoso e os juvenis na coluna de água. Modificações ontogenéticas na dieta e no comportamento de peixes recifais ocorrem com objetivo de minimizar gasto energético e risco de predação e paralelamente aumentar taxas de crescimento. Relacionado ao terceiro capítulo, foram observadas no total 15 espécies de peixes recifais pertencentes a oito diferentes famílias realizando associações de formação de cardumes com espécies do gênero *Haemulon*. O comportamento foi observado em um total de 109 vezes, sendo as espécies que realizaram as associações com maior frequência: *Lutjanus alexandrei* (n= 20), *Pseudupeneus maculatus* (n= 19), *Anisotremus virginicus* (n= 13), *Sparisoma radians* (n = 10) e *Mulloidichthys martinicus* (n= 10). Os fenômenos de associações de cardumes registrados possivelmente estão ligados a grande quantidade de indivíduos do gênero *Haemulon* presentes nos ecossistemas recifais, e, também a tendência de indivíduos com reduzidas populações a permanecerem em cardumes (e.g. gênero *Scarus*).

Abstract

The genus *Haemulon* is currently represented by twenty-one species valid throughout the world, they are numerically dominate on shallow reef communities and represent an excellent group for ecological studies because it has a very diverse eco-morphology, large numerical importance, ecological, and economic. The present work is focused on four species of the genus present in the region of the study, the coastal reefs of the municipality of Tamandaré - state of Pernambuco and they are: *Haemulon aurolineatum*, *H. parra*, *H. plumieri* and *H. squamipinna*, which are commonly caught by artisanal fisheries in the region, and known as "xiras". The study was divided into three chapters with the first one analyze the ontogenetic variation in diet and food overlap of the species, the second performed observations of feeding behavior and agonistic interactions, the last one investigated the heterotypic schooling behavior of the genus with other reef fishes. For the diet analysis were collected with different fishing gear (hand net, hand line and arbalet) 276 individuals in total length from 1.5 to 33.5 cm and weighing 1.5 to 410.13 grams. There was a clear ontogenetic variation in diet being that the lower size classes (0-5 and 0 - 10 cm) had a diet comprised primarily of small crustaceans such as copepods, amphipods and tanaidaceans, cited as increasing the size predominance of larger items such as polychaetes and brachyuran crabs. The food overlap values of the diets - the level of similarity between the quantity and diversity of items - used as food refuse were high in 100% of the tests for the extreme length classes, ie individuals <5 cm and larger than 15 cm. However for the classes of intermediate length (5-10 cm and 10 to 15 cm) were recorded a few low values of overlap. Referring to chapter 2, the observations of feeding behavior (standardized at 10 minutes) were performed using the techniques of free diving / scuba and made the early morning (8:00 am) until late afternoon (17:00 h). Among the individuals grouped in schools or not there was a clear pattern for all species (mainly for adults) less frequent food for individuals in schools, since it is known that they form schools for protection and are grouped into a training called "resting schools" and thus remain low feeding activity. There was also a difference between the feeding site on the species-life stage (juvenile / adult) and that adults feeding on the sandy soil and juveniles in the water column. Ontogenetic diet changes and behavior of reef fishes occur in order to minimize energy expenditure and predation risk and simultaneously increase growth rates. Related to the third chapter, there were a total of 15 reef fish species belonging to eight different families conducting training schools associations with species of the genus *Haemulon*. The behavior was observed in a total of 109 times, and the species associations that performed most often: *Lutjanus alexandrei* (N = 20), *Pseudupeneus maculatus* (N = 19), *Anisotremus virginicus* (N = 13), *Sparisoma radians* (N = 10) and *Mulloidichthys martinicus* (N = 10). The phenomenon of mixed schooling appeared to be related to the large number of individuals of the genus *Haemulon* present in reef environments and to the tendency of individuals with limited populations to maintain schools (e.g. genus *Scarus*).

Introdução Geral

Os recifes de corais abrigam um quarto de todas as espécies marinhas, embora ocupem apenas 0,02% da área global dos oceanos. Consistem no mais importante local de abrigo e alimentação para os peixes recifais, já que possuem uma ampla estrutura sólida e tridimensional que fornece proteção (Sale, 1980). O ambiente recifal abriga mais de 25% de todas as espécies de peixes marinhos descritas no mundo (Spalding *et al.*, 2001), no entanto, são extremamente sensíveis às pequenas variações da temperatura das águas oceânicas constituindo-se, portanto, excelentes indicadores das mudanças climáticas globais (Thollot, 1992; Beck *et al.*, 2001).

Um dos grupos que se destacam no ambiente recifal, tanto em função dos diversos papéis ecológicos exercidos, quanto à grande importância econômica que possuem, são os peixes. A característica mais impressionante dos peixes recifais é a sua diversidade, tanto em termos de número de espécies, diferentes morfologias (Choat and Bellwood, 1991) e nichos ecológicos que estes apresentam.

A existência de variações ontogenéticas nos padrões de comportamento e também de alimentação em peixes recifais demonstra que a utilização dos ecossistemas ocorre de forma diferenciada entre os juvenis e os indivíduos adultos (Linderman *et al.*, 1998; Lukoschek and McCormick, 2001). Assim, estratégias de conservação devem ser implantadas para proteger as conexões existentes entre esses ecossistemas e garantir a migração natural das espécies, promovendo uma melhor integração entre os indivíduos e conseqüentemente um fluxo genético adequado (Tewksbury *et al.*, 2002; Haddad and Tewksbury, 2005).

A família Haemulidae possui dezessete gêneros, sendo *Anisotremus*, *Conodon*, *Haemulon*, *Microlepidotus* e *Orthopristis*, os que possuem o maior número de indivíduos e aproximadamente 145 espécies distribuídas ao longo dos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico, ocorrendo preferencialmente em ambientes marinhos e estuarinos, com raros exemplares encontrados em água doce (Lindeman and Toxey, 2002; Nelson, 2006).

O gênero *Haemulon* (*grunts*) é representado atualmente por 21 espécies válidas (Rocha *et al.*, 2008), as quais apresentam grandes diferenças morfológicas entre os adultos, no entanto possuem extrema semelhança durante os estágios juvenis (Courtenay, 1961; Lindeman, 1984). Estas espécies dominam numericamente os

ambientes de recifes rasos do Atlântico (cardumes com até milhares de indivíduos) e são considerados um dos principais grupos de peixes recifais devido ao grande número, valor para pesca e importância trófica como presa/predador (Lindeman and Toxey, 2002; Ferreira et al., 2004; Rocha *et al.*, 2008). Várias hipóteses foram propostas para agrupar as espécies do gênero baseadas em critérios como formatos do corpo e relações ecológicas (Courtenay, 1961, 1965; Davis, 1967; Lindeman, 1984), sendo que os indivíduos foram separados em: espécies planctívoras com corpo estreito (e.g *H. striatum* e *H. boschmae*) e espécies achatadas com hábito bentônico (e.g *H. album* e *H. plumieri*).

No entanto, mais recentemente foi realizado um estudo detalhado de análises filogenéticas para o gênero (Rocha *et al.*, 2008) o qual concluiu que algumas das relações de similaridade obtidas através de características morfológicas/ecológicas dos trabalhos anteriores (Courtenay, 1961, 1965; Davis, 1967; Lindeman, 1984) são corretas, no entanto outras não procedem. Foi observada uma forte relação entre *H. plumieri* e *H. sciurus*, de acordo com semelhanças na pigmentação em estágios juvenis e na cabeça dos adultos e também no número de raios da nadadeira (Lindeman, 1984), similaridade que também foi confirmada pela análise filogenética molecular (Rocha *et al.*, 2008). No entanto, a forte relação entre *H. boschmae*/*H. striatum* observada por Courtenay (1961) não foi confirmada na análise genética (Rocha *et al.*, 2008).

Dentro do gênero *Haemulon* quatro espécies são mais abundantes no litoral do estado de Pernambuco, sendo elas: *Haemulon aurolineatum*, *H. parra*, *H. plumieri* e *H. squamipinna* (Ferreira & Cava, 2001). Estas espécies são comumente capturadas pela pesca artesanal, sendo conhecidas como “xiras” e representam um excelente grupo para estudos ecológicos já que possui uma ecomorfologia bem variada, grande importância numérica, ecológica, e econômica (Lindeman and Toxey, 2002; Rocha *et al.*, 2008).

O objetivo geral do presente estudo foi analisar as variações ontogenéticas na dieta e a sobreposição alimentar das espécies do gênero *Haemulon*, realizar observações do comportamento alimentar e de interações agonísticas e, por fim, investigar as associações de formação de cardumes dos mesmos com outros peixes recifais.



Capítulo 1

Variação ontogenética e sobreposição alimentar
das espécies do gênero *Haemulon* nos recifes
costeiros de Tamandaré – Pernambuco

Capítulo 1: Variação ontogenética e sobreposição alimentar das espécies do gênero *Haemulon* nos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco

INTRODUÇÃO:

Estudos sobre a biologia alimentar de peixes, com análises de conteúdo estomacal, contribuem para a compreensão das relações ecológicas e da estrutura trófica das comunidades aquáticas (Krebs, 1998; Layman et al., 2007; Hammerschlag et al., 2010), pois exercem uma importante função tanto de presa como de predador. Além disso, constituem também uma importante ferramenta na definição de estratégias para o manejo sustentável dos ecossistemas, exploração racional de estoques de pescados e de outros organismos marinhos de valor comercial (Helfman, 1999).

Peixes da família Haemulidae são espécies consideradas carnívoras durante toda a fase de vida (Randall, 1967; Parrish and Zimmerman, 1977; Menezes and Figueiredo, 1985; Estrada, 1986; Nagelkerken et al., 2000; Layman and Silliman, 2002; Cocheret de la Morinière et al., 2003; Hammerschlag et al., 2010). As mesmas alimentam-se principalmente de invertebrados (e.g copepodos, anfípodes, crustáceos e poliquetas), sendo caracterizadas como “Mobile invertebrate feeders” – MIF, ou seja, predadoras de invertebrados móveis (Nagelkerken et al., 2000; Ferreira et al., 2004). No entanto, há uma evidente variação ontogenética no hábito alimentar destes indivíduos, que quando juvenis utilizam copepodos, ostracodos e tanaidáceos como item fundamental da dieta, e ao atingirem a fase adulta, alimentam-se principalmente de caranguejos braquiúros e poliquetas (Nagelkerken et al., 2000; Cocheret de la Morinière et al., 2003).

São observadas grandes variações ontogenéticas na composição da dieta, especialmente para peixes recifais carnívoros, esse processo já foi analisado para diversas espécies (Schmitt and Holbrook, 1984; Winemiller, 1989; McCormick, 1998; Grutter, 2000; Dahlgren and Eggleston, 2000; Figueiredo et al., 2005). Uma grande quantidade de fatores contribui para a existência destas variações ontogenéticas na alimentação, tanto relacionado a mudanças na composição taxonômicas quanto no tamanho dos itens utilizados na alimentação nas diferentes fases de vida (Lukoschek & McCormick, 2001). Tais fatores incluem o uso do habitat, modificações morfológicas e anatômicas e variações no comportamento alimentar e frequência de forrageamento (Schmitt and Holbrook, 1984; Lukoschek & McCormick, 2001). Sugere-se que tais modificações ontogenéticas na dieta ocorram com objetivo de minimizar gasto

energético e risco de predação e aumentar taxas de crescimento (Grossman, 1980; Brown, et al., 2002).

Vários organismos possuem a capacidade de modificar o uso dos recursos alimentares de acordo com a disponibilidade no meio (Stephens & Krebs, 1986), sendo que grandes variações ocorrem na alimentação, de acordo com mudanças espaciais e temporais (Hammerschlag et al., 2010). O uso dos recursos está, portanto, diretamente associado à diversidade de itens no meio (Layman et al., 2007) e competição com demais organismos predadores (Svanback and Bolnick, 2005). Até a temperatura pode induzir variações na dieta, pois atividade dos peixes pode diminuir com o decréscimo da temperatura, devido a menores demandas energéticas em locais mais frios (Tyler, 1971).

A competição por recurso alimentar em peixes recifais pode ser reduzida a partir da flexibilidade alimentar apresentada pela maioria das espécies (Araújo-Lima *et al.*, 1995; Kido, 2001). Este fato pode estar relacionado com a disponibilidade de recursos no ambiente (Lowe-McConnell, 1979; Winemiller, 1989; Jepsen *et al.*, 1997; Winemiller & Jepsen, 1998) e/ou com as características fenotípicas que possibilitam o uso de recurso variados.

Assim, o presente capítulo desta dissertação teve como objetivo analisar a variação ontogenética na alimentação e a sobreposição alimentar das espécies do gênero *Haemulon* presentes na área de estudo: *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon parra*, *Haemulon plumieri* e *Haemulon squamipinna*, especificamente os objetivos são:

- * Avaliar a existência de variação ontogenética na dieta das espécies entre as diferentes classes de comprimento total (CT), sendo elas: menor que 5 cm, de 5 a 10 cm, de 10 a 15 cm e maiores que 15 cm;
- * Analisar quais itens tem maior importância na dieta para as espécies em cada classe de comprimento através do Método gráfico de Costello (1990).
- * Verificar se existe sobreposição alimentar entre as dietas das diferentes espécies do gênero *Haemulon*, para cada uma das classes de comprimento.

Materiais e Métodos:

1.1 – Área de estudo

O município de Tamandaré, situado a 110 km da capital do estado de Pernambuco – Recife, está sob um regime climático que envolve duas estações bem definidas, a chuvosa, que ocorre de maio a julho, com temperatura média do ar de 20°C e do mar de 22°C e a de estiagem, de agosto a abril, na qual as temperaturas do ar e do mar alcançam a média de 28° e 27 °C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.500 mm, com a maior precipitação registrada no mês de julho, aproximadamente 525 mm, e a menor em dezembro, aproximadamente 80 mm. As principais correntes superficiais que influenciam a área são a corrente das Guianas e a corrente do Brasil, oriundas da divisão da corrente Sul-equatorial, no “calcanhar” do Brasil (Maida & Ferreira, 1997).

O complexo recifal estudado encontra-se dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APA Costa dos Corais), que estende-se ao longo de 135 km de litoral desde Tamandaré, sul do estado de Pernambuco, até Maceió, estado de Alagoas, dentro dos limites das coordenadas 8°42'16"S e 35°04'40"O; 8°47'44"S e 34°47'20"O; 9°46'30"S e 35°25'00"O; 9° 32'51"S e 35°36'59"O. A APA Costa dos Corais constitui a primeira unidade de conservação federal a incluir os recifes costeiros em sua área e é a maior unidade de conservação marinha brasileira, com uma área aproximada de 413.563 hectares (Ferreira et al., 2001).

Os recifes de coral de Tamandaré estão distribuídos em um padrão de linhas paralelas à costa, com três configurações distintas. A primeira linha geralmente fica exposta nas marés com maiores amplitudes, apresentando formações pouco desenvolvidas onde são encontradas algas dos gêneros *Sargassum*, *Caulerpa*, *Udotea*, *Neomeris*, *Padina*, *Gracilaria*, *Dictyota* e algas calcárias incrustantes. Pequenas colônias do coral *Siderastrea stellata*, coral endêmico do Brasil, ocorrem ao redor das bordas das concavidades (Maida & Ferreira, 1997). A segunda linha está localizada entre a praia e a terceira linha de recifes. O topo destes recifes pode variar de compacto e horizontal a irregular. Sua superfície é composta por pequenos cabeços, canais estreitos e piscinas com fundo de areia, podendo permanecer submersa ou exposta nas marés baixas. A terceira linha recifal representa o formato característico dos recifes de coral brasileiros, que é distinto de outros sistemas recifais (Maida & Ferreira, 1997) se desenvolvendo em colunas isoladas de cinco a seis metros de altura, que se expandem em seu topo.

Os indivíduos do gênero *Haemulon* foram coletados ao longo de um ano entre dezembro de 2009 e dezembro de 2010, nos recifes costeiros de Tamandaré – Litoral sul do estado de Pernambuco (Figura 1).

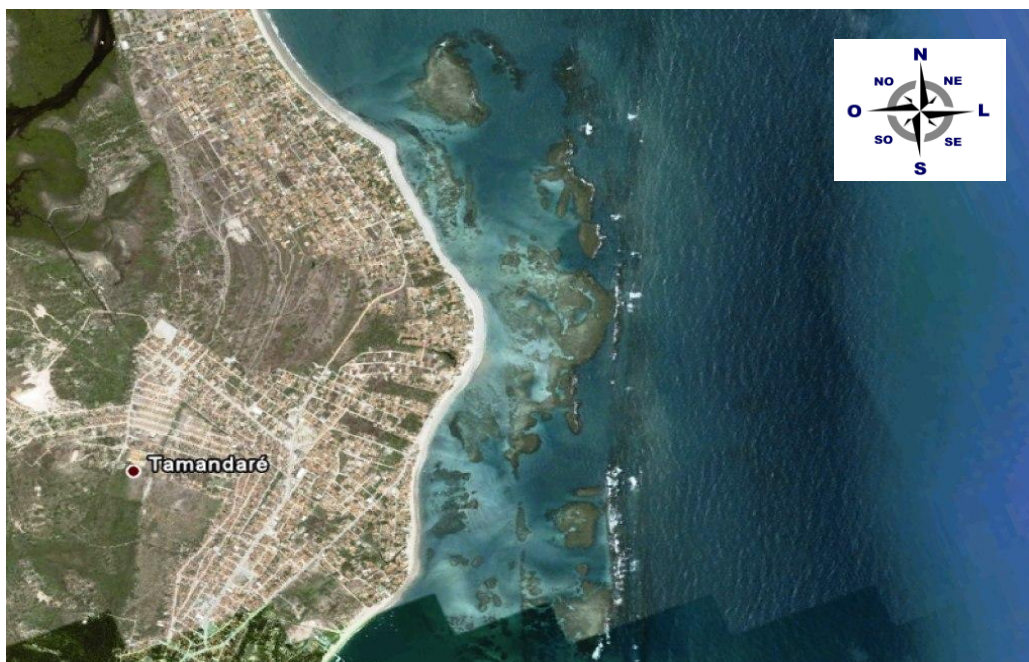


Figura 1 – Mapa da área, evidenciando os recifes costeiros de Tamandaré, local onde foram coletados os indivíduos do gênero *Haemulon* para análises dos conteúdos estomacais.

1.2 – Coleta, fixação e análises dos indivíduos

Como o objetivo do presente estudo foi analisar variações ontogenéticas na dieta foram necessários exemplares de comprimento total (CT) variados (pequenos, médios e grandes), portanto foram empregadas diferentes artes de pesca para captura dos indivíduos: Puçá, linha de Mão e arpão, além disso, os indivíduos adultos (maiores que 30 cm) foram obtidos através do monitoramento do desembarque pesqueiro da colônia de pesca de Tamandaré.

Após a coleta, os indivíduos foram pesados e medidos (Figura 3) e os tratos digestivos foram retirados dos estômagos e preservados em álcool 70%, posteriormente o conteúdo estomacal foi exposto em placas de Petri para identificação dos itens alimentares sob estereomicroscópio. Utilizando o estereomicroscópio foi quantificado o volume percentual dos itens alimentares em cada estômago (o volume total do estômago foi fixado em 100%) e os itens alimentares encontrados, através de análise visual como porcentagem do volume total do estômago (Nielsen & Johnson, 1992). O método

volumétrico foi escolhido por ser uma estimativa de biomassa, em contraste ao método gravimétrico o qual iria produzir erros em relação a pequenos itens (Hyslop, 1980). A composição qualitativa da dieta foi analisada, também, por meio do método de frequência de ocorrência (Hyslop, 1980), obtida pela quantidade de vezes que um determinado tipo de alimento ocorre em relação à soma das ocorrências de todos os itens, expressa em porcentagem.

Assim, o percentual do volume e frequência de ocorrência, em cada classe de comprimento das espécies, foram utilizadas para determinar a importância das presas na dieta através do método gráfico de Costello (1990). O resultado obtido por meio da representação gráfica deste método apresenta através das linhas diagonais (Figura 2) a importância relativa das presas (dominante ou raro) e também a estratégia alimentar adotada pelo predador (especialista ou generalista).

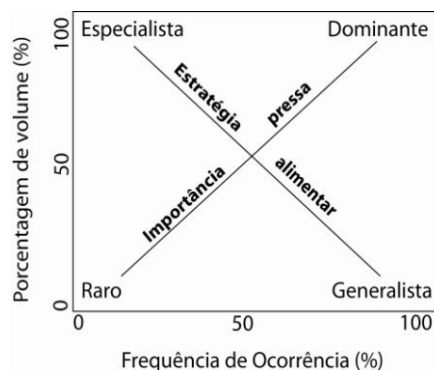


Figura 2 – Representação esquemática do resultado no índice gráfico de Costello (1990).

Os itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais foram classificados em dezoito grandes grupos, sendo eles: Bivalvia, Gastropoda, Polyplacophora, Cumacea, Nematoda, Ostracoda, Poliqueta, Tanaidacea, Copepoda, Isopoda, Amphipoda, Caridae, Stomatopoda, Braquiúra, Crustáceos não identificados, Fragmentos de peixes, Areia e Alga.

Para a estimativa do grau de similaridade entre a dieta das espécies foram empregados os índices de sobreposição de Pianka (1973) entre as espécies e as diferentes classes de comprimento:

$$O_{xy} = O_{yx} = \frac{\sum X_i Y_i}{\sqrt{\sum X_i^2 \cdot \sum Y_i^2}}$$

Sendo que, O_{xy} e O_{yx} representam a sobreposição alimentar entre as espécies X e Y, respectivamente, e X_i e Y_i são as proporções do item alimentar i. Os valores resultantes destes índices variam entre 0 e 1, sendo considerado 0 a completa separação

de nichos alimentares e 1 a sobreposição alimentar total. Assumiu-se que os valores iguais ou maiores a 0,60 representam alta sobreposição alimentar entre as espécies (Zaret and Rand, 1971).

A variação da composição da dieta em função das classes de comprimento dos indivíduos coletados foi analisada considerando-se quatro classes de comprimento distintas: Classe 1 (menores que 5 cm), Classe 2 (entre 5 e 10 cm), Classes 3 (entre 10 e 15 cm) e Classe 4 (maiores que 15 cm).



Figura 3 – Metodologia de análises dos conteúdos estomacais coletados: **A** – Medição dos indivíduos; **B** – Pesagem dos indivíduos **C,D** – Espécies do gênero *Haemulon* coletadas.

1.3 – Análises Estatísticas

Foram realizadas análises para agrupar e relacionar a similaridade entre a dieta (porcentagem de volume de cada item alimentar) das espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes classes de comprimento. Todas as análises estatísticas foram realizadas a partir do pacote estatístico PRIMER (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*) versão 6.0 para Windows. Foi criado um Dendrograma a partir do Índice de Similaridade de Bray-Curtis e também foi construída uma Análise de Componentes Principais (PCA).

RESULTADOS

No total foram coletados 276 indivíduos pertencentes ao gênero *Haemulon*, sendo que 20 deles apresentaram conteúdo estomacal vazio (7,24 %). O tamanho dos indivíduos variou de 2,1 a 32,5 cm de comprimento total (CT) e o peso de 1,5 a 410,1 gramas. As medidas mínimas e máximas de cada uma das espécies coletada estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores das medidas (comprimento total – CT e peso) máximas e mínimas das espécies do gênero *Haemulon* coletadas. CT em centímetros e Peso em gramas.

Espécies	N total	CT min	CT máx	Peso min	Peso máx
<i>Haemulon aurolineatum</i>	93	3,0	22,5	2,1	151,1
<i>Haemulon parra</i>	74	2,1	32,5	1,5	399,7
<i>Haemulon plumieri</i>	56	7,5	31,1	11,5	410,13
<i>Haemulon squamipinna</i>	53	3,0	22,5	2,5	145,1

Os itens alimentares predominantes encontrados nos conteúdos estomacais estão representados na Figura 4, sendo que a escala demonstra a grande variação no tamanho dos itens utilizados como recurso alimentar (dimensões entre 1mm e 100mm – diferenças de tamanho de até 100 vezes). Houve uma clara variação ontogenética na alimentação das quatro espécies estudadas, fato observado nas diferenças em porcentagem de volume para as quatro classes de comprimento (Tabela 2). Itens alimentares de tamanho reduzido (e.g. copepoda e ostracoda) foram ingeridos pelos indivíduos menores que 5 cm, e recursos alimentares grandes (e.g. peixes e caranguejos braquiúros) foram utilizados na alimentação das classes de comprimento maiores.

Os indivíduos pertencentes à classe de comprimento 1 (menores que 5 cm) alimentaram-se preferencialmente de copepoda (totalizando aproximadamente 40% do percentual de volume dos conteúdos estomacais), seguido por amphipoda, tanaidacea e ostracoda. A classes de comprimento 2, composta por indivíduos com comprimento total entre 5 e 10 cm demonstrou preferência alimentar por tanaidacea, amphipoda e isopoda seguido por fragmentos de crustáceos. Já os indivíduos pertencentes à classe de comprimento 3 (entre 10 e 15 cm) utilizaram uma diversidade maior de itens na dieta, no entanto alimentaram-se preferencialmente de poliqueta, gastropoda e braquiúra. Os indivíduos maiores, agrupados na classe de comprimento 4 com tamanho superior a 15 cm utilizaram poliquetas e peixes como itens principais da dieta (totalizaram mais de 50% do percentual de volume dos conteúdos estomacais).

Para as quatro classes de comprimento analisadas foi encontrada uma grande quantidade de escamas nos conteúdos estomacais dos peixes (média de 0,3 escama/estômago). O número elevado de escamas nos estômagos das espécies do gênero *Haemulon* sugere a realização de uma grande quantidade de interações agonísticas com demais espécies de peixes recifais, conforme observado no Capítulo 2 do presente estudo).



Figura 4 – Itens alimentares predominantes encontrados nos conteúdos estomacais das espécies do gênero *Haemulon* analisadas. A escala na figura demonstra a grande variação no tamanho dos itens, entre 1 mm e 100 mm (recursos alimentares com diferença de tamanho de até 100 vezes).

Tabela 2 – Porcentagem de volume dos conteúdos estomacais de 276 indivíduos (sendo 20 com estômagos vazios) do gênero *Haemulon* coletados nos recifes costeiros de Tamandaré – PE.

	<i>H. aurolineatum</i>				<i>H. parra</i>				<i>H. plumieri</i>				<i>H. squamipinna</i>			
Número Ind.	19	24	35	15	21	21	20	12	0	16	29	11	7	19	24	3
C.T (cm)	0 - 5.0	5.0 - 10.0	10.0 - 15.0	> 15.0	0 - 5.0	5.0 - 10.0	10.0 - 15.0	> 15.0	0 - 5.0	5.0 - 10.0	10.0 - 15.0	> 15.0	0 - 5.0	5.0 - 10.0	10.0 - 15.0	> 15.0
Bivalvia	0	0	1.07	14.66	0	0	1.01	1.11	0	0	0	19.54	0	0	0	0
Gastropoda	0	0	17.67	2.11	0	0	0.51	3.33	0	0	8.21	0	0	2.66	5.83	6.65
Poliplacofora	0	0	0	0	0	0	11.5	2.22	0	0	0	0	0	0	0.41	0
Cumacea	0	0	0	0	0.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	0	0	2.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda	0	0	1.78	0.66	1.41	0.23	0	0	0	1.25	3.61	0	15.71	2.67	3.75	0
Poliqueta	7.36	5.12	11.07	31.33	0	26.19	45.2	75.55	0	16.25	22.21	24.09	8.57	4.11	17.51	30.1
Tanaidacea	0	0.55	0	0	24.18	26.23	0	8.88	0	13.43	5.12	0.9	0	28.19	10.54	3.33
Copepoda	37.36	7.51	9.28	0	35.1	2.75	0	0	0	0	0	0	27.14	4.66	2.29	0
Isopoda	3.15	11.11	1.07	0	8.09	6.42	0	0	0	10.1	5.2	0	11.42	15.33	2.91	0
Amphipoda	27.36	6.94	1.07	0.65	17.41	10.21	6.12	2.22	0	29.37	19.41	0.9	18.57	19.54	16.25	6.55
Caridae	0	0	0	0.67	3.09	1.42	6.1	0	0	0	0.41	0.9	0	6.12	6.67	6.66
Stomatopoda	0	0	0	0	0	3.33	5.1	0	0	0	0	0	0	0	0	13.33
Braquiúra	0	11.12	7.67	12.69	0	4.76	6.5	2.22	0	5.51	21.81	14.54	0	0	28.75	0
Crust. Não Identificado	24.73	57.2	34.28	4.57	10.1	17.14	14.1	0	0	23.12	9.72	3.63	18.57	17.43	3.75	0
Peixe (Frag.)	0	0	0	20.15	0	0	2.41	4.45	0	0	0	22.72	0	0	1.25	23.33
Areia	0	0	12.5	12.6	0	0.95	0	0	0	0	0.8	12.72	0	0	0	0
Alga	0	0	0.35	0	0	0	1.21	0	0	0	3.2	0	0	0	1.25	10

Foi encontrada nos conteúdos estomacais de indivíduos das classes de comprimento 3 e 4 (maiores que 10 cm de CT) quantidade significativa de areia (até 12,5% do percentual de volume). Fragmentos de algas também foram observados em alguns estômagos, no entanto sempre com frequência de ocorrência e percentual de volume muito baixo, assim sugere-se que as mesmas foram consumidas de forma acidental pelos peixes ao capturar os invertebrados.

1.1 - Variação ontogética:

Analisando a variação ontogética da alimentação das espécies coletadas, foram realizados gráficos de Costello para cada uma das quatro classes de comprimento (CT): menor que 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 15 cm e maiores que 15 cm. Os resultados serão apresentados separadamente para cada uma das espécies.

Haemulon aurolineatum

Os indivíduos de *H. aurolineatum* menores que 5 cm alimentaram-se principalmente de copepoda (Figura 5), os mesmos representaram 40% do percentual do volume total dos estômagos e obtiveram uma frequência de ocorrência de mais de 80% dos estômagos, caracterizando-se com o itens dominantes na dieta nesta classe de comprimento.

Para a segunda classe de comprimento (indivíduos de 5 a 10 cm) a alimentação foi composta principalmente por Crustáceos não identificados com praticamente 100% de frequência de ocorrência e 60% do percentual de volume dos estômagos. Posteriormente, os itens mais significativos foram amphipoda e isopoda com frequências de ocorrência de aproximadamente 30% dos estômagos.

Os indivíduos com comprimento total entre 10 e 15 cm obtiveram uma dieta composta por 12 diferentes itens alimentares, sendo que Crustáceos não identificados representaram 35% do percentual de volume e frequência de ocorrência de 80%.

O gráfico de Costello para a última classe de comprimento (CT > 15 cm) demonstrou preferência dos maiores indivíduos de *H. aurolineatum* por anelídeos poliquetas, com frequência de ocorrência superior a 90% e percentual de volume de aproximadamente 30%, sendo o item extremamente dominante da dieta. A presença dos fragmentos de peixes nos conteúdos também foi importante com percentual de volume superior a 20% (Figura 5).

Haemulon aurolineatum

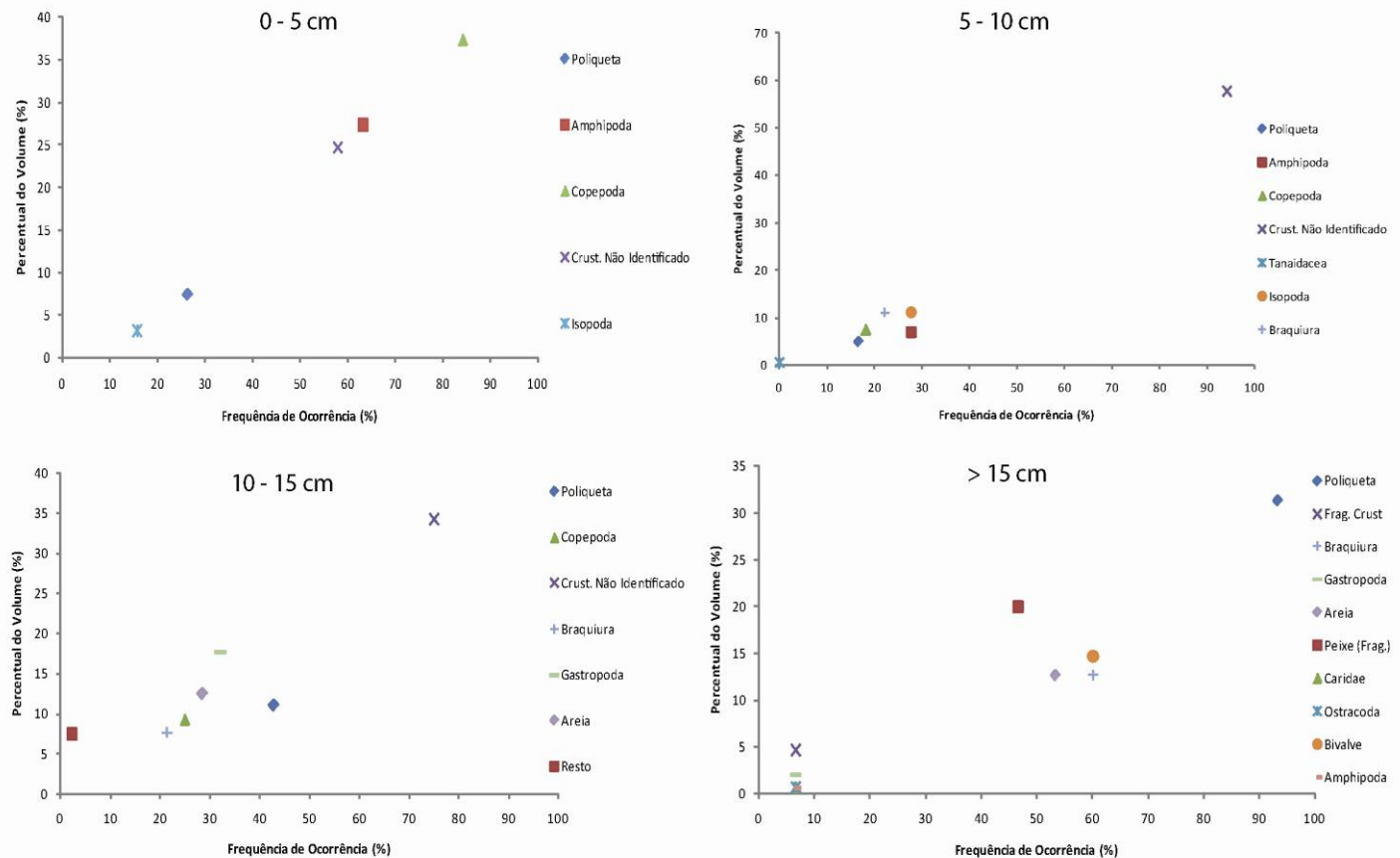


Figura 5 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon aurolineatum* (N= 93 indivíduos).

Haemulon parra

Os itens alimentares principais na dieta dos *H. parra* menores que 5 cm foram copepodos com frequência de ocorrência superior a 80% e percentual de volume de 35%. Tanaidacea e Amphipoda também foram considerados itens importantes na dieta dos mesmos, com aproximadamente 65% de frequência de ocorrência nos conteúdos estomacais analisados.

O gráfico de Costello para a classe de comprimento de 5-10 cm demonstrou preferência dos mesmos por tanaidacea e poliquetas, com frequência de ocorrência superior a 70% e percentual de volume de 25% para ambos (Figura 6).

Os indivíduos de *H. parra* com comprimento total entre 10 e 15 cm alimentaram-se principalmente de poliquetas, representando praticamente 50% do percentual do volume total dos estômagos e uma frequência de ocorrência de mais de 90% dos estômagos, caracterizando-se como dominantes na dieta.

Para a última classe de comprimento dos indivíduos de *H. parra* (maiores que 15 cm CT) houve predomínio absoluto de poliqueta na alimentação, com frequência de ocorrência de 100% e aproximadamente 80% do total do percentual de volume. Os demais itens do conteúdo não ultrapassaram 10% do percentual. (Figura 6) representa os gráficos para as quatro classes de comprimento).

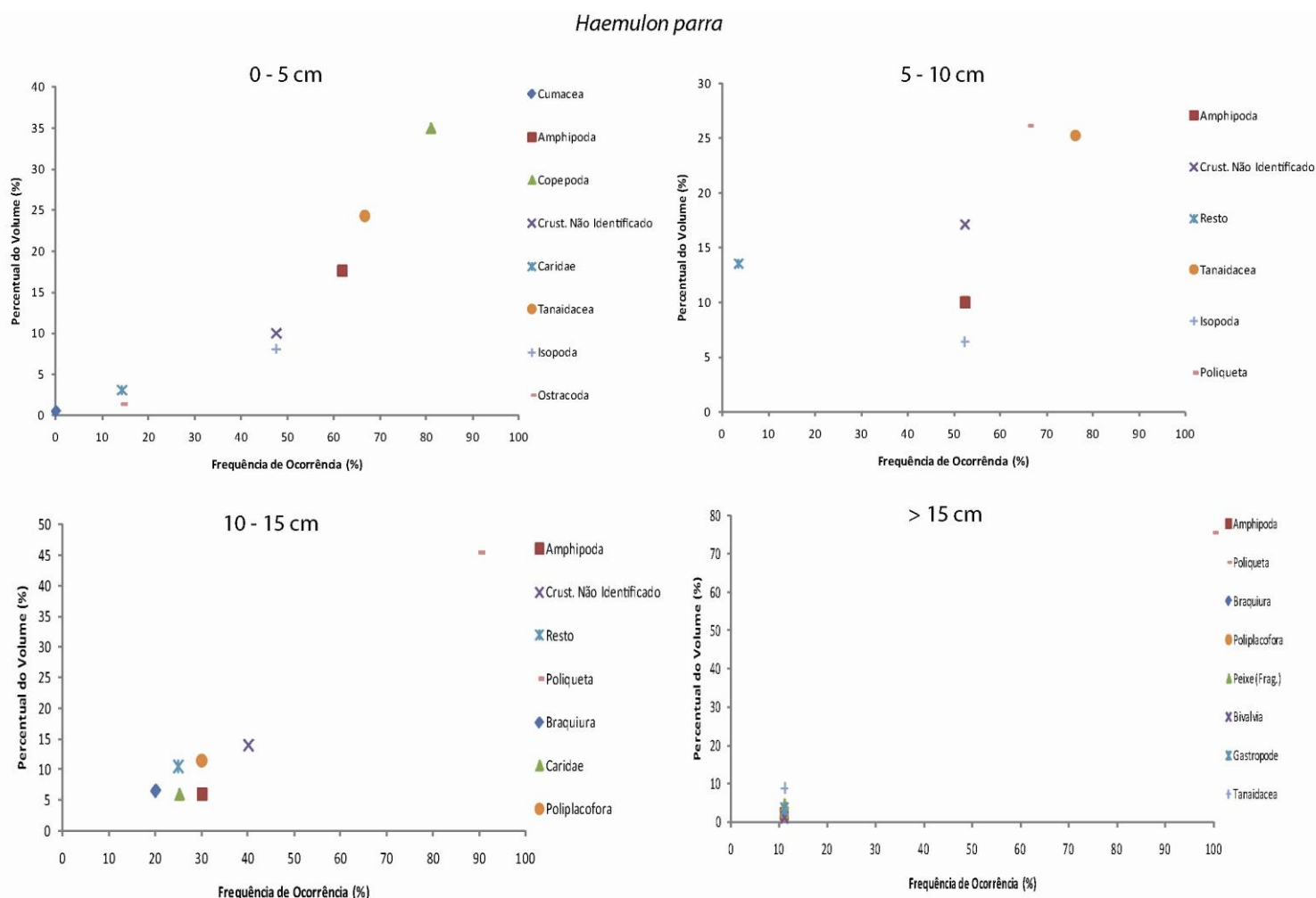


Figura 6 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon parra* (N= 74 indivíduos).

Haemulon plumieri

O gráfico de Costello para os indivíduos de *H. plumieri* com CT entre 5 e 10 cm demonstrou preferência alimentar por amphipoda com frequência de ocorrência maior que 70% e aproximadamente 30% do percentual de volume. Outros itens como ostracoda e braquiúra foram considerados raros nos conteúdos estomacais.

Os indivíduos com comprimento total entre 10 e 15 cm obtiveram uma dieta composta por 11 itens alimentares, com uma preferência não muito clara por nenhum recurso alimentar, sendo que poliqueta, braquiúra e amphipoda foram os itens com

maior percentual de volume. Gastropoda, ostracoda e Caridae e caracterizam-se como itens raros na alimentação dos *H. plumieri* entre 10 – 15 cm

Para os maiores indivíduos de *H. plumieri* coletados (CT maiores que 15 cm) houve evidente predomínio na dieta por poliqueta, com frequência de ocorrência maior que 90% e aproximadamente 25% do percentual de volume. Fragmentos de peixes também representaram um importante recurso alimentar para os adultos, caracterizando os mesmos como especialistas em relação aos peixes já que esse recurso obteve frequência de ocorrência relativamente baixa, no entanto elevado percentual de volume. (Figura 7 representa os gráficos para as quatro classes de comprimento).

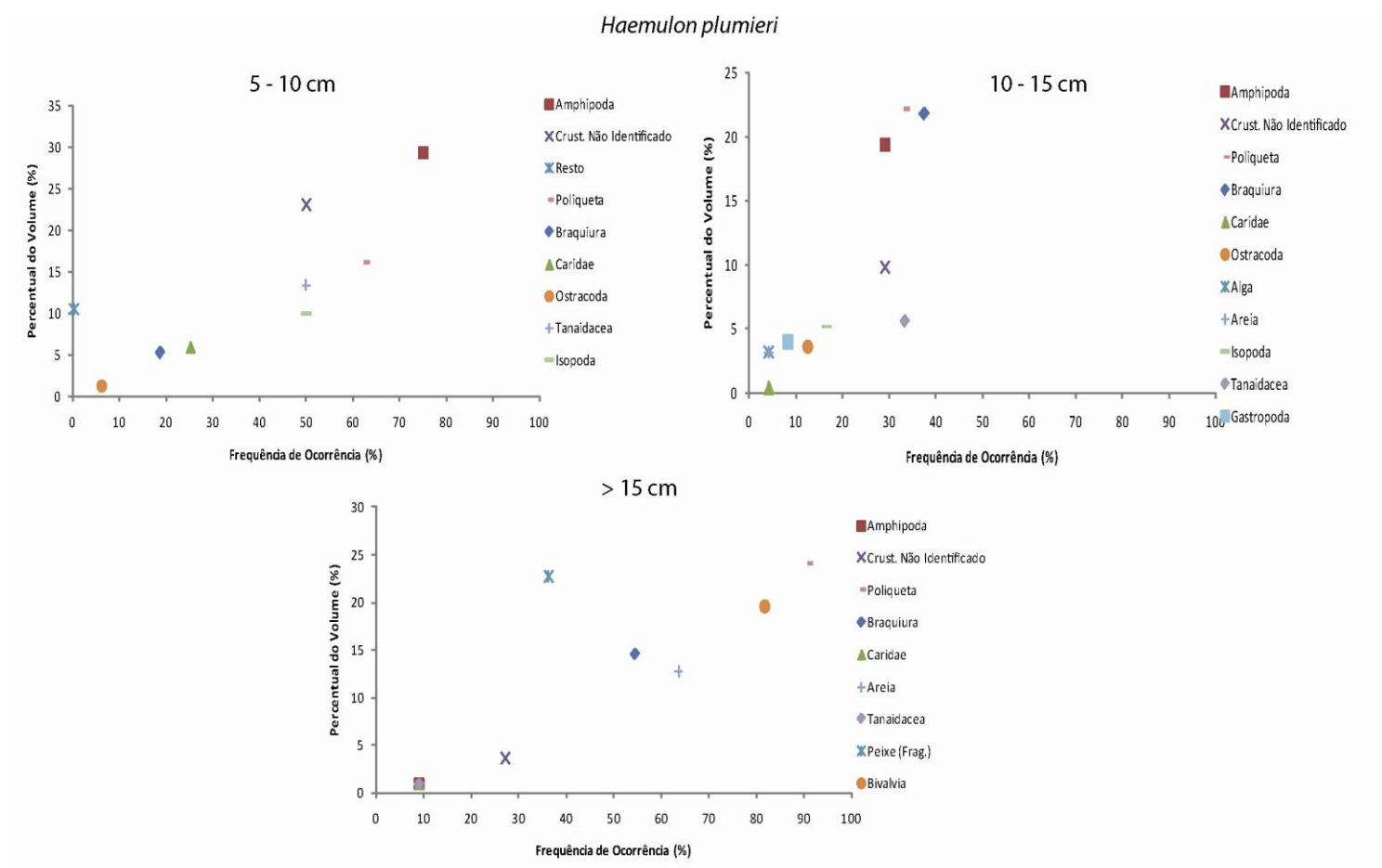


Figura 7 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon plumieri* (N= 74 indivíduos).

Haemulon squamipinna

Os itens alimentares principais na dieta dos *H. squamipinna* menores que 5 cm foram copepoda e amphipoda, ambos com frequência de ocorrência superior a 80% e percentual de volume de 30% e 15% respectivamente. Ostracoda também representou um importante item na alimentação, com aproximadamente 20% do percentual de

volume dos estômagos. O gráfico de Costello para os indivíduos de *H. squamipinna* com CT entre 5 e 10 cm demonstrou evidente preferência alimentar por tanaidacea com frequência de ocorrência maior que 90% e aproximadamente 30% do percentual de volume. Amphipoda e isopoda também foram itens importantes na alimentação da espécie.

Os indivíduos com comprimento total entre 10 e 15 cm obtiveram uma dieta composta por uma grande diversidade de itens alimentares, entretanto não houve preferência específica por nenhum dos itens. Braquiúra foi o principal item utilizado na alimentação, com frequência de ocorrência superior a 70% e aproximadamente 30% do percentual de volume. Poliquetas e amphipodas foram os próximos itens mais importantes da dieta (Figura 8 representa os gráficos para as quatro classes de comprimento). Não foi realizado o gráfico de Costello para indivíduos de *H. squamipinna* como tamanho maior que 15 cm, pois o número total coletado foi de apenas 3 indivíduos.

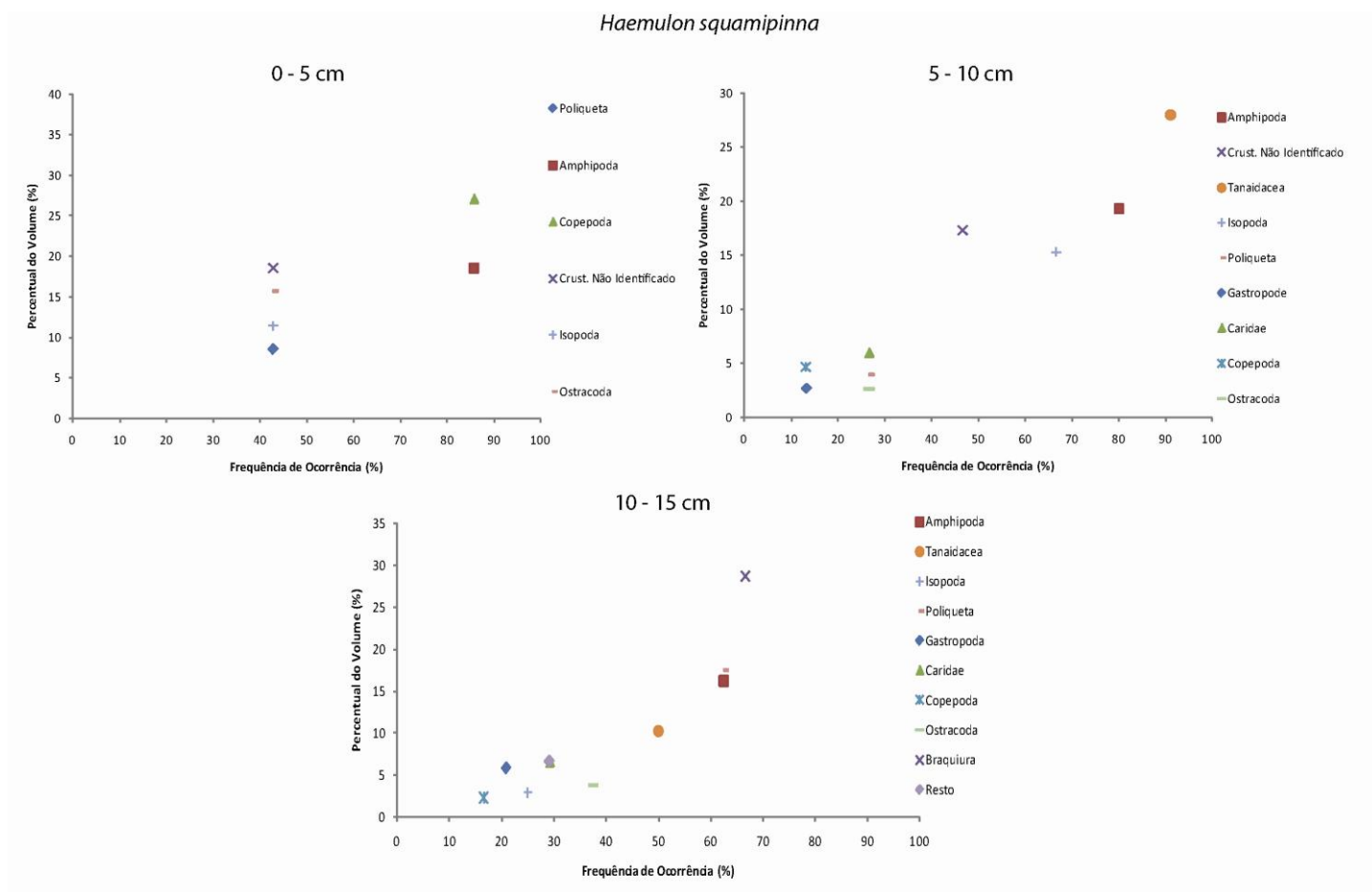


Figura 8 - Gráficos de Costello relacionando os itens alimentares para as quatro classes de comprimentos da espécie *Haemulon squamipinna* (N= 53 indivíduos).

1.2 - Sobreposição alimentar:

Após a realização do cálculo do índice de sobreposição alimentar de Pianka (1973), as dietas foram comparadas para as quatro espécies analisadas em cada uma das classes de comprimento. O valor de sobreposição mais elevado ocorreu entre *H. aurolineatum* e *H. plumieri* maiores que 15 cm (0,97) e o menor valor, entre *H. aurolineatum* e *H. squamipinna* entre 10 e 15 cm (0,38). A tabela 3 apresenta os resultados dos índices de sobreposição para todas as espécies e classes de comprimento.

Para a classe de comprimento 1 (indivíduos menores que 5 cm) os valores da sobreposição obtidos foram sempre elevados (maiores que 0,6), sendo que *H. aurolineatum* e *H. squamipinna* obtiveram dietas muito semelhantes com 90% de sobreposição entre elas. Para esta classe de comprimento não foram coletados exemplares de *H. plumieri*, portanto não foi possível calcular a sobreposição da dieta desta espécie com as demais. Os indivíduos com tamanho variando entre 5 e 10 cm apresentaram valores elevados e também valores baixos de sobreposição das dietas (Tabela 3), sendo que *H. plumieri* e *H. squamipinna* apresentaram o maior valor (0,83) e *H. aurolineatum* e *H. parra* obtiveram a menor sobreposição alimentar (0,52).

Tabela 3 – Valores dos índices de sobreposição alimentar de Pianka (1973) para as espécies do gênero *Haemulon* analisadas, separadas em quatro classes de comprimento. (Valores em **negrito** significam elevada sobreposição alimentar - superiores a 0,6 - 60% de similaridade nas dietas)

Classes de comprimento	Sobreposição	Classes de comprimento	Sobreposição
Indivíduos de 0 – 5 cm		Indivíduos de 5 – 10 cm	
<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. parra</i>	0,80	<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. parra</i>	0,52
<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. plumieri</i>	-	<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. plumieri</i>	0,66
<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,90	<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,53
<i>H. parra</i> X <i>H. plumieri</i>	-	<i>H. parra</i> X <i>H. plumieri</i>	0,81
<i>H. parra</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,75	<i>H. parra</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,79
<i>H. plumieri</i> X <i>H. squamipinna</i>	-	<i>H. plumieri</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,83
Indivíduos de 10 – 15 cm		Indivíduos maiores que 15 cm	
<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. parra</i>	0,48	<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. parra</i>	0,74
<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. plumieri</i>	0,51	<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. plumieri</i>	0,97
<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,38	<i>H. aurolineatum</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,79
<i>H. parra</i> X <i>H. plumieri</i>	0,71	<i>H. parra</i> X <i>H. plumieri</i>	0,60
<i>H. parra</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,58	<i>H. parra</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,73
<i>H. plumieri</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,93	<i>H. plumieri</i> X <i>H. squamipinna</i>	0,67

A classe de comprimento entre 10 e 15 cm apresentou quase na totalidade valores baixos de sobreposição alimentar (inferior a 0,6), sendo que apenas *H. parra* X *H. plumieri* e *H. plumieri* X *H. squamipinna* apresentaram valores de sobreposição elevados (superiores a 0,6). Os indivíduos maiores (classe de comprimento superior a 15 cm) foram os que apresentaram entre todas as espécies valores de sobreposição elevados.

A figura 9 mostra a porcentagem de valores de sobreposição alimentar altos (superior a 0,6) e baixos (inferior a 0,6) para o total dos cruzamentos realizados entre as espécies do gênero *Haemulon* (Tabela 3). Os valores de sobreposição das dietas, ou seja, o nível de semelhança entre a quantidade e diversidade de itens utilizados como recurso alimentar foram altos em 100% das análises para as classes de comprimento extremas, ou seja, indivíduos menores que 5 cm e maiores que 15 cm. Relacionando os indivíduos da classe de comprimento entre 5 e 10 cm em 66% dos cruzamentos a sobreposição foi elevada e em 33% foi baixa, já para a classe entre 10 e 15 cm foi registrado o menor número de sobreposições elevadas, com apenas 33% dos cruzamentos gerando valores altos.

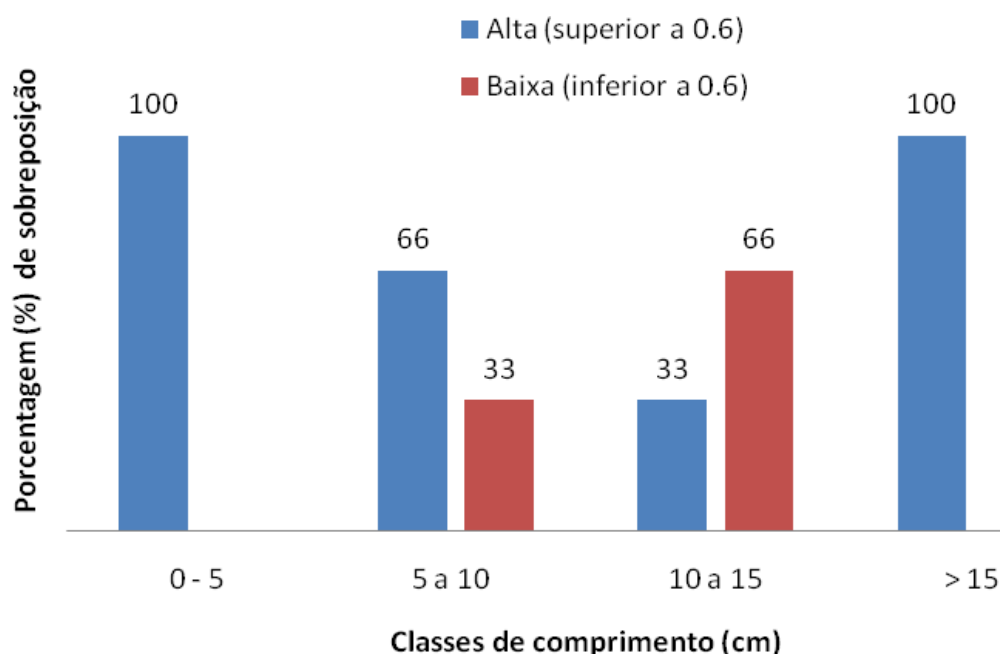


Figura 9 – Porcentagem de sobreposição das dietas das espécies do gênero *Haemulon* analisadas para cada uma das classes de comprimento.

Resultados para as dietas agrupadas:

Foi criado um dendrograma a partir do Índice de similaridade de Bray-Curtis agrupando as espécies do gênero *Haemulon* e o percentual de volume das dietas para cada uma das classes de comprimento (Figura 10). Foram formados dois grupos principais (com aproximadamente 40% de similaridade entre eles), o grupo 1 reuniu os indivíduos com tamanho superior a 10 cm de todas as espécies analisadas, que utilizaram como recurso alimentar itens maiores como poliquetas, fragmentos de peixes e caranguejos braquiúros. O grupo 2 foi composto pelos indivíduos com tamanho inferior a 10 cm, os quais alimentaram-se preferencialmente de pequenos crustáceos (tanaidacea, isopoda, amphipoda e copepoda).

Assim, ficou evidente que houve uma clara modificação na dieta das espécies do gênero *Haemulon* analisadas quando os indivíduos possuíam tamanho próximo a 10 cm, ou seja, a transição da dieta entre itens alimentares menores e maiores ocorre quando os indivíduos atingem um tamanho próximo a 10 cm.

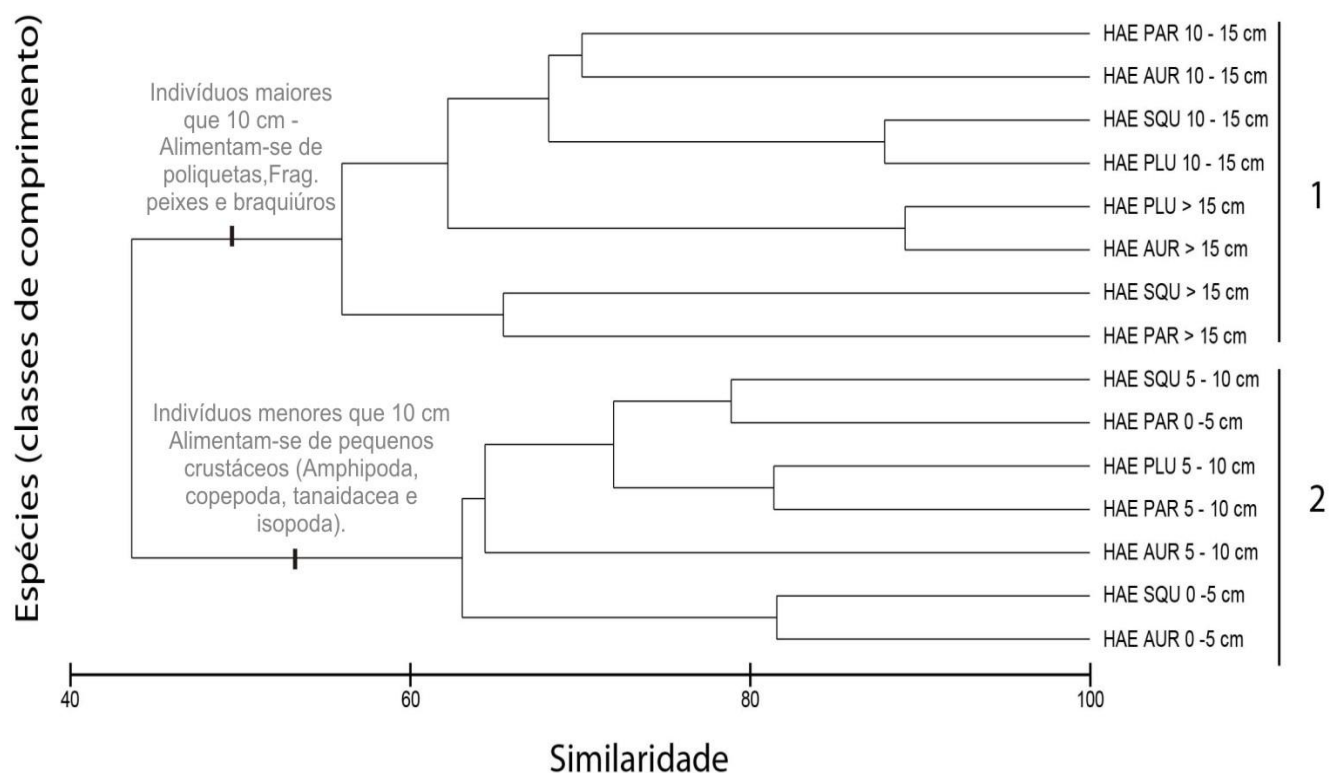


Figura 10 – Dendrograma utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis da dieta das espécies do gênero *Haemulon* agrupadas nas diferentes classes de comprimento.

A análise dos componentes principais (PCA) foi realizada entre os principais itens alimentares utilizados na dieta (copepoda, tanaidacea, amphipoda, isopoda, ostracoda, crust. não identificado, braquiúra, gastrópode, bivalve, poliqueta e peixes frag.) e cada uma das classes de comprimento das espécies analisadas (Figura 11).

As classes de comprimento com os menores indivíduos (tamanho inferior a 5 cm e entre 5 e 10 cm) se concentraram próximo aos pequenos crustáceos, os quais representa o principal recurso alimentar para estas espécies. Apenas para *H. aurolineatum* nesta classe de tamanho houve preferência por Crustáceos não-identificados, possivelmente devido à dificuldade de identificação mais detalhada dos crustáceos encontrados nos estômagos. Os indivíduos de tamanho maiores (entre 10 e 15 cm e maiores que 15 cm) se posicionaram próximos aos itens maiores (poliquetas, fragmentos de peixes e caranguejos braquiúros) os quais foram os principais recursos alimentares consumidos por eles.

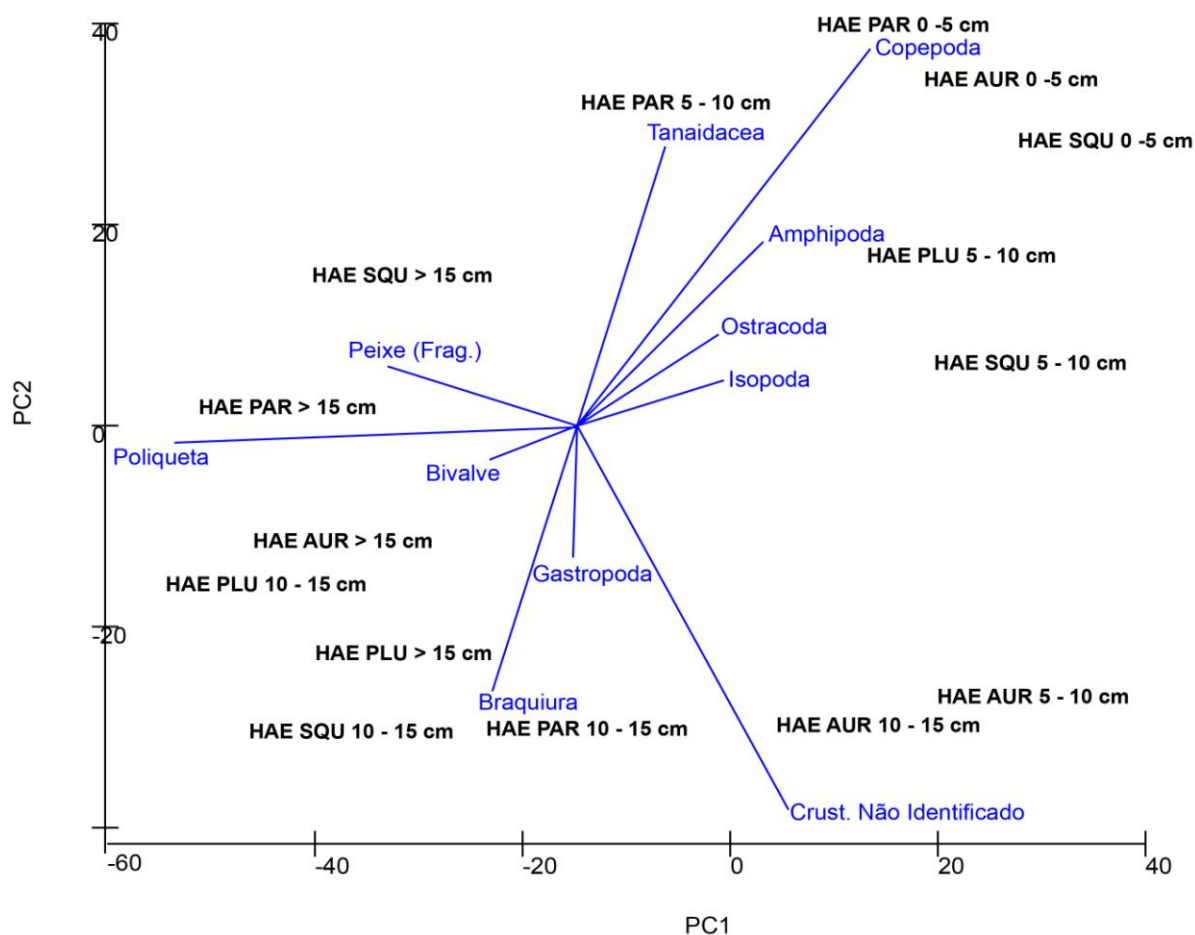


Figura 11 – Análise dos componentes principais (PCA) relacionando as classes de comprimento das espécies do gênero *Haemulon* e os itens alimentares encontrados nos conteúdos estomacais.

Discussão

A maioria das espécies de peixes recifais apresentam relevante variação ontogênica na dieta, sendo que estas modificações ficam evidentes de acordo com o crescimento dos indivíduos (Werner & Gilliam, 1984; Ross, 1986; Lukoschek & McCormick, 2001). O presente estudo registrou grande variação ontogenética na alimentação das espécies do gênero *Haemulon* encontradas no litoral brasileiro (*H. aurolineatum*, *H. parra*, *H. plumieri* e *H. squamipinna*) assim como já foi demonstrado por outros trabalhos para o mesmo gênero em outros locais (Estrada, 1986; Nagelkerken et al., 2000; Cocheret de la Morinière et al., 2003).

Cocheret de la Morinière et al., (2003) estudaram a variação ontogenética de haemulídeos no Caribe e observaram modificações no uso dos itens como recurso alimentar. Indivíduos de tamanho reduzido alimentaram-se preferencialmente de copepodos, que representaram mais de 80% do volume do conteúdo estomacal em exemplares de *H. flavolineatum* menores que 5 cm. Em contrapartida, indivíduos de *H. sciurus* de tamanhos superiores (entre 22 e 27 cm) possuíam 90% do volume dos estômagos de caranguejos braquiúros. No presente estudo indivíduos de *H. parra* com comprimento total entre 0 e 5 cm apresentaram 35% do volume dos estômagos de copepodos, enquanto os com tamanhos superiores (maiores que 15 cm) possuíam dieta com mais de 75% de poliqueta.

Itens alimentares de tamanho reduzido como copepodos e ostracodos são comumente utilizados na dieta de peixes recifais juvenis com tamanhos inferiores a 5 cm (Austin & Austin, 1971; Grutter 2000; Lukoschek & McCormick, 2001); sendo que copepodos das ordens Calanoida, Cyclopoida e Harpacticoida foram evidenciados em conteúdos estomacais de juvenis de 2 cm de *H. flavolineatum* no caribe (Courtenay, 1961).

Pequenos crustáceos (amphipoda, tanaidacea e isopoda) foram os principais recursos alimentares presentes nos conteúdos estomacais dos indivíduos do gênero *Haemulon* de tamanhos intermediários (entre 5 e 10 cm) analisados no presente trabalho. Tais crustáceos são encontrados em grandes quantidades associados a bancos de macroalgas (Jacobucci & Leite, 2002, Tanaka & Leite, 2003), e possuem características crípticas em relação ao substrato, no entanto são grandes e possuem baixa capacidade de dispersão (Thomas, 1993). Além disso, dois fatores importantes devem ser mencionados: (1) Fragmentos de algas foram encontrados nos conteúdos estomacais dos indivíduos analisados no presente estudo, é comprovado que vários

peixes recifais carnívoros ingerem acidentalmente fragmentos de algas ao forragearem em busca de invertebrados (Kotrschal and Thomson, 1986; Pereira and Jacobucci, 2008) inclusive espécies do gênero *Haemulon* (Cocheret de la Morinière et al., 2003; Hammerschlag et al., 2010; Krajewski, 2010); (2) Grande quantidade de indivíduos do gênero *Haemulon* entre 5-10 cm de comprimento total são observadas nos bancos de macroalgas da região, com significativa frequência alimentar (mordidas/minuto) em algas (especialmente *H. plumieri* e *H. squamipinna*) (Capítulo 2 do presente estudo).

Sedimento composto por areia e demais fragmentos foram encontrados nos conteúdos estomacais dos indivíduos de tamanhos superiores a 10 cm, principalmente em *H. aurolineatum* e *H. parra* > 15 cm, com até 12,5% do volume dos estômagos, evidenciando o forrageamento no substrato bentônico. Cocheret de la Morinière et al. (2003) encontraram até 22,5 % de volume de sedimentos nos conteúdos de *H. sciurus*. Tal fato está diretamente relacionado ao tipo de presa utilizada por estes indivíduos que quando atingem tamanhos superiores alimentam-se preferencialmente de invertebrados bentônicos associados ao substrato arenoso (poliquetas e caranguejos braquiúros) e não mais de crustáceos planctônicos.

O principal recurso alimentar consumido pelas quatro espécies do gênero *Haemulon* foi à classe dos anelídeos poliquetas, que obtiveram frequência de ocorrência superior a 60% no total de estômagos analisados em indivíduos maiores que 15 cm de comprimento, representando mais de 40% do total do volume dos estômagos. Krajewski (2010) também evidenciou grande importância para este item alimentar analisando conteúdo estomacal de *H. parra* e *H. chrysargyreum* no arquipélago de Fernando de Noronha (mais de 20% do peso dos itens estomacais). No entanto, possivelmente poliquetas não são selecionados positivamente pelos peixes já que podem representar o principal taxa em abundância no bentos de vários tipos de substratos (Sorden, 1982; Krajewski, 2010).

Souza (2008) relatou que peixes possuíam grande importância na alimentação de indivíduos de *H. plumieri*, em um trabalho realizado com amostras obtidas da pesca de covo de Itamaracá – litoral norte do estado de Pernambuco. Eles representaram 35% do peso total dos estômagos e tiveram frequência de ocorrência de 64%. O tamanho dos indivíduos coletados variou entre 14 e 29 cm, ou seja, equivalentes a última classe de comprimento destacada no presente estudo possuindo 22,5% do volume total dos conteúdos de fragmentos de peixes. No entanto, em demais trabalhos analisando a dieta de indivíduos do gênero *Haemulon* foi encontrada baixa frequência de peixes nos

conteúdos estomacais. Tal fato está possivelmente relacionado à diferente capacidade de digestão para cada tipo específico de item alimentar (MacDonald et al., 1992), sabe-se que peixes são mais rapidamente digeridos que outros alimentos como por exemplo crustáceos, os quais possuem exoesqueleto que funciona como barreira contra as enzimas digestivas (Hopkins and Larson, 1990; Berens, 2008). Sendo assim, possíveis erros metodológicos podem resultar em diferentes quantidades deste item alimentar nos estômagos das espécies do gênero *Haemulon*.

Haemulon squamipinna é uma espécie recém descrita endêmica do litoral nordeste do Brasil (Rocha e Rosa, 1999), portanto, este é o primeiro trabalho realizado analisando a dieta/variação ontogenética na alimentação para a espécie. Entre as demais espécies do gênero analisadas, *H. squamipinna* foi a que apresentou maior quantidade de crustáceos braquiúra nos conteúdos estomacais (quase 30% do volume dos conteúdos estomacais) na classe de comprimento entre 10 e 15 cm. *H. carbonarium* e *H. sciurus* foram às espécies que até o presente apresentaram maiores quantidades de braquiúros nos estômagos, com 40 e 90% do volume dos conteúdos estomacais para as maiores classes de comprimento (Randall, 1967; Cocheret de la Morinière et al., 2003). Crustáceos parecem ser selecionados positivamente na dieta de peixes bentônicos carnívoros, já que não são muito abundantes no substrato, no entanto são consumidos em grandes quantidades (Parrish et al., 1985; DeFelice and Parrish, 2003; Krajewski, 2010). Deste modo, *H. squamipinna* possivelmente seria a espécie mais eficiente dentre as analisadas no presente estudo, para a classe de comprimento entre 10 e 15 cm na captura de crustáceos braquiúros.

Analisando a sobreposição alimentar das espécies foram encontrados valores altos (maiores que 0,6) para os indivíduos das classes de comprimento inferiores (menores que 5 cm) e superiores (maiores que 15 cm) em 100% das análises, no entanto para as classes de comprimento intermediárias a sobreposição apresentou valores baixos (inferiores a 0,6). Esta diferença está possivelmente associada ao fato de que os indivíduos de tamanho intermediários apresentaram maior diversidade de itens nos conteúdos estomacais, ou seja, os mesmos consomem uma maior variedade de presas, assim como observado por Lukoschek and McCormick, 2001; Cocheret de la Morinière et al., 2003 para outros peixes recifais. Sendo que os adultos e os juvenis possivelmente sejam mais especialistas alimentando-se preferencialmente de um mesmo tipo de recurso alimentar.

A modificação mais evidente observada na dieta das espécies do gênero *Haemulon* estudadas ocorreu próximo aos 10 cm de comprimento, sendo que foram criados dois grupos distintos através da análise de similaridade das dietas, o primeiro com tamanhos até 10 cm e o segundo com indivíduos superiores a 10 cm. Segundo Courtenay (1961); Gaut and Munro (1983) e Lindeman (1986) as transformações morfológicas mais evidentes para indivíduos do gênero *Haemulon* ocorrem com comprimento total próximo aos 10 cm (variando entre 3,9 e 9,2 para cada espécie), com grandes modificações no padrão de coloração e no formato do corpo, assim possivelmente estas transformações estejam diretamente associadas às variações ontogenéticas da dieta.

Padrões de migração de haemulídeos estão relacionados à maior sensibilidade fótica, desenvolvimento de gônadas e aumento na capacidade de natação e navegação (McFarland et al., 1979; Helfamn et al., 1982; Gaut and Munro, 1983). Portanto, as variações ontogenéticas encontradas na dieta também estão relacionadas a modificações no uso de habitats, pois durante os estágios intermediários as espécies movimentam-se para áreas de pradarias de fanerógamas e manguezais (Lindeman, 2000; Cocheret de la Morinière et al., 2002; Burke et al., 2009) locais com grande diferença na disponibilidade de recursos alimentares em comparação aos recifes de corais (Nakamura and Sano, 2005, Casares and Creed, 2008) e, assim, alimentam-se de maneira diferente dos indivíduos que permanecem todo o tempo no ambiente recifal.

No presente estudo observou-se que as espécies do gênero *Haemulon* analisadas possuem evidente variação ontogenética na dieta e também consomem uma grande diversidade de presas tendo conseqüentemente uma grande importância trófica nas cadeias alimentares de recifes de corais (Ferreira et al., 2004). Além disso, este grupo também serve de elo entre níveis tróficos superiores em ecossistemas de recifes de corais, já que são utilizadas como recurso alimentar por várias outras famílias de peixes recifais como Serranidae, Lutjanidae, Carangidae e Muraenidae (Randall, 1967; Santos and Castro, 2003).

Referências Bibliográficas

- Araújo-Lima, C.A.R.M., Agostinho, A.A. & Fabr , N.N. 1995. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In *Limnology in Brazil* (J.G. Tundisi, C.E.M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi, eds.). ABC/SBL, Rio de Janeiro, p.105-136.
- Austin, H. & Austin, S. 1971. The feeding habits of some juvenile marine fishes from the mangroves in western Puerto Rico. *Caribbean Journal of Sciences* 11:171-178.
- Berens, E. J. & D. J. Murie. 2008. Differential digestion and evacuation rates of prey in a warm-temperate grouper, gag *Mycteroperca microlepis* (Goode and Bean). *J. Fish. Biol.* 72, 1406–1426.
- Brown, G.E, D.L. Gershaneck, D.L. Plata & J.L. Golub. 2002. Ontogenetic changes in response to heterospecific alarm cues by juvenile bass are phenotypically plastic. *Behaviour* 139: 913-927.
- Burke, J.S., Kenworthy, W.J and Wood, L. L. 2009. Ontogenetic patterns of concentration indicate lagoon nurseries are essential to common grunts stocks in a Puerto Rican bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81(4): 533-43.
- Casares, F.A. & Creed J.C. 2008. Do small A. J . seagrasses enhance density, richness and diversity of macrofauna? *J Coastal Research* 24(3): 790–797.
- Cocheret de la Moriniere, E., Pollux, J.A., Nagelkerken, I., van der Velde, G., 2002. Post-settlement life cycle migration patterns and habitat preference of coral reef fish that use seagrass and mangrove habitats as nurseries. *Estuarine. Coastal and Shelf Science* 55, 309–321.
- Cocheret de la Morinière E, Pollux B. J. A, Nagelkerken I, van der Velde G. 2003. Diet shifts of Caribbean grunts (Haemulidae) and snappers (Lutjanidae) and the relation with nursery-to-coral reef migrations. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 57: 1079-1089.
- Costello, M. J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* 36, 261–263.
- Courtenay, W. R. JR., 1961. Western Atlantic Fishes of the genus *Haemulon* (Pomadasyidae): systematic status and juvenile pigmentation. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.* 11: 661-49.
- Dahlgren, C.P. and D.B. Eggleston. 2000. Ecological processes underlying ontogenetic habitat shifts in a coral reef fish. *Ecology* 81(8): 2227-2240.
- DeFelice, R.C. and J.D. Parrish. 2003. Importance of Benthic Prey for fishes in coral reef-associated sediments. *Pacific Science*, 57(4): 359-384.
- Estrada, R.M. 1986. Hábitos alimentarios de los peces del genero *Haemulon* (Piscis: Haemulidae) de los arrecifes de La región de Santa Marta, Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Bet n* 15(16): 49-66.

Ferreira, B. P.; Cava, F.; Maida, M. 2001. Composição da Pescaria Recifal Observada na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Tamandaré - PE - Brasil. In: Congresso Latino Americano de Ciências do Mar, COLACMAR, San Andrés, Colômbia, 1: 234-237.

Ferreira CEL, Floeter SR, Gasparine JL, Joyeux JC AND Ferreira BP. 2004. Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. J Bio-geogr 31: 1093–1106.

Figueiredo, M., T. Morato, J.P. Barreiros, P. Afonso and R.S. Santos 2005 Feeding ecology of the while seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores. Fish. Res. 75(2005):107-119.

Gaut, V.C. and J.L. Munro. 1983. The biology, ecology and bionomics of the grunts, Pomadasysidae. In: J.L. Munro (ed.) ICLARM studies and reviews 7. Caribbean Coral Reef Fishery Resources, pp. 110-141. International Center for Living and Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

Grossman, G. D. 1980. Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the bay goby (Pisces: Gobiidae). Oecologia 47:233-238.

Grutter, A. S. 2000. Ontogenetic variation in the diet of cleaner fish. Mar. Ecol. Prog. Ser. 197: 241-246.

Hammerschlag, N, Ovando D, Serafy, J.E. 2010. Seasonal diet and feeding habits of juvenile fishes foraging along a subtropical marine ecotone. Aquat Biol 9:279–290.

Helfman, G.S., Meyers, J.L., McFarland, W.N., 1982. The ontogeny of twilight migration patterns in grunts (Pisces: Haemulidae). Animal Behavior 30, 317–326.

Helfman, G.S. 1999. Behavior and fish conservation: introduction, motivation, and overview. Environ. Biol. Fishes 55, 7–12.

Hopkins, T.E. & Larson, R. J. 1990. Gastric evacuation of three food types in the black and yellow rockfish *Sebastes chrysomelas* (Jordan and Gilbert). Journal of Fish Biology 36, 673-681.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17(4):411-429.

Jacobucci, G.B. & Leite, F.P.P. 2002. Distribuição vertical e flutuação sazonal da macrofauna vágil associada a *Sargassum cymosum* C. Agardh, na praia do Lázaro, Ubatuba, São Paulo, Brasil. Revta. Bras. Zool. 19 (supl. 1):87-100.

Jepsen, D.B.; Winemiller, K.O.; Taphorn, D.C. 1997. Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river. *Journal of Fish Biology*, 51: 1085-1108.

Kido, M.C. 2001. Food relations between coexisting native Hawaiian stream fishes. Environmental Biology of Fishes, 61: 185-. 194.

Kotrschal, K. & Thomson, D.A. 1986. Feeding patterns in eastern tropical Pacific blennioid fishes (Teleostei: Tripterygiidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Blenniidae). *Oecologia*, 70(3): 367-378.

Krajewski, JP. 2010. Influência da composição de substrato do recife na atividade e distribuição de peixes zoobentívoros no arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco". Tese de Doutorado. 1148 pg.

Krebs, C.J. 1998. Ecological methodology. Addison-Wesley Educational Publishers, Menlo Park, CA.

Layman, C.A. and Silliman, B.R. 2002. Preliminary survey and diet analysis of juvenile fishes of an estuarine creek on Andros Island, Bahamas. *Bulletin of Marine Science* 70(1):199-210.

Layman, C.A, Quattrochi, J.P, Peyer, C.M, Allgeier, J.E. 2007. Niche width collapse in a resilient top predator following ecosystem fragmentation. *Ecol Lett* 10:937–944.

Lindeman, K.C., 1986. Development of larvae of the French grunt, *Haemulon flavolineatum*, and comparative development of twelve species of western Atlantic *haemulon* (Percoidei, Haemulidae). *Bull. Mar. Sci.* 39, 673–716.

Lindeman, K.C., Pugliese, R., Waugh, G.T., Ault, J.S., 2000. Developmental patterns within a multispecies reef fishery: management applications for essential fish habitats and protected areas. *Bulletin of Marine Science* 66, 929–956.

Lowe-McConnell, R.H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge: Cambridge University Press.

Lukoschek V, McCormick MI. 2001. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. *Marine Biology* 138:1099-1113.

MacDonald, J. S., Waiwood, K. G., & Green, R. H. (1982). Rates of digestion of different prey in Atlantic cod (*Gadus morhua*), ocean pout (*Macrozoarces americanus*), winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) and American plaice (*Hippoglossoides platessa*). *Canadian Journal of Fish and Aquatic Science* 39, 651-659.

Maida, M.; Ferreira, B. 1997. Coral Reefs of Brazil: an overview and field guide. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 1: 263-274.

McCormick, M.I. 1998. Ontogeny of diet shifts by a microcarnivorous fish, *Cheilodactylus spectabilis* Hutton: the relationship between feeding mechanics, microhabitat selection and growth. *Marine Biology* 132: 9-20

McFarland, W.N., J .C . Ogden & J .N . Lythgoe. 1979 . The influence of light on the twilight migrations of grunts . *Env. Biol . Fish* .4: 9-22 .

Menezes, N. A. & J. L. Figueiredo. 1985. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 105p.

Nagelkerken, I., Dorenbosch, M., Verberk, W. C. E. P., Cocheret de la Morinière, E., & van der Velde, G. (2000). Day–night shifts of fishes between shallow-water biotopes of a Caribbean bay, with emphasis on the nocturnal feeding of Haemulidae and Lutjanidae. *Marine Ecology Progress Series* 194, 55–64.

Nakamura, Y. & Sano M. 2005. Comparison of invertebrate abundance in a Seagrass bed and adjacent Coral and sand areas at Amitori Bay, Iriomote Island, Japan. *Fish Sci* 71: 543–550.

Nielsen, L.A. & Johnson, D.L. (Eds.). 1992. *Fisheries techniques*, 468 pp. Bethesda, USA: American Fisheries Society.

Parrish J.D., Callahan M.W., Norris J.E., 1985, The trophic relationships that structure reef communities. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr. Tahiti* 4, 73-78.

Parrish, J. D., & Zimmerman, R. J. 1977. Utilization by fishes of space and food resources on an offshore Puerto Rican coral reef and its surroundings. *Proceedings of the 3rd International Coral Reef Symposium* 1, 297–303.

Pereira, P.H.C. & Jacobucci, G.B. 2008. Dieta e comportamento alimentar de *Malacotenus delalandii* (Perciformes: Labrisomidae). *Biota Neotropica* 8 (3): 141-150.

Pianka, E. 1973. The Structure of Lizard Communities. 4: 53-74.

Randall, J. E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, 5: 665-847.

Rocha, L.A., Rosa, I.L., 1999. New species of *Haemulon* (Teleostei: Haemulidae) from the northeastern Brazilian coast. *Copeia* 1999, 447–452.

Ross, S.T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia* 1986: 352-388.

Santos, F.B. & Castro, R.M.C., 2003. Activity, habitat utilization, feeding behaviour, and diet of the sand moray *Gymnothorax ocellatus* (Anguilliformes, Muraenidae) in the South Western Atlantic. *Biota Neotropica*, 3, :1–7.

Schmitt, R.J. and S.J. Holbrook. 1984. Ontogeny of prey selection by black surfperch, *Embiotoca jacksoni* (Pisces: Embiotocidae): the roles of fish morphology, foraging behavior, and patch selection. *Marine Ecology Progress Series* 18:225-239.

Sorden, C. T. 1982. Food specialization by *Mulloidops flavolineatus* (Mullidae) at Midway Islands. Pages 228-234 in G. M. Cailliet and C. A. Simonstad, eds. *Gutshop 81: fish food habits study*.

Souza, M. M. C. 2008. Pesca, reprodução e alimentação da biquara (*Haemulon plumieri*, LACÉPÈDE, 1801), na costa central do estado de Pernambuco. Dissertação de mestrado, 79 pp.

Stephens, D.W. & Krebs, J.R. 1986. *Foraging Theory*. Princeton: Princeton University Press.

Svanback R, Bolnick D.I. 2005. Intraspecific competition affects the strength of individual specialization: an optimal diet theory method. *Evol Ecol Res* 7:993–1012.

Tanaka, M.A. & Leite, F.P.P. 2003. Spatial scaling in the distribution of macrofauna associated with *Sargassum stenophyllum* (Mertens) Martius: analysis of faunal groups, gammarid life habits, and assemblage structure. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 293:1-22.

Thomas, J.D. 1993. Biological monitoring and tropical diversity in marine environments: a critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators. *J. Nat. Hist.* 27:795-806.

Tyler, A.Y. 1971. Monthly changes in stomach contents of demersal fishes in Passamaquoddy Bay (N.B.). *Fish Res Board Can Tech Rep* 288:1–114.

Werner, E.E. and J.F. Gilliam. 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15:393-425.

Winemiller, K.O. and D.B. Jepsen. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology* 53 (Supplement A):267-296.

Winemiller, K.O. 1989. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. *Environmental Biology of Fishes* 26:177-199.

Zaret, T. M. & Rand, A. S. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52(2): 336-342.

An underwater photograph showing four fish of the genus *Haemulon* swimming over a sandy seabed. The fish are silver with a prominent yellow stripe running horizontally along their sides. They are positioned at different depths and distances from the camera, with one in the upper left, one in the upper right, and two in the lower right. The water is clear and blue, and the seabed is composed of fine sand with some small, dark, reddish-brown patches.

Capítulo 2

Comportamento alimentar e interações agonísticas
das espécies do gênero *Haemulon* nos recifes
costeiros de Tamandaré - Pernambuco

Capítulo 2: Comportamento alimentar e interações agonísticas das espécies do gênero *Haemulon* nos recifes costeiros de Tamandaré - Pernambuco

INTRODUÇÃO

Peixes carnívoros predadores de invertebrados móveis (Mobile Invertebrate Feeders – MIFs) alimentam-se preferencialmente de crustáceos, moluscos e poliquetas associados a fundos consolidados e/ou inconsolidados, representando o grupo trófico mais abundante em ambientes recifais tropicais e temperados (Jones et al., 1991; Wainwright and Bellwood, 2002; Ferreira et al., 2004). Durante o comportamento de forrageio tais espécies promovem um grande distúrbio no substrato e também modificam a topografia do fundo, além de causar alteração nas comunidades de invertebrados que vivem associados ao ambiente bentônico (McCormick, 1995; Krajewski et al., 2006). O principal fator da relação presa / predador é o consumo exercido pelos peixes (Fulton & Bellwood, 2002), no entanto, a alteração nos microambientes dos invertebrados bentônicos também configura um importante processo na estruturação dos ecossistemas marinhos (Jones et al, 1991; McCormick, 1995).

O impacto do forrageamento de peixes recifais nos invertebrados de fundos inconsolidados, foi avaliado, principalmente para espécies da família Mullidae, os quais possuem barbilhões e revolvem o substrato durante o comportamento de forrageio causando grande distúrbio no bentos (McCormick, 1995; Krajewski, 2006). No entanto, peixes da família Haemulidae podem representar também importantes modificadores do substrato, pois estão entre os peixes que formam cardumes numericamente mais abundantes nos recifes de coral do Atlântico (Lindeman & Toxey, 2002).

As espécies que realizam comportamento alimentar no substrato bentônico permanecem expostas por um longo período de tempo durante a busca por alimento e ou alimentando-se, estando, sujeitas a um grande risco de predação (Ward et al., 2000; Abdulla, 2004). O risco de predação influencia diretamente o comportamento de forrageio, uso de habitat, dieta, seletividade alimentar, crescimento e até a reprodução de inúmeras espécies de peixes recifais (Magnhagen, 1988; Gerking, 1994; Dahlgren & Eggleston, 2000; Jones & McCormick, 2002). Teorias de “forrageamento ótimo” demonstram que os predadores realizam um balanço entre os efeitos positivos e negativos do forrageamento por modificações, principalmente, de comportamento

(Lima and Dill, 1990), portanto, há um constante equilíbrio entre a susceptibilidade de predação e a necessidade de obtenção de alimento (Abrams, 1991; Werner and Anholt, 1993 Brown, 2002).

O comportamento alimentar e a taxa de forrageamento de peixes recifais, (especialmente de carnívoros bentônicos) variam de forma considerável nas diferentes fases. Estas variações estão diretamente relacionadas a mudanças no uso de habitat e na morfologia e anatomia de cada espécie (Schmitt and Holbrook, 1984; Luczkovich et al., 1995; Lukoschek & McCormick, 2001). Tais variações são tão evidentes que podem ser maiores entre as fases de vida de uma mesma espécie que para espécies diferentes com hábito alimentar semelhante (Eggold & Motta, 1992; Gillanders, 1995). No entanto até hoje nenhum trabalho avaliou variações no comportamento e na frequência alimentar de peixes do gênero *Haemulon* relacionando padrões de agrupamento (indivíduos solitários ou formando cardumes) e fases de vida (adultos e juvenis).

Trabalhos realizados com observações do comportamento de espécies do gênero *Haemulon* têm sido mais comuns em áreas de pradarias de fanerógamas e manguezais, nos quais foram avaliados diferentes aspectos biológicos como padrões de comportamento (Ogden & Ehrlich, 1977; Burke, 1995; Verweij et al., 2006), migrações diárias entre ecossistemas (McFarland et al., 1979; McFarland and Wahl, 1996) e interações agonísticas (McFarland & Hillis, 1982). Poucos trabalhos, no entanto, foram realizados exclusivamente em ambientes recifais, um exemplo foi o estudo realizado por Krajewski (2010) no arquipélago de Fernando de Noronha o qual analisou o comportamento alimentar de *H. parra* e *H. chrysargyreum* adultos e concluiu que as espécies se alimentam preferencialmente no substrato arenoso e na matriz de algas de poliquetas e crustáceos, sendo que não avaliou diferenças na preferência alimentar por substrato entre adultos e juvenis.

A grande variedade de guildas tróficas, diversidade de espécies e abundância de indivíduos nos recifes de corais promove inúmeros encontros agonísticos entre os peixes recifais, os quais podem ocorrer com espécies territorialistas, não-territorialistas ou ambas (Robertson et al., 1976). As espécies territorialistas normalmente são as que realizam a maior quantidade de interações agonísticas, com destaque para a família Pomacentridade (Sale et al. 1980; Draud & Itzkowitz, 1995; Osório et al., 2006), no entanto, os encontros agonísticos nem sempre estão apenas associados a hábitos alimentares mais sim também a competição por espaço e/ou segregação de habitat.

McFarland e Hillis (1982) analisaram as interações agonísticas entre indivíduos juvenis de *Haemulon plumieri* e *H. flavolineatum* e observaram que o comportamento agonístico aumenta com o tamanho dos indivíduos e tende a se intensificar no início da manhã e no final da tarde. As hipóteses levantadas para tais padrões de comportamento estão relacionadas à mecanismo de anti-predação, menor gasto energético ou competição por recurso alimentar.

Assim, o presente capítulo desta dissertação tem como objetivo analisar o comportamento alimentar e as interações agonísticas referentes às quatro espécies do gênero *Haemulon* presente na área de estudo: *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon parra*, *Haemulon plumieri* e *Haemulon squamipinna*, especificamente os objetivos são:

- Avaliar variações na frequência alimentar (mordiscadas por 10 min) relacionando o agrupamento (cardume e solitário) e a fase de vida (juvenil e adulto) das espécies;
- Quantificar a porcentagem do forrageamento em cada um dos diferentes tipos de substratos (areia, rocha, alga e coluna de água) relacionando a fase de vida e o agrupamento;
- Analisar as interações agonísticas das espécies do gênero *Haemulon* com os demais peixes recifais relacionando a fase de vida (juvenil e adulto);

MATERIAIS E MÉTODOS:

1.3 – Área de estudo

O município de Tamandaré, situado a 110 km da capital do estado de Pernambuco - Recife está sob um regime climático que envolve duas estações bem definidas, a chuvosa, que ocorre de maio a julho, com temperatura média do ar de 20°C e do mar de 22°C e a de estiagem, de agosto a abril, na qual as temperaturas do ar e do mar alcançam a média de 28° e 27 °C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.500 mm, com a maior precipitação registrada no mês de julho, aproximadamente 525 mm, e a menor em dezembro, aproximadamente 80 mm. As principais correntes superficiais que influenciam a área são a corrente das Guianas e a corrente do Brasil, oriundas da divisão da corrente Sul-equatorial no “calcanhar” do Brasil (Maida & Ferreira, 1997).

O complexo recifal estudado encontra-se dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APA Costa dos Corais). A mesma estende-se ao longo de 135 km de litoral desde Tamandaré, sul do estado de Pernambuco, até Maceió, estado de Alagoas, dentro dos limites das coordenadas 8°42'16"S e 35°04'40"O; 8°47'44"S e 34°47'20"O; 9°46'30"S e 35°25'00"O; 9° 32'51"S e 35°36'59"O. A APA Costa dos Corais constitui a primeira unidade de conservação federal a incluir os recifes costeiros em sua área e é a maior unidade de conservação marinha brasileira, com uma área aproximada de 413.563 hectares (Ferreira et al., 2001).

Os recifes de coral de Tamandaré estão distribuídos em um padrão de linhas paralelas à costa, com três configurações distintas. A primeira linha geralmente fica exposta nas marés com maiores amplitudes, apresentando formações pouco desenvolvidas onde são encontradas algas dos gêneros *Sargassum*, *Caulerpa*, *Udotea*, *Neomeris*, *Padina*, *Gracilaria*, *Dictyota* e algas calcárias incrustantes. Pequenas colônias do coral *Siderastrea stellata*, coral endêmico do Brasil, ocorrem ao redor das bordas das concavidades (Maida & Ferreira, 1997). A segunda linha está localizada entre a praia e a terceira linha de recifes. O topo destes recifes pode variar de compacto e horizontal a irregular. Sua superfície é composta por pequenos cabeços, canais estreitos e piscinas com fundo de areia, podendo permanecer submersa ou exposta nas marés baixas. A terceira linha recifal representa o formato característico dos recifes de coral brasileiros, que é distinto de outros sistemas recifais (Maida & Ferreira, 1997) se desenvolvendo em colunas isoladas de cinco a seis metros de altura, que se expandem em seu topo.

As observações referentes ao comportamento alimentar / interações agonísticas para o gênero *Haemulon* foram realizadas dezembro de 2009 e dezembro de 2010 em cinco diferentes recifes costeiros da região do município de Tamandaré – Litoral Sul do Estado de Pernambuco, sendo eles: Ilha do Norte, Igrejinha, Pirambu do Norte, Pirambu e Ilha do Meio (Figura 1).



Figura 1 – Área de realização das observações do comportamento alimentar / interações agonísticas das espécies do gênero *Haemulon* com destaque para os diferentes recifes.

1.2 - Observações do comportamento alimentar

Foram realizadas observações do comportamento para as quatro espécies do gênero *Haemulon* presentes na área de estudo: *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon parra*, *Haemulon plumieri* e *Haemulon squamipinna* (Figura 2). O estudo do comportamento foi realizado utilizando técnica de mergulho livre (“snorkeling”) e também mergulhos com equipamento autônomo (“Scuba”). Os registros foram realizadas do início da manhã (8:00 h) até o final da tarde (17:00 h), as observações não foram separadas por horários do dia e também não foram conduzidas observações no período noturno, as mesmas foram padronizadas em sessões de 10 minutos, exceto no caso de fuga dos indivíduos. Foi utilizado o método animal focal (Altmann, 1974; Lehner, 1979), registrando-se os comportamentos observados em uma prancheta de PVC.



Figura 2 – Espécies do gênero *Haemulon* presentes nos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco. A,B) *Haemulon aurolineatum* juvenil e adulto; C,D) *Haemulon parra* juvenil e adulto; E,F) *Haemulon plumieri* juvenil e adulto e G,H) *Haemulon squamipinna* juvenil e adulto. Fotos - Pereira, P.H.C e Feitosa, J.L.L.

Durante cada sessão de observação o comportamento dos indivíduos foi descrito e os itens considerados na observação foram: hora do início da observação, substrato do início do forrageamento e número de mordiscadas em cada tipo de substrato utilizado na alimentação (areia, coluna de água - CDA, alga e rocha).

As observações foram classificadas de acordo com o agrupamento (cardume e solitário) e a fase de vida (juvenil e adulto) de cada uma das espécies e assim foram criadas quatro diferentes categorias: adultos agrupados em cardume (ADU-CAR), adultos solitários (ADU-SOL); juvenis agrupados em cardume (JUV-CAR) e juvenis solitários (JUV-SOL).

Foram realizadas observações para 12 categorias com 20 indivíduos observados para cada uma delas. Assim, totalizou-se 240 sessões de observação, com tempo de 10 minutos cada uma e conseqüentemente 2.400 minutos (40 horas) de observação direta.

1.3 – Observações das interações agonísticas

Os dados de interações agonísticas foram coletados juntamente com as observações de comportamento alimentar, no entanto as interações agonísticas foram separadas apenas de acordo com a fase de vida (juvenil e adulto) das espécies. Foi utilizado o método animal focal (Altmann, 1974; Lehner, 1979), registrando-se todas as interações agonísticas realizadas, e também a espécie e a fase de vida dos indivíduos com os quais a interação ocorria. Os dados referentes as observações foram anotadas em uma prancheta de PVC.

As interações agonísticas observadas entre os indivíduos do gênero *Haemulon* e demais peixes recifais foram classificadas em:

A) Interação agonística ativa (“to chase”): caracterizada por partir do indivíduo de *Haemulon* que esta sendo observado, ou seja, o mesmo demonstrando agressividade em relação a outras espécies;

B) Interação agonística passiva (“to be chased”): caracterizada por uma agressividade partindo de outras espécies de peixes recifais, tendo as espécies do gênero *Haemulon* como alvo.

As espécies com as quais as interações agonísticas ocorreram foram classificadas de acordo com as categorias tróficas em: herbívoros territorialistas, herbívoros vagueadores e predadores de invertebrados (Ferreira et al. 2004).

Foram realizados registros fotográficos e filmagens dos comportamentos alimentares realizados e também das interações agonísticas utilizando uma câmera fotográfica digital Canon G10 14.7 MP com caixa estanque Canon WP-DC28 além de lente macro SharpEye M67 UW. Os registros fotográficos estão apresentados em uma sessão no anexo do presente capítulo.

1.4 – Análises estatísticas univariadas

Os dados foram testados quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk utilizando o software BIOSTAT 3.0 (Ayres, 2003). Os dados não respeitaram a premissa da normalidade e assim foi aplicado o teste não-paramétrico de Mann Whitney (Zar, 1999) para amostras pareadas comparando os valores de frequência alimentar em cada tipo de substrato ($\text{mordicadas min}^{-10}$) entre as diferentes fases de vida e agrupamento das espécies observadas. O mesmo teste também foi utilizado para comparar os dados referentes às interações agonísticas. Foi considerado um nível de significância de 0,05% (Zar, 1999). Todos os testes foram realizados utilizando o software BIOSTAT 3.0 (Ayres, 2003).

1.5 – Análises estatísticas multivariadas

Foram realizadas as seguintes análises: Dendrograma a partir do Índice de Similaridade de Bray-Curtis, Análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) e Análise de Componentes Principais (PCA) para melhor entendimento do comportamento alimentar das espécies do gênero *Haemulon* observadas. As análises foram realizadas utilizando-se os dados de frequência alimentar ($\text{mordicadas min}^{-10}$) em cada um dos tipos de substrato (areia, coluna de água - CDA, alga e rocha) para as diferentes categorias propostas (adulto x juvenil e solitário x cardume).

Todas as análises estatísticas multivariadas foram realizadas a partir do pacote estatístico PRIMER (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*) versão 6.0 para Windows no qual os dados foram inicialmente padronizados e transformados, utilizando raiz quarta, já que os dados não possuíam normalidade e homogeneidade.

RESULTADOS

1 - Comportamento alimentar:

Em relação à fase de vida das espécies (juvenil x adulto), como um padrão geral, observou-se uma nítida preferência dos indivíduos adultos de todas as quatro espécies do gênero por alimentarem-se no substrato bentônico, com grande destaque para alimentação na areia, seguido por rocha e alga. Quando realizando este comportamento, os indivíduos nadavam ativamente próximos ao fundo, quase na totalidade das vezes na borda recifal, observando o substrato detalhadamente e assim investiam e forrageavam no ambiente bentônico. Já os indivíduos na fase juvenil nadavam a maior parte do tempo na coluna de água, próximos a superfície, realizando movimentos rápidos com os olhos e com a boca, indicando que se alimentavam de organismos suspensos na coluna de água, possivelmente usando como recurso alimentar copepodos e demais constituintes do zooplâncton (Figuras 1 e 2 do anexo).

Relacionando os padrões de agrupamento, foi observado para todas as espécies um tendência semelhante, na qual os indivíduos adultos apresentaram uma menor atividade alimentar ($\text{mordicadas min}^{-10}$) quando agrupados em cardumes, já que os mesmos formam cardumes para proteção / descanso e se agrupam em uma formação denominada “*resting schools*” ou cardumes de descanso (Figuras 3 e 4 do anexo). Por outro lado, quando solitários os indivíduos apresentaram uma maior atividade e frequência alimentar.

Para um grande número de indivíduos (preferencialmente adultos), foi registrada a realização de um comportamento já descrito na literatura para ciclídeos de água doce denominado: “*Chewing*”, “*Charning*” ou “*Mumbling*”, termo que pode ser adaptado como algo relativo a uma mastigação ou filtração de pequenos invertebrados do zoobentos. Durante a realização deste comportamento o indivíduo obtém o recurso alimentar enterrando a boca no substrato e seleciona parte do material que foi capturado, expelindo fragmentos ingeridos e também grandes quantidades de areia, abrindo e fechando a boca, conseqüentemente o material passa pelos rastros branquiais e sai pelo opérculo (Figura 5 do anexo).

Para todas as espécies do presente estudo foi possível realizar observações para as categorias adulto-cardume e juvenil-cardume, ou seja, todas elas possuem a característica de formarem cardumes tanto na fase juvenil quanto na fase adulta. No entanto, para as espécies *H. plumieri* e *H. squamipinna* não foi possível realizar

observações para a categoria adulto solitário e para *H. aurolineatum* e *H. squamipinna* não foi observada a categoria juvenil solitário (Tabela 1), sendo assim conclui-se que estas espécies não possuem característica permanecer solitária.

As Tabelas 1 e 2 apresentam um resumo geral dos dados de frequência alimentar (número de mordiscadas por 10 minutos) para as quatro espécies e também para cada tipo de substrato analisado. Seqüencialmente os resultados serão apresentados separadamente para cada uma das espécies do gênero *Haemulon* observadas no presente estudo, com detalhamento para o percentual da frequência de forrageamento para cada tipo de substrato e, por fim, serão apresentadas as análises multivariadas para todas as espécies e categorias juntas.

Tabela 1 – Frequência alimentar (número de mordiscadas por 10 minutos) para as quatro espécies do gênero *Haemulon*, com valores separados por categorias.

	Geral	Adulto Cardume	Adulto Solitário	Juvenil Cardume	Juvenil Solitário
<i>H. aurolineatum</i>	14.2 ± 12.76	2.1 ± 1.11	16.2 ± 6.51	24.3 ± 13.97	-
<i>H. parra</i>	8.8 ± 6.35	2.4 ± 4.60	9.6 ± 3.40	10.1 ± 5.61	13.5 ± 5.95
<i>H. plumieri</i>	6.1 ± 4.14	2.6 ± 2.68	-	5.6 ± 2.64	10.1 ± 12.4
<i>H. squamipinna</i>	10.7 ± 10.97	2.1 ± 1.53	-	19.3 ± 9.48	-

Tabela 2 - Frequências alimentares (mordiscadas por 10 min) - (média ± desvio padrão) e realização do comportamento **Chewing** para as quatro espécies analisadas e em todas as categorias observadas para os quatro tipos de substratos.

* Possui diferença significativa com as demais categorias – teste de Mann Whitney.

<i>H. aurolineatum</i>	Adulto Cardume	Adulto Solitário	Juvenil Cardume	Juvenil Solitário
Areia	2 ± 1.21	16.65 ± 5.71*	0.25 ± 0.78	-
Coluna de água	0.25 ± 0.63	0	23.3 ± 14.22*	-
Alga	0	0	0.3 ± 1.12	-
Rocha	0	0	0	-
Chewing	0.35 ± 0.58	6.72 ± 3.91*	0.11 ± 0.32	-
<i>H. parra</i>				
Areia	1.35 ± 3.31	8.05 ± 4.13*	1 ± 2.01	3.5 ± 3.59
Coluna de água	0.35 ± 1.34	0	7.35 ± 6.84*	9.45 ± 6.76*
Alga	0.7 ± 1.52	0	0	0.25 ± 1.11
Rocha	0.5 ± 0.94	1.1 ± 2.02	1.25 ± 2.46	0
Chewing	0.41 ± 0.88	2.32 ± 1.55	0.42 ± 1.18	1.53 ± 2.03

<i>H. plumieri</i>	Adulto Cardume	Adulto Solitário	Juvenil Cardume	Juvenil Solitário
Areia	1.91 ± 1.86	-	2.71 ± 2.07*	3 ± 3.31
Coluna de água	0	-	1.23 ± 1.57	5.75 ± 4.81*
Alga	0	-	1.14 ± 1.61	1.3 ± 3.43
Rocha	0.85 ± 1.46	-	0.51 ± 0.94	0
Chewing	0.51 ± 0.94	-	2.46 ± 1.48	1.25 ± 1.48
 <i>H. squamipinna</i>				
Areia	0.47 ± 0.69	-	0.9 ± 1.84	-
Coluna de água	0.37 ± 0.68	-	17.14 ± 10.92*	-
Alga	0.37 ± 0.83	-	0.38 ± 1.07	-
Rocha	0.68 ± 1.05	-	0.28 ± 1.30	-
Chewing	0.23 ± 0.41	-	0.22 ± 0.52	-

Haemulon aurolineatum

O comportamento alimentar da espécie *H. aurolineatum* foi observado para 60 indivíduos com sessões de observação de 10 minutos cada uma, totalizando 600 minutos de observação direta. Foram realizadas observações do comportamento para três diferentes categorias: adultos agrupados em cardume (ADU-CAR; N= 20), adultos solitários (ADU-SOL; N = 20) e juvenis agrupados em cardume (JUV-CAR; N = 20).

A taxa média de forrageamento (mordiscadas por 10 min) para a espécie com as categorias agrupadas foi de 14,2 ± 12,76 mordiscadas / 10 min (média ± desvio padrão) a maior encontrada entre os *Haemulon* no presente estudo.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as variáveis: adulto X juvenil para a espécie em questão, sendo que os valores para a fase juvenil foram mais altos (24,3 ± 13,97 mordiscadas por 10 min) do que para os adultos, indicando maior frequência alimentar dos juvenis.

Foi observado que os indivíduos adultos possuem maior frequência alimentar quando solitários. Durante o processo de formação de cardumes os indivíduos possuíam uma taxa de forrageamento muito baixa (2,1 ± 1,11 mordiscadas por 10 min) caracterizando o agrupamento denominado “cardumes de descanso”. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores para as categorias: cardume x solitários.

Os indivíduos foram observados alimentando-se ativamente em quatro diferentes locais que foram assim classificados em: areia, coluna de água (CDA), alga e rocha. A frequência de forrageamento (%) foi calculada para as diferentes categorias por tipo de substrato (Figura 3). Notou-se que os adultos possuíam preferência pelo forrageamento na areia, sendo que ADU-CAR realizaram 88,8 % do total do forrageio na areia, e

apenas 11,1% na CDA. Já os adultos solitários alimentaram-se exclusivamente no substrato arenoso, com 100% de frequência de forrageamento. No entanto, a categoria JUV-CAR demonstrou preferência de alimentação na coluna de água (CDA) caracterizando-se uma alimentação por organismos planctônicos, com 97,9 % da frequência alimentar total.

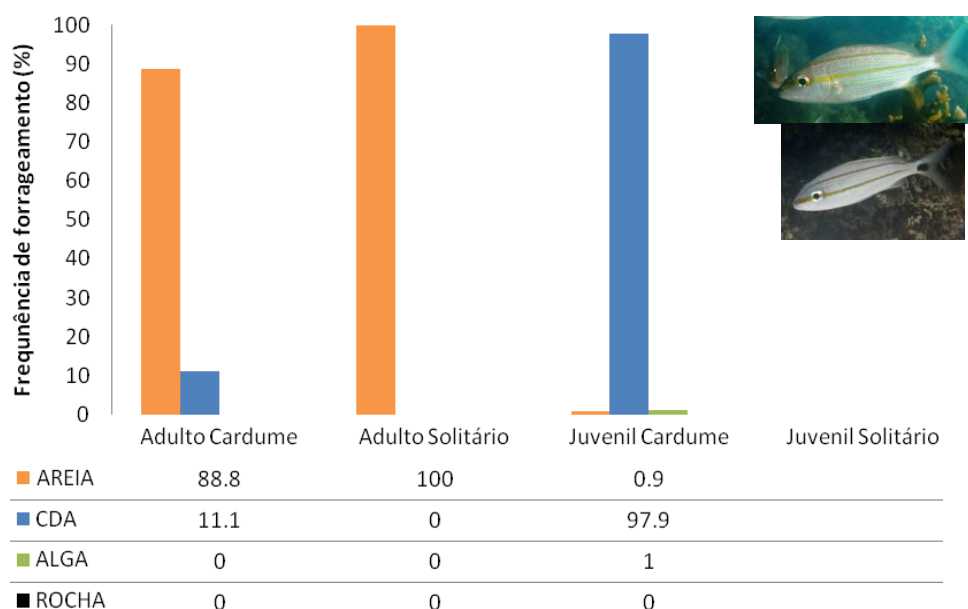


Figura 3 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon aurolineatum*.

Em relação ao comportamento descrito anteriormente denominado “mastigação” - “Chewing” a espécie apresentou uma media relativamente alta para tal comportamento de $2,3 \pm 3,81$ mordiscadas por 10 min (média $\pm$ desvio padrão), sempre com valores mais altos para as categorias que se alimentavam no substrato de areia ou rocha. Sendo que a categoria ADU-SOL obteve a maior média: $6,7 \pm 3,91$ mordiscadas por 10 min (média $\pm$ desvio padrão), significativamente diferente ($p < 0,05$) de todas as demais categorias.

Haemulon parra

O comportamento alimentar da espécie *H. parra* foi observado para 80 indivíduos com sessões de observação de 10 minutos cada uma, totalizando 800 minutos de observação direta. Foi possível realizar as observações do comportamento para as quatro categorias propostas, a espécie em questão foi à única que apresentou o desenho amostral completo: Adultos agrupados em cardume (ADU-CAR; N= 20),

adultos solitários (ADU-SOL; N = 20), juvenis agrupados em cardume (JUV-CAR; N = 20) e juvenil solitário (JUV-SOL; N = 20).

A taxa média de forrageamento (número de mordiscadas por 10 min) para a espécie com as categorias agrupadas foi de $8,8 \pm 6,35$ (média $\pm$ desvio padrão), a segunda menor taxa de frequência entre os indivíduos do gênero *Haemulon* do presente estudo.

Houve também diferença significativa ($p < 0,05$) entre as categorias adulto X juvenil com maiores frequência alimentares para os juvenis – $10,1 \pm 5,61$ mordiscadas por 10 min (média $\pm$ desvio padrão).

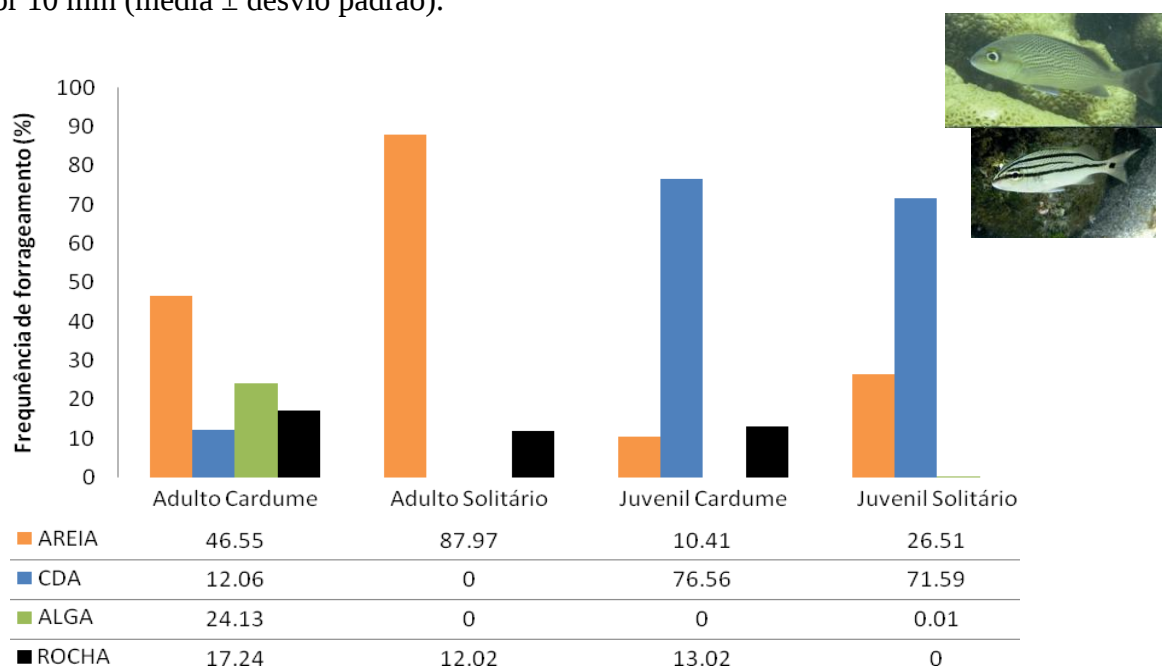


Figura 4 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon parra*.

Relacionando as categorias, ADU-CAR apresentou uma frequência de forrageamento variada nos quatro diferentes tipos de substrato, com maior porcentagem em areia e alga (46,55 e 24,13 % respectivamente). Já as categorias de juvenis, tanto solitários quanto em cardume obtiveram evidente preferência por CDA, com 71,59 e 76,56 % de frequência de forrageamento, respectivamente.

Haemulon plumieri

O comportamento alimentar da espécie *H. plumieri* foi observado para 60 indivíduos com sessões de observação de 10 minutos cada uma, totalizando 600 minutos de observação direta. Foi possível realizar as observações do comportamento para três categorias propostas: adultos agrupados em cardume (ADU-CAR; N= 20),

juvenis agrupados em cardume (JUV-CAR; N = 20) e juvenil solitário (JUV-SOL; N = 20).

A taxa média de forrageamento (número de mordiscadas por minuto) para a espécie com as categorias agrupadas foi de $6,11 \pm 4,14$ mordiscadas / 10 min (média $\pm$ desvio padrão). Os dados para as categorias amostradas separadamente estão representados na Figura 5.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as variáveis: adulto cardume X juvenil cardume para *H. plumieri*, sendo que os valores para a fase juvenil foram mais altos ($5,6 \pm 2,64$ mordiscadas por 10 min) que para os adultos, indicando maior frequência alimentar dos juvenis. Também houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os juvenis, sendo que a espécie quando solitária possuiu taxa de forrageamento mais elevada do que em cardume.

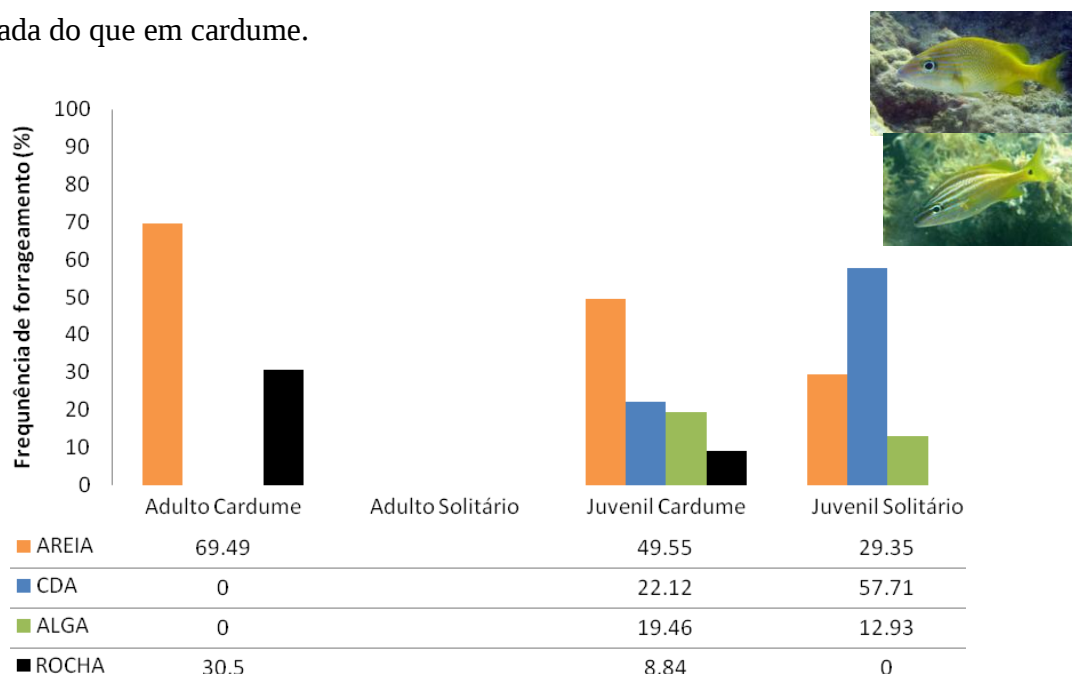


Figura 5 – Frequência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon plumieri*.

Notou-se que os adultos agrupados em cardume forragearam com alta frequência, na areia e na rocha com porcentagem de frequência total de 69.49 e 30.5 % respectivamente.

No entanto, os indivíduos juvenis de *Haemulon plumieri* quando agrupados em cardumes ou quando solitários alimentaram-se ativamente em diferentes substratos, diferente do padrão observado para as demais espécies do gênero *Haemulon*, que praticamente se alimentam apenas na coluna de água. Tal fato pode ser justificado pelas

características morfológicas no corpo de *Haemulon plumieri* (olho maior, ventre mais achatado, boca mais ampla - Pereira, PHC observação pessoal) que os fazem ser preferencialmente bentônicos em todas as fases de vida. Assim, sugere-se a realização de trabalhos futuros de ecomorfologia trófica para as espécies do gênero *Haemulon* relacionando a dieta (Capítulo 1 do presente trabalho), o comportamento alimentar e as dimensões dos mesmos (do olho, corpo, boca e outras) para inferir mais precisamente sobre as relações observadas.

Em relação ao comportamento - “Chewing” a espécie apresentou uma média de $1,38 \pm 1,51$ mordiscadas / 10 min (média $\pm$ desvio padrão), sendo que os valores para a fase juvenil cardume e solitário ($2,4 \pm 1,48$ e $1,25 \pm 1,48$ mordiscadas por 10 min - média $\pm$ desvio padrão) respectivamente foram bem elevados e os maiores para todas as espécies do presente estudo.

Haemulon squamipinna

O comportamento alimentar da espécie *H. squamipinna* foi observado para 40 indivíduos com sessões de observação de 10 minutos cada uma, totalizando 400 minutos de observação direta. Foi possível realizar as observações do comportamento apenas para duas categorias propostas: adultos agrupados em cardume (ADU-CAR; N= 20) e juvenis agrupados em cardume (JUV-CAR; N = 20). Ficou claro para tal espécie que o hábito da mesma está sempre relacionado com a formação de cardumes, sendo rara a observação da espécie realizando comportamento de forrageio quando solitária.

A taxa média de forrageamento (número de mordiscadas por minuto) para a espécie com as categorias agrupadas foi de $10,7 \pm 10,97$ mordiscadas / 10 min (média $\pm$ desvio padrão).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as categorias: adulto cardume X juvenil cardume para *H. squamipinna*, com valores bem mais altos para a fase juvenil enfatizando a maior atividade para a espécie durante a fase inicial de vida.

Notou-se que os adultos agrupados em cardume forragearam com baixa frequência $0,47 \pm 0,696$ mordiscadas / 10 min (média $\pm$ desvio padrão) e em todos os substratos com frequência semelhante. Já os juvenis agrupados em cardume forragearam com elevada frequência $17,14 \pm 10,92$ mordiscadas / 10 min (média $\pm$ desvio padrão) quase que na totalidade apenas na coluna de água, fato que corrobora com as demais observações para a categoria em questão. A porcentagem de frequência de forrageamento para cada categoria está expressa na figura 6.

H. squamipinna foi à espécie que se alimentou em uma maior diversidade de substratos (Figura 6), os indivíduos ADU-CAR, por exemplo, obtiveram uma freqüência semelhante de alimentação nos quatro diferentes tipos de substratos, com predominância por rocha (44,18 %) e menor porcentagem de freqüência de forrageamento na alga e coluna de água (16,26 %).

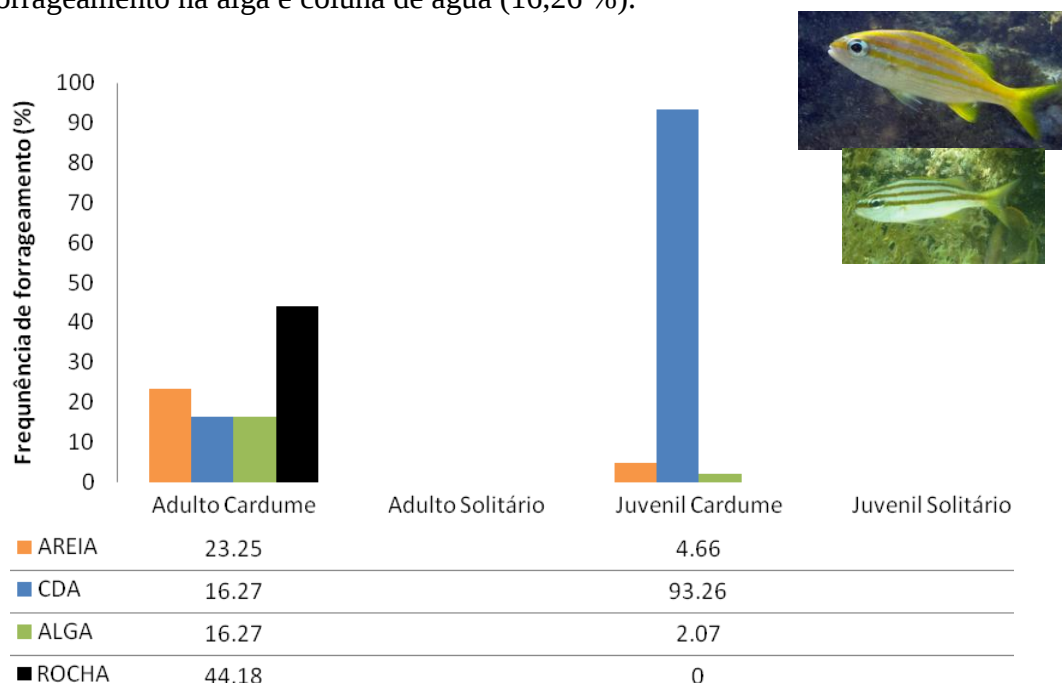


Figura 6 – Freqüência de forrageamento (%) nas quatro diferentes categorias de substrato para *Haemulon squamipinna*.

1.1 - Resultados das espécies combinadas

Análise de agrupamento a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis

Foi criado um dendrograma a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis agrupando as espécies do gênero *Haemulon* e as categorias relativas à fase de vida e agrupamento. Analisando a freqüência alimentar (mordiscadas por 10 min) em cada tipo de substrato foram formados três grupos distintos, com valores de similaridade próximos a 55% entre eles (Figura 7). O primeiro grupo (1) reuniu as categorias que se alimentaram na coluna de água representando as espécies na fase de vida juvenil agrupadas em cardume (com apenas um representante de juvenil solitário – *H. parra*), o segundo (2) incluiu os indivíduos que se alimentaram na areia - os adultos solitários, e o terceiro (3) agrupou os indivíduos que não possuíram um padrão claro de forrageamento

e baixa frequência alimentar - todos os adultos em cardume e *H. plumieri* juvenil solitário.

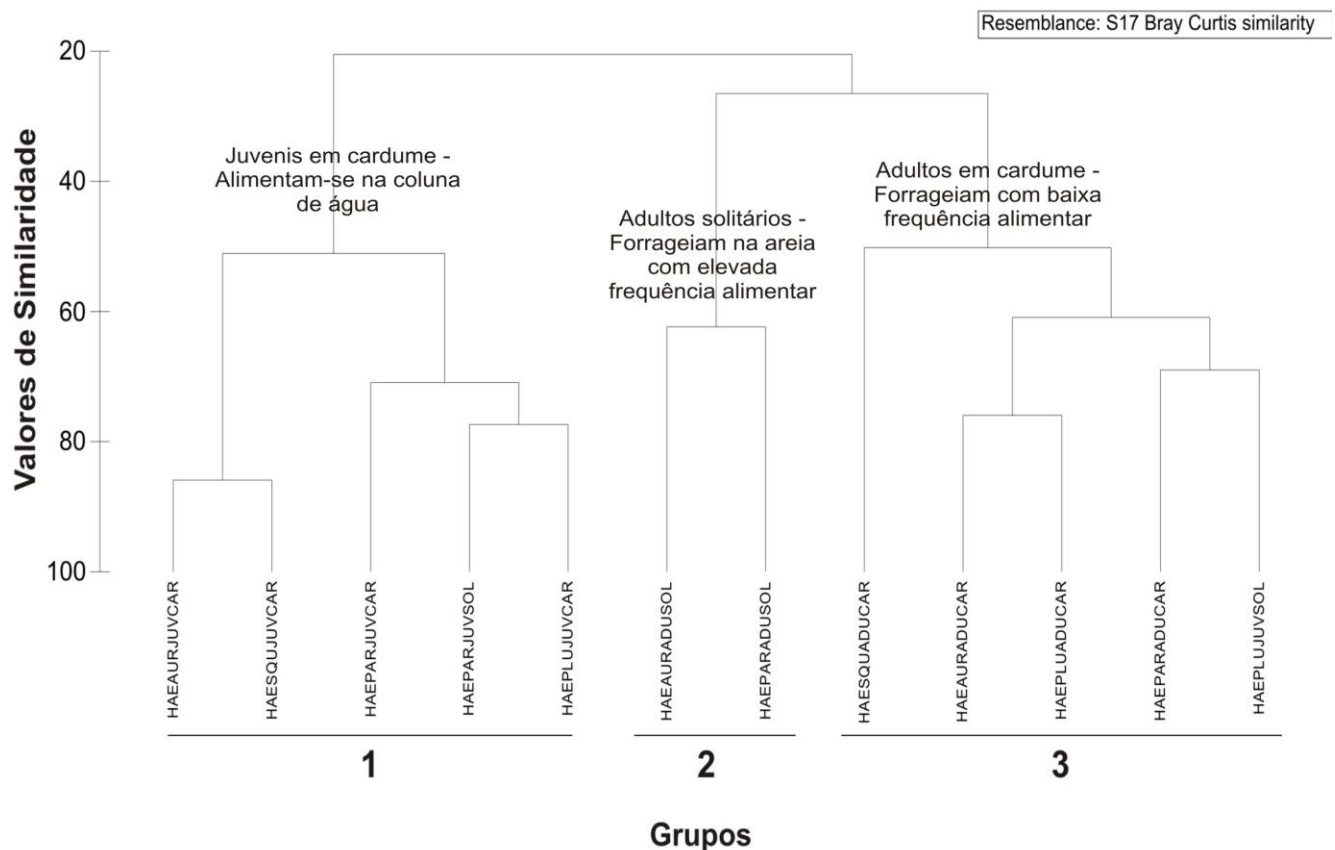


Figura 7 – Dendrograma utilizando Índice de Similaridade de Bray-Curtis relacionando as espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes categorias observadas a partir dos dados de frequência alimentar (mordiscadas / 10 min) em cada tipo de substrato.

Análise de escalonamento multidimensional (MDS)

Na análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) foram utilizadas as frequências alimentares (mordiscadas por 10 min) por tipo de substrato (Areia, Coluna de Água, Alga e Rocha). Utilizou-se os mesmos valores de Similaridade de Bray-Curtis usados para a análise anterior de similaridade o que evidenciou os mesmo três grupos destacadas pelos círculos pontilhados com 55 % de similaridade entre eles (Figura 8). O tamanho dos círculos cinza escuro representam a intensidade das taxas de forrageamento (mordiscadas por 10 min).

Para o substrato areia (Figura 8 – A), o grupo formado por indivíduos adultos solitários (2) foi o que apresentou frequência alimentar mais elevada, com valores sempre superiores a 10 mordidas/min. Em relação à alimentação na Coluna de água (Figura 8 – B) o grupo composto pelos indivíduos juvenis em cardume (3) foi o que possuiu maior frequência alimentar. Por fim, os substratos alga e rocha (Figura 8 – C e D) não tiveram padrões muito claros de alimentação para cada uma das categorias.

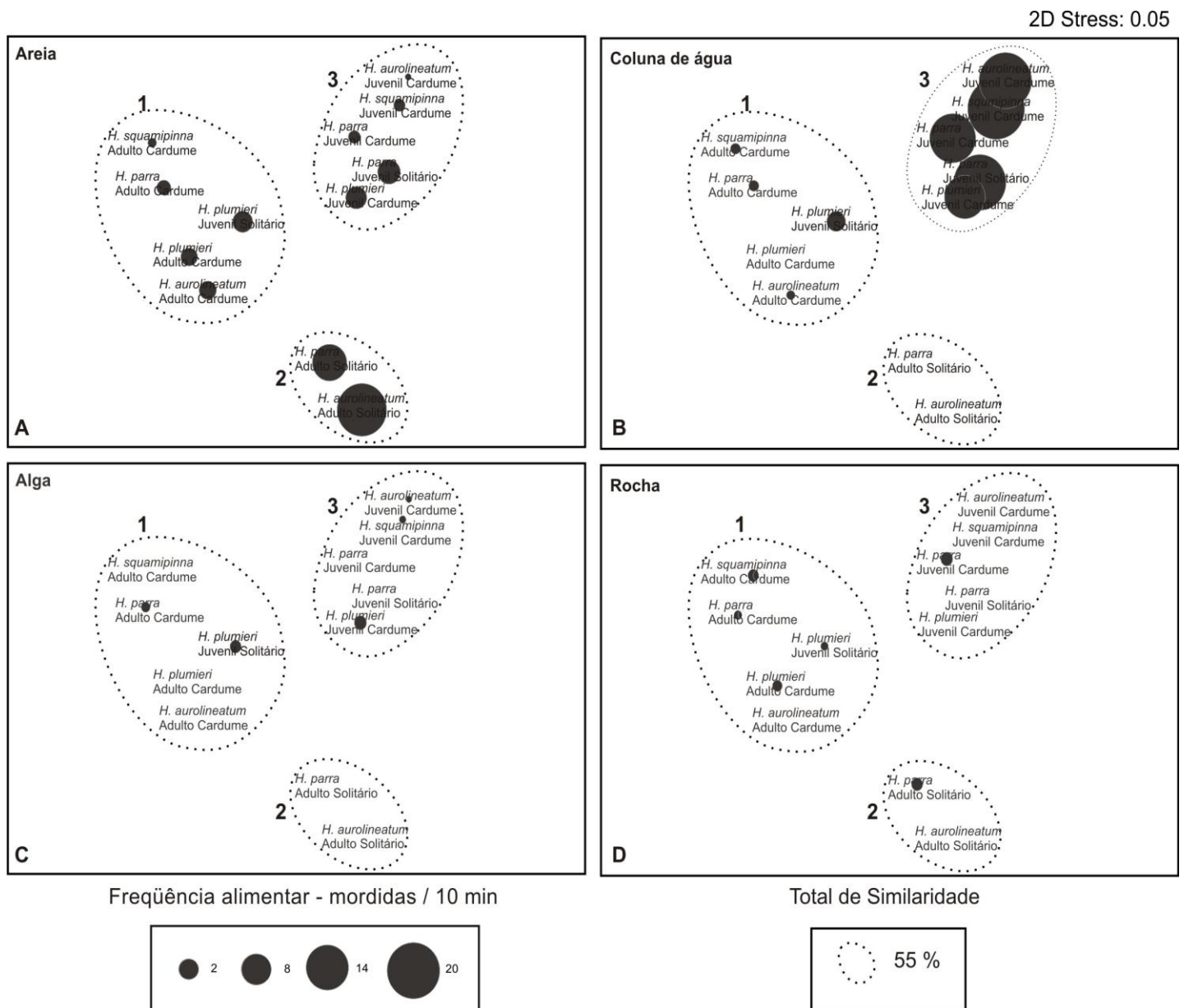


Figura 8 – Análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) por substrato relacionando as espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes categorias observadas a partir dos dados de frequência alimentar (mordiscadas / 10 min) em cada tipo de substrato.

Análise de componentes principais (PCA)

A análise dos componentes principais (PCA) foi realizada por tipo de substrato (areia, coluna de água, alga e rocha) e a Figura 9 demonstra que quanto mais próximo cada categoria permaneceu do respectivo substrato maior a preferência alimentar pelo mesmo. Na região próxima a areia se agruparam principalmente os indivíduos adultos, tanto solitários quando em cardumes, a coluna de água (CDA) foi o local com grande concentração dos indivíduos juvenis, principalmente em cardumes (situação em que os mesmos forrageiam quase exclusivamente na coluna de água) e por último em relação à alga e rocha, não foi observado um padrão muito claro, apenas com indivíduos de *H. squamipinna* adultos em cardumes tendo preferência alimentar por substratos de algas.

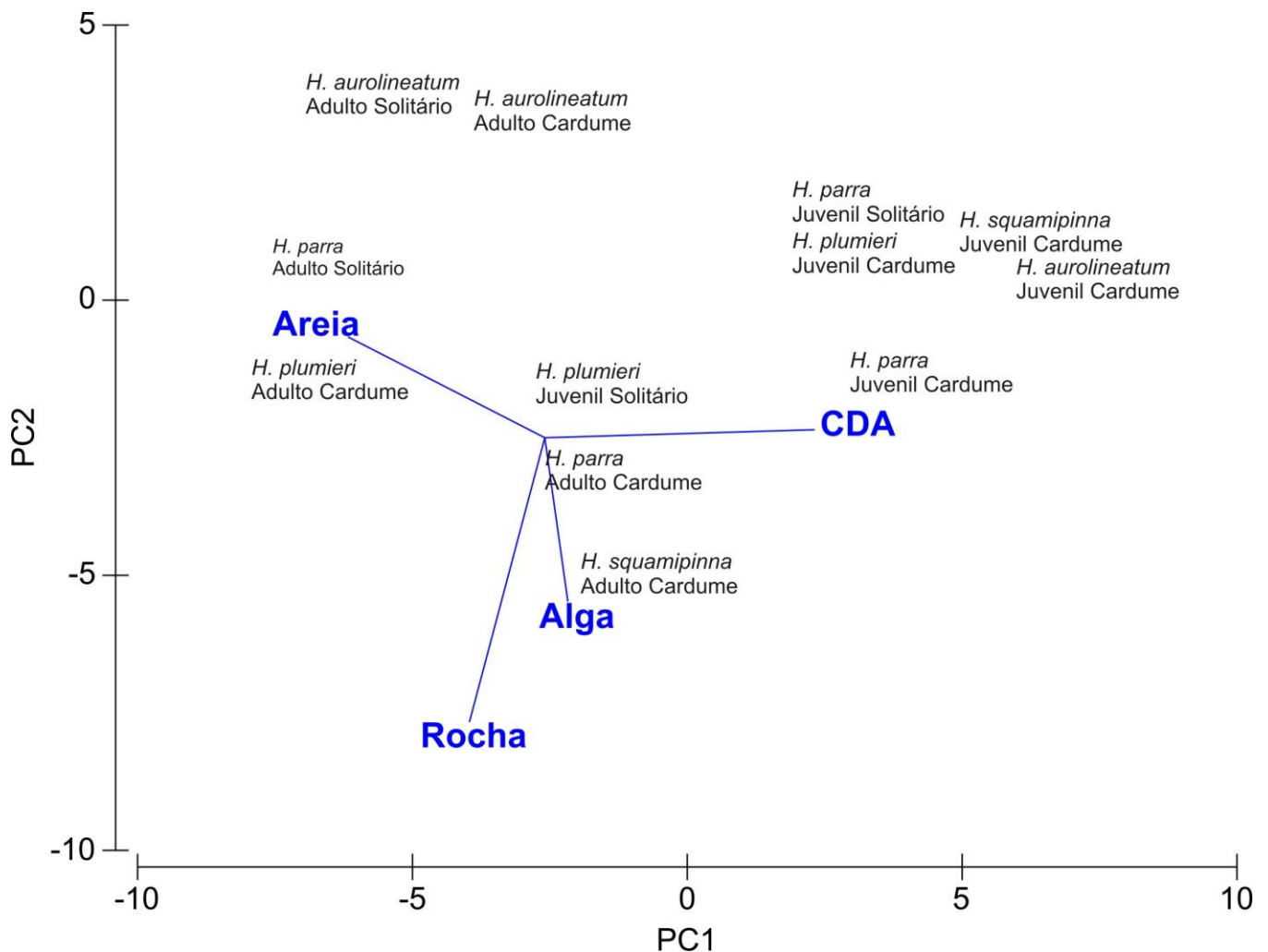


Figura 9 – Análise dos componentes principais (PCA) relacionando as espécies do gênero *Haemulon* agrupados nas diferentes categorias observadas e os diferentes tipos de substratos utilizados na alimentação.

2 - Interações agonísticas:

No total foram observadas 141 interações agonísticas ativas dos *Haemulon* em relação a 16 espécies de peixes recifais inclusive entre si, pertencentes a 10 famílias (Tabela 3, Figuras no anexo). As espécies com maior número de interações foram *Haemulon aurolineatum* adulto (N = 29), *Haemulon parra* adulto (N = 24), *Haemulon parra* juvenil (N = 22), *Haemulon plumieri* juvenil (N = 10), *Pseudupeneus maculatus* adulto (N= 10) e *Mulloidichthys martinicus* adulto (N = 7). As famílias mais representativas foram Haemulidae (106) e Mullidae (19). As interações agonísticas ativas ocorreram normalmente com espécies que utilizam o mesmo hábitat que os *Haemulon* e que possuem semelhanças no hábito alimentar (e.g. *Mulloidichthys martinicus*).

Tabela 3 – Relação das interações agonísticas ativas das espécies do gênero *Haemulon* observadas nos recifes costeiros de Tamandaré – PE (agrupadas nas categorias: juvenil e adulto).

Espécies	HAE AUR (adulto)	HAE AUR (juvenil)	HAE PAR (adulto)	HAE PAR (juvenil)	HAE PLU (adulto)	HAE PLU (juvenil)	HAE SQU (adulto)	HAE SQU (juvenil)	TOTAL
<i>Abudefduf saxatilis</i> adulto	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Acanthurus bahianus</i> juvenil	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Anisotremus moricandi</i> adulto	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Epinephelus adscensionis</i> juvenil	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Eucinostomus lefroyi</i> adulto	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Haemulon aurolineatum</i> adulto	23	0	1	0	0	0	5	0	29
<i>Haemulon aurolineatum</i> juvenil	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Haemulon parra</i> adulto	0	0	7	0	2	0	15	0	24
<i>Haemulon parra</i> juvenil	0	0	2	17	0	3	0	0	22
<i>Haemulon plumieri</i> adulto	0	0	2	0	7	0	0	0	9
<i>Haemulon plumieri</i> juvenil	0	0	0	1	0	9	0	0	10
<i>Haemulon squamipinna</i> adulto	0	0	0	0	0	0	8	0	8
<i>Haemulon squamipinna</i> juvenil	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Halichoeres poeyi</i> juvenil	0	0	0	0	4	0	0	0	4
<i>Holocentrus adscensionis</i> adulto	0	0	3	0	0	0	0	0	3
<i>Labrisomus nuchipinnis</i> adulto	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Mulloidichthys martinicus</i> adulto	7	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Pseudupeneus maculatus</i> adulto	5	0	4	0	1	0	0	0	10
<i>Pseudupeneus maculatus</i> juvenil	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Sparisoma radians</i> juvenil	0	0	0	1	1	0	0	0	2
<i>Stegastes fuscus</i> adulto	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total - 16 Espécies	36	0	20	24	18	13	28	2	141

Analisando as interações agonísticas passivas, foram observadas no total 265 associações sofridas por indivíduos do gênero *Haemulon* as quais foram realizadas por 18 espécies de peixes recifais inclusive entre si, pertencentes a 11 famílias (Tabela 4, Figuras no anexo). As espécies com maior número de interações foram: *Stegastes fuscus* adulto (N = 121), *Stegastes fuscus* juvenil (N = 17), *Stegastes variabilis* adulto (N = 12) e *Stegastes variabilis* juvenil (N = 53). As famílias mais representativas foram Pomacentridae (203) e Haemulidae (45).

Tabela 4 – Relação das interações agonísticas passivas das espécies do gênero *Haemulon* observadas nos recifes costeiros de Tamandaré – PE (agrupadas nas categorias: juvenil e adulto).

Espécies	HAE AUR (adulto)	HAE AUR (juvenil)	HAE PAR (adulto)	HAE PAR (juvenil)	HAE PLU (adulto)	HAE PLU (juvenil)	HAE SQU (adulto)	HAE SQU (juvenil)	TOTAL
<i>Acanthurus bahianus</i> adulto	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Alfester afer</i> juvenil	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Epinephelus adscensionis</i> juvenil	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Haemulon aurolineatum</i> adulto	0	0	3	0	0	0	2	0	5
<i>Haemulon aurolineatum</i> juvenil	0	0	0	1	0	0	0	6	7
<i>Haemulon parra</i> adulto	0	0	0	0	0	4	2	0	6
<i>Haemulon parra</i> juvenil	0	0	0	4	0	3	0	0	7
<i>Haemulon plumieri</i> adulto	0	0	0	0	0	6	2	0	8
<i>Haemulon plumieri</i> juvenil	0	0	0	0	0	2	0	1	3
<i>Haemulon squamipinna</i> adulto	0	0	0	0	0	0	6	0	6
<i>Haemulon squamipinna</i> juvenil	0	3	0	0	0	0	0	1	4
<i>Halichoeres poeyi</i> juvenil	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Holocentrus adscensionis</i> adulto	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Labrisomus nuchipinnis</i> adulto	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Lutjanus alexandrei</i> adulto	0	0	0	0	1	3	0	0	4
<i>Lutjanus alexandrei</i> juvenil	0	0	0	0	0	1	1	0	2
<i>Malacoctenus delalandii</i> adulto	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Mulloidichthys martinicus</i> adulto	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Ophioblennius trinitatis</i> adulto	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma axillare</i> juvenil	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Sparisoma radians</i> juvenil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stegastes fuscus</i> adulto	16	6	57	16	8	0	16	2	121
<i>Stegastes fuscus</i> juvenil	0	0	0	3	0	14	0	0	17
<i>Stegastes variabilis</i> adulto	1	0	0	3	0	8	0	0	12
<i>Stegastes variabilis</i> juvenil	0	1	3	19	0	26	0	4	53
Total - 18 espécies	17	10	65	49	9	69	32	14	265

As espécies envolvidas nas interações agonísticas observadas foram agrupadas em três principais guildas tróficas e posteriormente analisadas detalhadamente (Figura 10). As interações agonísticas passivas, as quais foram sofridas por espécies do gênero *Haemulon*, foram em grande maioria (76,2 %) realizadas por herbívoros territorialistas (e.g. *Stegastes fuscus* e *S. variabilis*). Os encontros agonísticos ativos, caracterizados por partir dos haemulídeos, totalizaram 95,5% em relação a predadores de invertebrados (*Pseudupeneus maculatus* e os próprios *Haemulon*). As demais interações foram realizadas com herbívoros vagueadores (e.g. gêneros *Sparisoma* e *Acanthurus*).

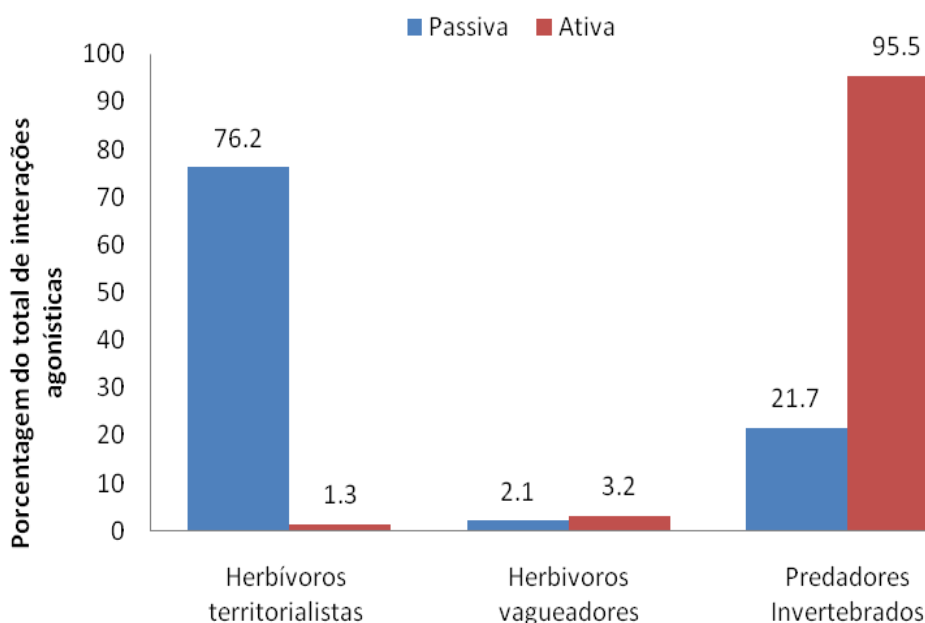


Figura 10 – Porcentagem do total de interações agonísticas (ativas e passivas) com dados agrupados em guildas tróficas.

Foi realizada uma análise relacionando a quantidade de interações agonísticas para as fases de vida (juvenil x adulto) das espécies do gênero *Haemulon* estudadas (Figura 11). Houve diferença significativa para os dados referentes às interações ativas ($p < 0.05$) sendo que os adultos possuíram uma quantidade bem maior de comportamentos agonísticos ativos (72,34 %) em relação aos juvenis (27,65 %). Considerando às interações passivas, os juvenis foram alvo de uma maior quantidade de interações (53,58 %) que os adultos, no entanto não houve significância entre estas categorias ($p > 0.05$).

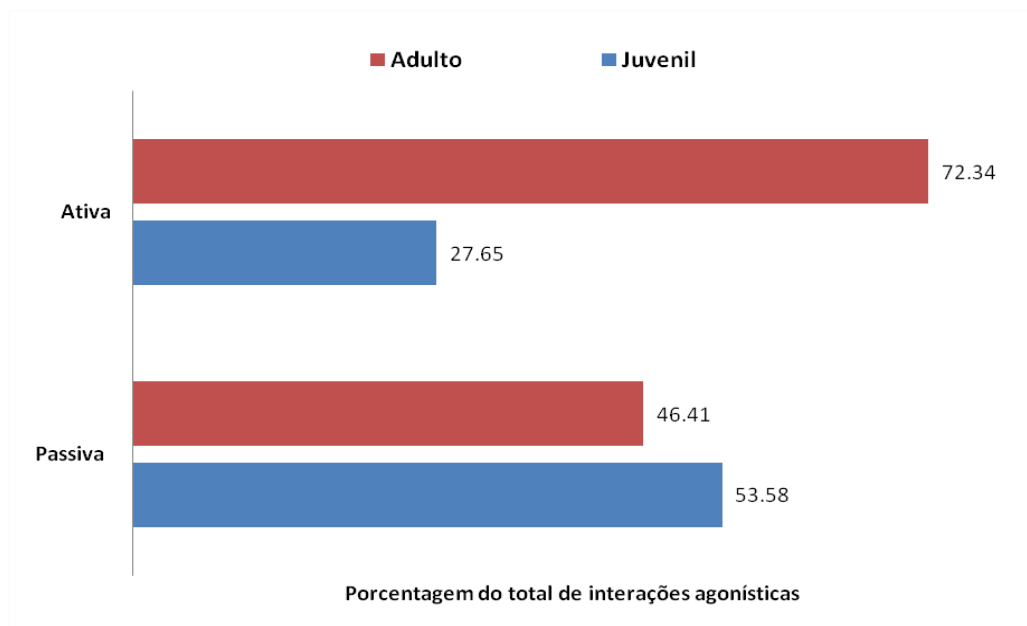


Figura 11 – Porcentagem do total de interações agonísticas (ativas e passivas) para as espécies do gênero *Haemulon* relacionando a fase de vida (juvenil e adulto).

Para as espécies separadamente não houve um padrão claro referente ao número de interações agonísticas passivas e ativas (Figura 12); *Haemulon parra* foi a que apresentou maior número de interações agonísticas (passiva - 28,38 %, ativa - 43,01 %), e *H. aurolineatum* foi à espécie com menor número de interações passivas e *H. squamipinna* a com menor número de interações ativas.

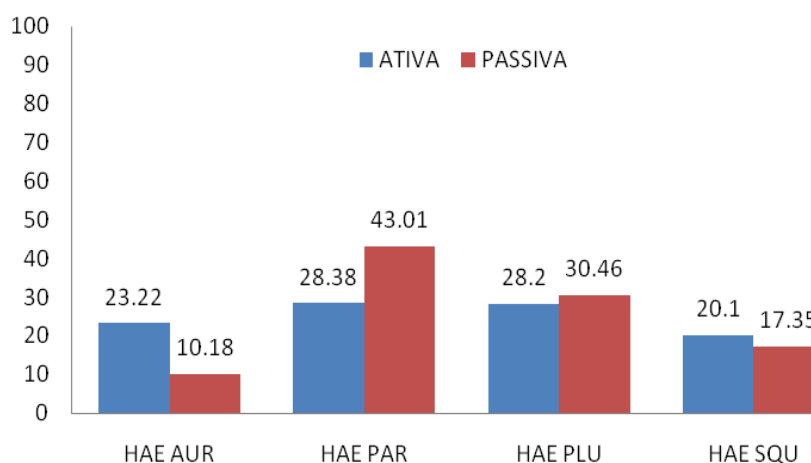


Figura 12 – Porcentagem do total de interações agonísticas (ativas e passivas) para cada uma das espécies do gênero *Haemulon*.

DISCUSSÃO

Comportamento alimentar:

Peixes recifais no estágio de vida juvenil apresentam uma maior atividade e conseqüentes taxas de forrageamento mais elevadas que os adultos como observado no presente estudo, supostamente devido à necessidade de obtenção de maiores níveis energéticos para suprir taxas de crescimento mais elevadas (Hernaman et al., 2009). Tal fato foi evidenciado também para outras espécies do gênero *Haemulon* (Verweij et al., 2006), para o gênero *Lutjanus* (Stark, 1971; Rooker, 1995; Namani and Yamada, 2008), Labrídeos (Gillanders, 1995) e para Mullídeos (Lukoschek and McCormick, 2001). Este padrão pode estar relacionado, também, à possível maior facilidade de captura de itens suspensos na coluna de água em comparação a itens enterrados no substrato, assim as espécies possuiriam uma variação ontogenética na dieta em que os indivíduos juvenis seriam zooplactívoros e os adultos zoobentívoros (McFarland, 1980; Helfman, 1982; Verweij et al., 2006, Capítulo 1 do presente estudo).

O total da porcentagem de forrageamento dos juvenis de *Haemulon* observados foi de quase 80% na coluna de água, condição semelhante aquela observada para os juvenis de *Haemulon flavolineatum* no Caribe (Verweij et al., 2006). Assim, poderia se incluir a fase juvenil destas espécies em uma categoria que se alimente preferencialmente na coluna de água -“Water-column foragers” (Davis and Birdsong, 1973), planctívoros os que se alimentam em locais com boa transparência da água de macro/micro zooplâncton (Ferreira et al., 2004).

As famílias que possuem espécies destacadas como “forrageadoras de coluna de água” são: Gobiidae, Apogonidae, Pomacentridae, Labridae, Haemulidae e Serranidae (Davis & Birdsong, 1973). Características morfológicas comuns são evidentes nas espécies com tal comportamento, como nadadeira caudal tendendo ao formato lunado, maior tamanho do olho em relação à cabeça, dentição mais fina na mandíbula e grande poder de protractibilidade da maxila (Davis & Birdsong, 1973), tais fatores foram analisados para várias espécies do gênero *Haemulon*, sendo *H. striatum* evidenciado como a espécie com maior tendência ao forrageio de copépodos na coluna de água (Davis, 1967). Portanto, sugerem-se estudos posteriores de morfologia / anatomia (ecomorfologia) entre juvenis e adultos das espécies do gênero *Haemulon*, na costa do Brasil, visando relacionar dados de comportamento e dieta para uma melhor compreensão dos padrões de forrageamento.

Considerando o forrageamento dos indivíduos na fase adulta, os mesmos obtiveram um percentual de aproximadamente 70% de forrageio na areia, caracterizando os *Haemulon* do presente estudo na fase adulta como predadores de substrato inconsolidados. Segundo Krajewski (2010) em estudo realizado no arquipélago de Fernando de Noronha *H. parra* e *H. chrysargyreum* são também predadores de substratos moles, os quais realizam 90% de forrageio em fundo de areia e 95% em algas, respectivamente.

Dentre as espécies na fase adulta analisadas neste estudo, *H. aurolineatum* foi a que se alimentou mais especificamente em apenas um tipo de substrato (areia) e em oposição, *H. squamipinna*, foi à espécie mais versátil com divisão entre areia, alga e rocha. Tais variações entre as espécies podem estar relacionadas à busca por itens alimentares específicos presentes em cada tipo de substrato como poliquetas em fundos de areia e invertebrados móveis na matriz de algas (Lukoschek and McCormick, 2001; Capítulo 1 do presente trabalho). No entanto, também podem estar associadas a características evolutivas individuais de cada espécie, como no caso da grande capacidade de percepção de sons para a família Haemulidae (Cahn et al., 1969; Braun and Grande, 2008) com a captação de sons emitidos pelo movimento de invertebrados em substrato inconsolidados (Popper et al., 2003) ou até mesmo variações no formato e tamanho da bexiga natatória que propiciariam diferente movimentação para os peixes (Johnson, 1980).

Diferenças evidentes na frequência das taxas de forrageamento foram encontradas, no presente trabalho, para as espécies do gênero *Haemulon*, formando cardumes ou solitários, sempre com valores mais altos para indivíduos forrageando solitários. Verweij et al., (2006) realizaram observações de comportamento alimentar de *Haemulon flavolineatum* no Caribe, e concluíram que a espécie em questão, quando solitária passa mais tempo procurando por recurso alimentar e possui uma maior frequência alimentar (bites/minute) que quando em cardume, situação em que quase não se alimentavam.

A formação de cardumes para peixes recifais tem destacada função de proteção e/ou mecanismo de anti-predação, em uma postura adotada por várias espécies denominada “*resting schools*”, na qual os indivíduos permanecem próximos ao fundo e com baixa atividade corporal (Hobson, 1965; Ehrlich & Ehrlich, 1972), tal comportamento também foi observado sendo realizado por todas as espécies do gênero *Haemulon* analisadas sendo que os indivíduos adultos permaneciam em cardumes

estáticos em cavernas ou no topo recifal composto pelo zoantídeo *Palythoa caribaeorum*. A realização deste comportamento pode estar relacionada ao fato de que os mesmos realizam competição por substrato quando se alimentam, já que os invertebrados utilizados como recurso alimentar estão dispostos de forma desigual ao longo do substrato (Ogden and Quin, 1984).

O comportamento descrito anteriormente como “*chewing*” (mastigação) foi realizado em grande quantidade (frequência superior a 50%) pelos indivíduos adultos que se alimentam no fundo inconsolidado, e está intimamente relacionado a um processo de seletividade alimentar, no qual o indivíduo expõe parte do material não palatável pela boca, assim como evidenciado por Verweij et al., (2006). Peixes que vivem associados a ambientes recifais apresentam seletividade alimentar evidente, seguindo alguns princípios relacionados à qualidade nutricional, anatomia e comportamento da presa, além da morfologia do predador (Keesing, 1990, Gochfeld, 2004, Pratchett, 2007). No entanto, mesmo após o processo de seletividade realizado na boca (“*Chewing*”), uma quantidade significativa de areia e alga foi encontrada nos conteúdos estomacais de espécies do gênero *Haemulon* (Krajewski, 2010; Capítulo 1 do presente trabalho), itens os quais, normalmente são ingeridos acidentalmente por espécies carnívoras (Cocheret de la Moriniere et al., 2003; Pereira and Jacobucci, 2008).

Comparando as quatro espécies do gênero *Haemulon* analisadas no presente estudo, notou-se uma clara competição por recurso alimentar entre elas, possivelmente por serem simpátricas e desempenhar padrões semelhantes de comportamento e locais de forrageamento. No entanto uma série de diferenças ecológicas podem ser sugeridas para justificar o sucesso de coexistência das mesmas: (1) Possível variação alimentar entre período diurno/noturno de alguma espécie (Burke et al., 1995) já que foi observado que indivíduos de *Haemulon parra* possuem grande atividade durante a noite (observação pessoal); (2) Migrações para ecossistemas adjacentes (manguezais, prados de fanerógamas e fundos de lama - presentes na área de estudo) para alimentação em alguma fase de vida do ciclo das espécies como descrito para vários outros *Haemulon* (Burke et al., 1995; Nagerkerken et al., 2000); e (3) Movimentação de algumas das espécies para áreas mais profundas já que *H. parra* e *H. plumieri* atingem tamanhos maiores (Froese and Pauly, 2010) e não foram encontrados, no presente estudo, exemplares adultos solitários se alimentando nos recifes costeiros. Desta forma, sugere-se que os mesmos se deslocam quando adultos para áreas mais profundas, enquanto *H. aurolineatum* e *H. squamipinna* são espécies de menor porte e mais costeiras.

As análises multivariadas, realizadas no presente estudo, agruparam as categorias observadas de acordo com similaridades no comportamento alimentar e atividade em cada tipo de substrato. Observou-se assim, que a similaridade não ocorre entre as categorias para a mesma espécie, (nenhuma espécie teve suas categorias agrupadas por similaridade), os agrupamentos foram realizados de acordo com similaridades com fase de vida e ou processo de formação de cardume das quatro diferentes espécies. Segundo Eggold and Motta (1992), as diferenças no comportamento alimentar e dieta de peixes recifais podem ser maiores entre que diferentes fases de vida de uma espécie devido às grandes variações ontogenéticas do que em relação a outras espécies com hábito semelhante.

Interações agonísticas:

A ocorrência de interações agonísticas entre peixes recifais, normalmente, é um processo decorrente de competição por recursos limitantes como abrigo e alimento (Grossman, 1980; Sale 1980). No entanto, a agressividade das espécies não está apenas relacionada a fatores de competição (Jones, 1984), já que outras características como a própria biologia da espécie e variações ontogenéticas podem ditar a relação das mesmas com a comunidade local.

Algumas espécies realizam uma maior quantidade de interações agonísticas quando juvenis, em comparação a fase adulta (Leum & Choat, 1980). No entanto, a maioria dos trabalhos mostra que o número de interações agonísticas - agressividade das espécies - tende a aumentar com o crescimento dos indivíduos, fato já observado para as famílias Pomacentridae (Menegatti et al., 2003), Labridae (Jones, 1984) e Haemulidae (McFarland & Hillis, 1982), e também foi registrado no presente estudo com 72% dos comportamentos agonísticos sendo realizados por indivíduos adultos e apenas 28% sendo realizado por juvenis. Possivelmente para indivíduos do gênero *Haemulon* tal fato está relacionado ao aumento do tamanho do corpo e também ao fato dos adultos serem mais solitários (McFarland & Hillis, 1982). No entanto, para espécies territorialistas este aumento está diretamente associado à ampliação do território defendido por adultos (Medeiros et al., 2010).

Espécies do gênero *Stegastes*, herbívoros territorialistas, foram às espécies que realizaram o maior número de interações agonísticas contra indivíduos do gênero *Haemulon*, representando 76 % do total. Sendo que *Stegastes fuscus* realizou o dobro de comportamentos agonísticos que *Stegastes variabilis*, fato que pode confirmar a teoria,

ainda não muito clara, que *S. fuscus* seja mais agressivo que *S. variabilis* (Medeiros et al., 2010). No entanto, também pode estar apenas relacionado à maior abundância e tamanho de *S. fuscus* no ambiente recifal estudado já que o mesmo possui o dobro da abundância de *S. variabilis* (Schwamborn and Ferreira, 2002) e também maior tamanho (Pacheco, 2008).

Os encontros agonísticos destas espécies ocorrem devido a duas condições distintas: 1) Os adultos de *Stegastes* expulsam os indivíduos do gênero *Haemulon* apenas por uma competição por território e segregação de habitat uma vez que haemulídeos não utilizam as algas dos territórios como recurso alimentar; 2) Em relação aos juvenis haveria uma possível competição por recurso alimentar com os *Haemulon* também juvenis. Alguns trabalhos (Letourneur et al. 1997; Feitosa et al., 2011 in prep.) observaram alta frequência de ocorrência de invertebrados em conteúdos estomacais de *Stegastes* juvenis, demonstrando que os mesmo podem se alimentar de invertebrados associados as algas, assim como juvenis de *H. parra* e *H. plumieri* que foram observados alimentando-se com frequência em algas e também os que receberam maior quantidade de ataques. Corroborando a idéia da competição por recurso alimentar, Medeiros et al., (2010) observou também uma grande quantidade de ataques agonísticos de *S. variabilis* à predadores de invertebrados, com destaque para *H. parra*.

As interações agonísticas ativas realizadas pelos indivíduos do gênero *Haemulon* ocorreram quase na totalidade (95%) relacionadas a espécies predadoras de invertebrados bentônicos (e.g famílias Mullidae e Gerreidae) ou aos próprios *Haemulon*. A guilda trófica formada por predadores de invertebrados é a que possui a maior abundância relativa de indivíduos nos recifes costeiros de Tamandaré (Ferreira et al., 2004). O fato das espécies demonstrarem maior agressividade com indivíduos que possuem hábito alimentar semelhantes confirma a hipótese de que as interações agonísticas entre peixes recifais podem estar relacionadas à competição por recurso alimentar (Ross, 1986), já que o mesmo é tido como o principal recurso disputado por peixes (Zaret and Rand, 1971; Mittelbach, 1984).

Portanto, segundo Helfman (1999) surge, atualmente, uma importante discussão de como as pesquisas que envolvem observações de comportamento de peixes podem ser aplicadas diretamente para conservação dos mesmos, já que para outras áreas trabalhos de comportamento e biologia da conservação estão associados a bastante tempo (Reed and Dobson, 1993). O real valor dos estudos de comportamento para conservação em ecossistemas marinhos ainda não foi bem reconhecido, fato evidente já

que quase nenhum artigo publicado em jornais que abordam estudos de comportamento possui alguma ênfase em conservação e em contrapartida poucos periódicos de conservação publicam artigos de comportamento (Helfman, 1999). No entanto, sabe-se que o conhecimento do comportamento dos peixes (comportamento reprodutivo, interação das espécies com habitats e relação presa-predador) é crucial para determinar áreas e espécies chave para a conservação (Clemmons and Bucholz, 1997; Caro, 1998).

Neste sentido, surge a linha de estudos denominada “*Ethoconservation*” – Etoconservação, a qual associa estudos etológicos (com observações de comportamento) e pesquisas de conservação. Vários trabalhos demonstraram a importância do estudo do comportamento de peixes recifais para a criação de reservas marinhas: Kramer and Chapman (1999) utilizaram observações de área de vida de peixes recifais para sugerir uso e função de áreas marinhas protegidas; Wolff et al., (1999) demonstrou que a análise de migrações diárias dos peixes possui relação crucial com o local de criação das reservas marinhas, e conseqüente a proteção dos recursos pesqueiros, além disso, Beets & Friedlander (1999) observando o tempo e o local das agregações reprodutivas de garoupas realizaram estudos visando a conservação de uma espécie ameaçada.

Fica claro, portanto a necessidade de estudos que integrem ecologia comportamental e áreas marinhas protegidas no litoral brasileiro já que sabe-se que apenas 1,5% do total da área costeira do país está sob algum grau de proteção através do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (MMA, 2010). Conseqüentemente, para a criação de unidades de conservação que sejam realmente eficientes é necessário que as mesmas estejam embasadas em fortes informações a respeito da ecologia e biologia das espécies, para isso é fundamental o incentivo e a divulgação de trabalhos de comportamento animal que visem um fim conservacionista.

Referências Bibliográficas

- Abdulla, A. 2004. Predator-prey interactions in coral reef fish: the implications of predation risk on the behaviour and growth of prey. PhD thesis, James Cook University.
- Abrams, P. A. 1990. The effects of adaptive behavior on the type-2 functional response. *Ecology*, 71, 877-885.
- Abrams, P. A. 1991. Life history and the relationship between food availability and foraging effort. *Ecology*, 72, 1242-1252.
- Altmann, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour*, 49:227-265.
- Ayres, M., Ayres, M.J.R., Ayres, D.L. & Santos, A.A.S. 2003. BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas de Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- Beets J, Friedlander A. 1999. Evaluation of a conservation strategy: a spawning aggregation closure for red hind, *Epinephelus guttatus*, in the U.S. Virgin Islands. *Env Biol Fishes* 55: 91-98.
- Braun, C.B. and Grande, T. 2008. Evolution of peripheral mechanisms for the enhancement of sound reception. In *Springer Handbook of Auditory Research: Fish Bioacoustics* (A.N. Popper, R.R. Fay, and J.L. Webb, eds.). Springer-Verlag, N.Y. 99-144.
- Brown, G.E, D.L. Gershaneck, D.L. Plata & J.L. Golub. 2002. Ontogenetic changes in response to heterospecific alarm cues by juvenile bass are phenotypically plastic. *Behaviour* 139: 913-927.
- Burke, N. C. 1995. Nocturnal foraging habitats of French and bluestriped grunts, *Haemulon flavolineatum* and *H. sciurus*, at Tobacco Caye, Belize. *Environ. Biol. Fishes*, 42(4):365-374.
- Caro, T.M. (ed.) 1998. Behavioral ecology and conservation biology. Oxford University Press, Oxford. 608 pp.
- Clemmons, J.R. & R. Buchholz (ed.) 1997. Behavioral approaches to conservation in the wild. Cambridge University Press, Cambridge. 375 pp.
- Dahlgren C. P. & Eggleston, D. B. 2000. Ecological processes underlying ontogenetic habitats shifts in a coral reef fish. *Ecology*, 81: 2227:2240.

Draud, M. J. & Itzkowitz, M. 1995. Interspecific aggression between juveniles of two Caribbean Damselfish species (Genus *Stegastus*). *Copeia* 1995, 431–435.

Eggold B.T. and P.J. Motta. 1992. Ontogenetic dietary shifts and morphological correlates in striped mullet, *Mugil cephalus*. *Environmental Biology of Fishes*. 34:139-158.

Ferreira, B. P.; Cava, F.; Maida, M. 2001. Composição da Pescaria Recifal Observada na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Tamandaré - PE - Brasil. In: Congresso Latino Americano de Ciências do Mar, COLACMAR, San Andrés, Colômbia, 1: 234-237.

Ferreira CEL, Floeter SR, Gasparine JL, Joyeux JC AND Ferreira BP. 2004. Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. *J Bio-geogr* 31: 1093–1106.

Fulton, C.J. & D.R. Bellwood. 2002. Ontogenetic habitat use in labrid fishes: an ecomorphological perspective. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 266: 135–142.

Gerking, S. D. 1994. Feeding ecology of fishes, Academic Press. INC, London.

Gillanders, B.M. 1995. Feeding ecology of the temperate marine fish *Achoerodus viridis* (Labridae): size, seasonal and site-specific differences. *Mar Freshwater Res* **46**, pp. 1009–1020.

Grossman, G. D. 1980. Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the bay goby (Pisces: Gobiidae). *Oecologia* 47:233-238.

Helfman, G.S. 1999. Behavior and fish conservation: introduction, motivation, and overview. *Environ. Biol. Fishes* 55, 7–12.

Jones, G. P. 1984. Population ecology of the temperate reef fish *Pseudolabrus celidotus* Bloch & Schneider (Pisces: Labridae). II. Factors influencing adult density. *J. Exp. Mar Biol. Ecol* 75. 277-303.

Jones GP, Ferrell DJ and Sale PF. 1991. Fish predation and its impact on the invertebrates of coral reefs and adjacent sediments. In: SALE PF (Ed), *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, San Diego, p. 156–179.

Jones, G.P. & McCormick M.I. 2002. Numerical and energetic processes in the ecology of coral reef fishes. In: Sale, P. (Ed.), *Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. Academic Press. London, pp. 221-238.

Krajewski, JP. 2010. Influência da composição de substrato do recife na atividade e distribuição de peixes zoobentívoros no arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco". Tese de Doutorado. 1148 pg.

Krajewski, JP., RM. Bonaldo, C. Sazima & I. Sazima. 2006. Foraging activity and behaviour of two goatfish species (Perciformes: Mullidae) at Fernando de Noronha Archipelago, tropical West Atlantic. *Environmental Biology of Fishes*. 77:1-8.

Kramer, D.L. and M.R. Chapman. 1999. Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Env. Biol. Fish.* 55:65-79.

Lehner, P. 1979. Handbook of ethological methods. S.T.P.M. Press, Garland, New York.

Leum, I.L. and Choat, J. H. 1980. Density and distribution patterns of the temperate marine fish *Cheilodactylus spectabilis* (Cheilodactylidae) in a reef environment. *Marine Biology*, 57, 327-337.

Letourneur Y, Galzin R, Harmelin-Vivien M. 1997. Temporal changes in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans* (Lacepède) on a Réunion fringing reef. *J Exp Mar Biol Ecol* 217:1–18

Lima, S. L. and L. M. Dill. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Can. J. Zool.* 68:619-640.

Lindeman, K.C., Toxey, C., 2002. Haemulidae. In: Carpenter, K.E. (Ed.), *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 1522–1550

Luczkovich, JJ, Norton, SF & RG Gilmore, Jr. 1995. The influence of oral anatomy on prey selection during the ontogeny of two percoid fishes, *Lagodon rhomboides* and *Centropomus undecimalis*. *Environ. Biol. Fish.* 44: 79-95.

Lukoschek V, McCormick MI. 2001. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. *Marine Biology* 138:1099-1113.

Magnhagen, C. 1988. Changes in foraging as a response to predation risk in two gobiid fish species. *Pomatoschistus minutus* and *Gobius niger*. *Marine Ecology Progress Series*, 49: 21-26.

Maida, M.; Ferreira, B. 1997. Coral Reefs of Brazil: an overview and field guide. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 1: 263-274, 1997.

McCormick M.I. 1995. Fish feeding on mobile benthic invertebrates: influence of spatial variability in habitat associations. *Marine Biology*. 121: 627-637.

McFarland & Wahl, 1996 W.N. McFarland and C.M. Wahl, Visual constraints on migration behavior of juvenile French grunts, *Environ. Biol. Fish.* 46 (1996), pp. 109–122.

McFarland, W.N. & Z .M . Hillis. 1982. Observations on agonistic behavior between members of juvenile French and white grunts - Family Haemulidae . *Bull. Mar . Sci .* . 32: 255-268.

McFarland, W.N., J .C . Ogden & J .N . Lythgoe. 1979 . The influence of light on the twilight migrations of grunts . *Env. Biol . Fish .* 4: 9-22 .

Medeiros, P. R., A. T. Souza and M. I. Ilarri. 2010. Habitat use and behavioural ecology of the juveniles of two sympatric damselfishes (Actinopterygii: Pomacentridae) in the south-western Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology* 77(7): 1599–1615.

Menegatti, J. V.; Vescovi, D. L.; Floeter, S. R. 2003. Interações agonísticas e forrageamento do peixe-donzela, *Stegastes fuscus* (Peciformes: Pomacentridae). *Natureza on line* 1(2): 45–50pp.

Mittelbach, G. G. 1984. Predation and resource partitioning in two sunfishes (Centrarchidae). *Ecology* 65: 499-513.

MMA. 2010. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Brasília: MMA/SBF/GBA, 148 p.

Ogden, J. C. & Ehrlich, P. R. 1977. The behaviour of heterotypic resting schools of juvenile grunts (Pomadasydae). *Mar. Biol*, 42(3):273-280.

Osório, R. M., Rosa, I. L. & Cabral, H. 2006. Territorial defense by the Brazilian damsel *Stegastes fuscus* (Teleostei: Pomacentridae). *Journal of Fish Biology* **69**, 233–242.

Pacheco, A. C. Partilha de hábitat entre espécies peixes territorialistas nos recifes de Tamandaré. Recife, 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco.

Reed, J.M. & A.P. Dobson. 1993. Behavioural constraints and conservation biology: conspecific attraction and recruitment. *Trends Ecol. Evol.* 8: 253–256

Robertson, D. R., Polunin, N. V. C. & Leighton, K. 1976. Schooling as a mechanism for circumventing the territoriality of competitors. *Ecology* 57, 1208–1220.

Ross, S.T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia* 1986: 352-388.

Schmitt R.J, Holbrook S.J. 1984. Gape-limitation, foraging tactics and prey size selectivity of two microcarnivorous species of fish. *Oecologia* 63:6-12.

Schwamborn, S. H.; Ferreira, B. P. 2002. Age Structure and Growth of the Dusky Damselfish, *Stegastes fuscus*, From Tamandaré Reefs, Pernambuco, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 63(1): 79-88.

Verweij, M.C., Nagelkerken I., S.L.J. Wartenbergh, I.R. Pen and G. van der Velde. 2006. Caribbean mangroves and seagrass beds as daytime feeding habitats for juvenile French grunts, *Haemulon flavolineatum*, *Mar. Biol.* 149: 1291–1299.

Wainwright, P. C., D. R. Bellwood and M. W. Westneat. 2002. Ecomorphology of locomotion in labrid fishes. *Environmental Biology of Fishes* 65:47-62.

Ward, J. F., Austin, R. M. and Macdonald, D. W. 2002. A simulation model of foraging behaviour and the effect of predation risk. *Journal of Animal Ecology*, 69, 16-30.

Werner, E. E., and B. R. Anholt. 1993. Ecological consequences of the trade-off between growth and mortality rates mediated by foraging activity. *The American Naturalist*, 142:242-272.

Wolff N, Grober-Dunsmore R, Rogers C, Beets J. 1999. Management implications of fish trap effectiveness in adjacent coral reef and gorgonian habitats. *Env Biol Fishes* 55: 81-90.

Zar, 1999. *Biostatistical Analysis*. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Zaret, T. M. & Rand, A. S. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52(2): 336-342.

ANEXO DE FOTOS - Fotos - Pereira, P.H.C



Figura 1 – Indivíduos de *Haemulon parra* juvenis forrageando na coluna de água nos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco.



Figura 2 – Indivíduos das espécies *Haemulon aurolineatum* e *Haemulon squamipinna* forrageando na coluna de água nos recifes costeiros de Tamandaré – Pernambuco.



Figura 3 - “Resting schools” ou cardumes de descanso formado por espécies de *Haemulon aurolineatum* próximo a uma caverna nos recifes costeiros de Tamandaré - PE.



Figura 4 - “Resting schools” ou cardumes de descanso formado por todas as espécies do gênero *Haemulon* analisadas no presente estudo nos recifes costeiros de Tamandaré - PE.

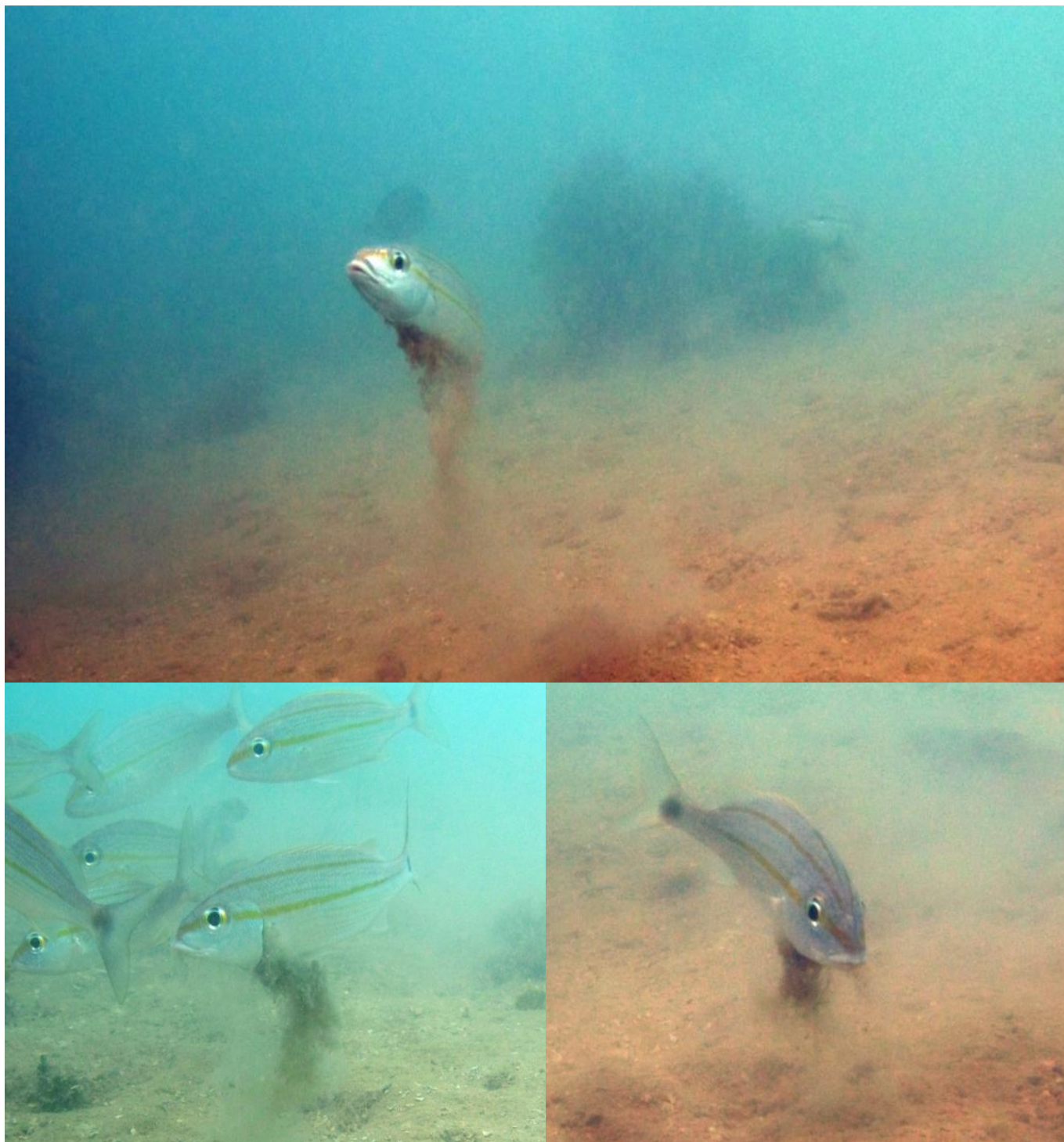


Figura 5 - Indivíduos adultos de *Haemulon aurolineatum* realizando comportamento de seleção de partículas do substrato pela boca e rastros branquiais -“Chewing” nos recifes costeiros de Tamandaré - PE.



Figura 6 - Interação agonística ativa sendo realizada por um indivíduo adulto de *Haemulon squamipinna* em relação a um *H. plumieri* também adulto nos recifes costeiros de Tamandaré - PE.



Figura 7 - Interação agonística ativa sendo realizada por um indivíduo adulto de *Haemulon squamipinna* em relação a um *H. plumieri* também adulto nos recifes costeiros de Tamandaré - PE.



Figura 7 - Resultado de uma interação agonística passiva entre um indivíduo de *Haemulon squamipinna* adulto e um *Stegastes fuscus* também adulto nos recifes costeiros de Tamandaré - PE.



Capítulo 3

Mixed-species schooling behavior
(heterotypic schooling) involving coral reef
fish of the genus *Haemulon*.

Paper Submetido para a revista Neotropical Ichthyology

**Mixed-species schooling behavior (heterotypic schooling)
involving coral reef fish of the genus *Haemulon***

Pedro Henrique Cipresso Pereira*, João Lucas Leão Feitosa* and Beatrice Padovani Ferreira*

* Departamento de Oceanografia, CTG, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Av. Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Recife, PE, 50670-901, Brazil.

Corresponding author: +55(81) – 86429046 / pedrohcp2@yahoo.com.br

The present study analyzed heterotypic schooling behavior, protective (social) mimicry relationships, and foraging facilitation associations involving species of the genus *Haemulon* and others coral reef fishes on coastal reefs at Tamandaré, Pernambuco State, northeastern Brazil. The work was performed using underwater visual techniques including 40 hours of direct observation following the "ad libitum" and "focal animal" methods, the observed events involved 15 species of reef fish belonging to eight different families. The phenomenon of mixed schooling appeared to be related to the large number of individuals of the genus *Haemulon* present in reef environments and to the tendency of individuals with limited populations to maintain schools (e.g. genus *Scarus*).

O presente estudo analisou o comportamento de formação de cardumes mistos, mimetismo social (protetivo) e associação de facilitação de forrageamento envolvendo espécies do gênero *Haemulon* e demais peixes recifais nos recifes costeiros de Tamandaré, estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. O trabalho foi realizado utilizando observações subaquáticas e incluiu 40 horas de observação direta utilizando os métodos "ad libitum" e "focal animal" durante as quais foram registradas associações com 15 espécies pertencentes a oito diferentes famílias. Os fenômenos registrados possivelmente estão ligados a grande quantidade de indivíduos do gênero *Haemulon* presentes nos ecossistemas recifais e também a tendência de indivíduos com reduzidas populações a permanecerem em cardumes (e.g. gênero *Scarus*).

Key words: Grunts, protective/social mimicry, foraging facilitation, western Atlantic

Introduction

The aggregation of individuals is a biological phenomenon observed from the lowest life forms (bacteria) to the largest organisms (whales), and involves virtually all taxa, habitats, trophic levels, life history strategies, and many other biological characteristics (Parrish & Edelstein-Keshet, 1999; Camazine *et al.*, 2001).

Heterotypic schooling behavior in fish typically occurs as protection against predators by aggregating large numbers of individuals with similar body shapes and colorations (Ehrlich & Ehrlich, 1973; Krajewski *et al.*, 2004). Clustering can also occur in situations where a single species is not abundant enough to maintain a school and different species group together (Ogden & Ehrlich, 1977).

The Haemulidae family (grunts) comprises seventeen genera and about 145 species distributed throughout the world, occurring mainly in marine and estuarine environments (Lindeman & Toxey, 2002; Nelson, 2006). The genus *Haemulon* is represented by fifteen species distributed along the Western Atlantic and Eastern Pacific coasts, with one species being found in both regions (Rocha & Rosa, 1999). This genus numerically dominates shallow reef communities and represents an excellent group for ecological studies due to its very diverse ecomorphology, great abundance, and ecological and economic importance (Lindeman & Toxey, 2002; Rocha *et al.*, 2008).

Mimicry behavior, where one species evolves to closely resemble another, has arisen many times throughout the plant and animal kingdoms (Malcolm, 1990; Moland *et al.*, 2005). This phenomenon has been described for a wide range of reef fish species and seems to be most prevalent in the Blenniidae, Serranidae and Apogonidae families, with members mainly mimicking species of the families Pomacentridae, Labridae and Blenniidae (Moland *et al.*, 2005) and is apparently more commonly expressed during

the juvenile phases of these species; most mature individuals change their appearances and thus lose their mimicking characteristics as adults (Snyder, 2001; Randall, 2005).

Four main types of mimicry have been classified in the literature. *Batesian mimicry* is characterized by a harmless palatable species mimicking an unpalatable or poisonous species in order to avoid predators (e.g. Sazima, 2002a). *Müllerian mimicry* is characterized by two unpalatable species that have similar color patterns and thus mutually strengthen their protection against predators. *Aggressive mimicry* (also called *Peckhamian mimicry*) occurs when a predator species resembles a harmless or beneficial species and thus achieves more foraging opportunities by deceiving its prey (e.g. Sazima, 2002b; Moland & Jones, 2004). *Social mimicry* or *Protective mimicry* occurs when one species mimics another of similar color or shape in order to distract the attention of its predators (Dafni & Diamant, 1984; Randall, 2005).

This study examined heterospecific schooling behaviors involving species of the genus *Haemulon* and other reef fish and describes other behaviors (such as protective mimicry and foraging facilitation) involving these species.

Materials and Methods

The reef complex studied is within the limits of the “Costa dos Corais” Marine Protection Area (MPA) that encompasses 135 km of coastline in Pernambuco State in Northeastern Brazil. The Costa dos Corais - MPA was the first Brazilian federal conservation area that included coastal reefs and is the largest MPA in the country, encompassing an area of approximately 413,563 hectares (Maida & Ferreira, 1997; Ferreira *et al.*, 2001).

Observations were made while snorkeling in shallow waters of the MPA or while using SCUBA diving techniques in deeper areas between November 2009 and April 2010, from the early morning (8:00 am) until late afternoon (5:00 pm). The study involved a total of 40 hours of observations focusing on *Haemulon* spp. schools and using the focal animal method (Altmann, 1974).

During the observation sessions we recorded which species and families formed mixed schools and the numbers of times they interacted with *Haemulon*. The life stages of the species, their trophic categories (according to Ferreira *et al.*, 2004), and their behavior during shoal formation were considered. Associations involving all four species of the genus *Haemulon* were noted: *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon parra*, *Haemulon plumieri* and *Haemulon squamipinna*.

Results and Discussion

A total of 15 species of reef fish belonging to eight different families were observed performing schooling behaviors with *Haemulon* spp. on 109 occasions (Table 1 and 2). The most sighted species during these interactions were: *Lutjanus alexandrei* (N = 20), *Pseudupeneus maculatus* (N = 19), *Anisotremus virginicus* (N = 13), *Sparisoma radians* (N = 10), and *Mulloidichthys martinicus* (N = 10). The most representative trophic guilds were mobile invertebrate feeders (N = 7), followed by carnivores and roving herbivores (N = 4 each).

Different patterns of schooling behavior were observed involving these species as well as multiple uses of the school by other species. These uses encompassed simple interactions of mixed schooling (e.g. *Scarus zelindae*) (Fig. 1), relationships of

protective mimicry or social mimicry (e.g. *Mulloidichthys martinicus*) (Fig. 2), and foraging facilitation behavior (e.g. *Sparisoma radians*) (Fig. 3).

Mixed schooling (heterotypic schooling) events have been observed among species of the genus *Haemulon* in the Caribbean, represented primarily by *Haemulon flavolineatum* and *H. plumieri* (Ehrlich & Ehrlich, 1973; Ogden & Ehrlich, 1977). *Haemulon aurolineatum* primarily composed the mixed-species schools observed in the present study (observed in more than 70% of interactions). Mixed but exclusively herbivorous species schools have also been observed, composed mostly of individuals of families Scaridae and Acanthuridae (Reinthal & Lewis, 1986; Lawson *et al.*, 1999; Morgan & Kramer, 2004). Among the invertebrates, mixed schooling has been documented involving species of *Haemulon* and squid, and of *Haemulon aurolineatum* and *H. stendachneri* in their juvenile phases in association with *Sepioteuthis sepioidea* (Anchieta-Nunes *et al.*, 2007).

The formation of mixed schools is directly related to the necessity of maintaining schools with individuals of the same size class. If a single species does not have the abundance necessary to satisfy this condition, they often enter into schools of other species (Ogden & Ehrlich, 1977). This situation explains the significant presence of other species in *H. aurolineatum* schools, as this was one of the most abundant species in the study area (authors' personal observations). Another theory claims, however, that this process involves relationships of co-evolution between species involved in the school (Ehrlich & Ehrlich, 1973).

In the present study, the necessity for joining an existing school was observed with the herbivores *Scarus zelindae* and *S. trispinosus*. In spite of the obvious discrepancies of morphological characteristics with *Haemulon* spp., they were still

found aggregated in mixed schools. Parrotfish, for example, have been targeted by spear and line fishing for many years, resulting in evident decreases in their populations (Ferreira & Gonçalves, 1999; Mumby, 2006). In addition, *Scarus trispinosus* is an endemic specie from the Brazilian coast, which has a population decline in several localities, with a reduction of up to 50% in the last 20 or 30 years (Francini-Filho & Moura, 2008), and was recently included on the IUCN red list as Endangered (Ferreira *et al.*, 2008).

Lutjanus alexandrei, *Mulloidichthys martinicus*, *Sparisoma axillare* and *Harengula clupeiola* were observed displaying protective mimicry behaviors (Table 2). On these occasions, individuals of these species approached and mixed with schools of other species in order to camouflage themselves, thereby obtaining protection from the large numbers of surrounding fish through the visual confusion of their predators (Fig. 2). In cases of agonistic interactions or attacks by predators, these species rapidly approached a school of *Haemulon* spp. and adopted similar stances, thus mixing with the main species forming the school.

The term "social mimicry" was used by Randall and McCosker (1993) in order to replace the older term "school-oriented mimicry" originally coined for birds and then adopted for fish by Dafni and Diamant (1984). Moland *et al.* (2005) presented an extensive review of mimicry and observed that 60 reef fish species belonging to 16 families mimicked other species. Randall (2005) also provided many examples involving reef fish and mixed schooling as social relationships involving mimicry.

The clupeid *Harengula clupeiola* was observed hiding within schools of *Haemulon parra* and *Haemulon aurolineatum* juveniles on five occasions (Table 2, Fig. 2). These juvenile herrings (~5 cm TL) joined them by taking positions similar to the

grunts, usually in the middle or in the front portion of the school. As *H. clupeiola* feeds mainly on copepods, crustacean larvae, and diatoms (Ortiz *et al.*, 1996; Chaves & Vendel, 2008), they demonstrated great diet similarities with the plankton feeding *Haemulon* juveniles (Estrada, 1986; Pereira, PHC personal observation); the herrings can therefore form mixed schools with them and still forage in the water column, gaining numeric advantages against their predators.

Krajewski *et al.* (2004) studied protective mimicry involving *Haemulon aurolineatum*, *H. squamipinna* and the goatfish *Mulloidichthys martinicus* and suggested that the observed interactions might occur among other species of the genus *Haemulon* that also show stripes. These authors also reported this same type of behavior with *Lutjanus alexandrei* (which shares social characteristics with *Haemulon* spp.). This goatfish was also sighted in association with *Haemulon flavolineatum* and *H. plumieri* near the Virgin Islands in the Caribbean (Ogden & Ehrlich, 1977).

Mimicry mechanisms are mainly controlled by patterns of color and body shape (Zabka & Tembrock, 1986; Cheney & Marshall, 2009). However, the exact roles that these patterns play in these interactions are still uncertain, as the colors as seen by humans will surely differ from those seen by other fish. To further complicate things, this perception changes among different fish species (Marshall, 2000).

Juvenile *Sparisoma radians* were observed in associations involving foraging facilitation with *Haemulon parra* on ten occasions (Table 2). The parrotfish took advantage of the proximity of the grunt schools to actively feed on algae banks and avoid being chased by *Stegastes fuscus*, an aggressive and territorialist damselfish that is very common in the study area (Ferreira *et al.*, 2004). The large numbers of individuals in the school offered protection to these species and they could gain access

to the well-guarded territories of the damselfish. This behavior was observed on subsequent occasions, and if the parrotfish were agonistically persecuted they swam toward the *Haemulon parra* school and clustered with them (Figure 3B). Mixed schooling involving herbivorous fish is a well known ruse to avoid territoriality (Robertson *et al.*, 1976) and thereby increase foraging success by attaining higher feeding rates (Robertson *et al.*, 1976; Lawson *et al.*, 1999; Morgan & Kramer, 2004). Following this line, the present study represents the first recorded case of the use of a school of the genus *Haemulon* by herbivores to avoid agonistic interactions with territorial species and increase their foraging success.

We know that species of the genus *Haemulon* are mobile invertebrate feeders (Ferreira *et al.*, 2004) that do not share food items with *Sparisoma* species - thus the stimulus for joining into heterospecific schools is not diet-related. It does appear to be motivated by the reduced abundance of herbivores in the area - making the grunts a prime choice for forming mixed schools as they are the most numerous groups in the Atlantic and will therefore attract individuals from various species and life stages that benefit from the protection afforded by grouping together in heterotypic schools.

Mixed schools with more than one species of the genus *Haemulon* (of both adults and juveniles) were observed in the majority (more than 80%) of the observation sessions. The species of the genus *Haemulon* observed in the present study have very similar color patterns, markings, and body shapes, especially in their juvenile phases (Lindeman & Toxey, 2002) which strongly encourages the formation of mixed shoals with other reef fish.

Acknowledgements

We would like to thank Jonas Rodrigues Leite for reviewing and improving the manuscript; Diego Valverde Medeiros for their help with the fieldwork and CAPES for financial support.

Literature Cited

Altmann, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour*, 49: 227-265.

Anchieta-Nunes, J. C. C. N., L. C. T. Chaves, R. Maia-Nogueira & C. L. S. Sampaio. 2007. Association between juvenile reef fish and the Caribbean reef squid *Sepioteuthis sepioidea* on north-eastern Brazilian coastal reefs. *Journal of the Marine Biological Association - JMBA2 - Biodiversity Records*. 87: 761-762

Camazine, S, J. L. Deneubourg, N.R. Franks, J. Sneyd, G. Theraulaz, & E. Bonabeau. 2003. *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton University Press. 538 pp

Cheney, K. L. & N. J. Marshall. 2009. Mimicry in coral reef fish: How accurate is this deception in terms of color and luminance? *Behaviour ecology*, 20: 459–468.

Chaves, P. T. & A. L. Vendel. 2008. Análise comparativa da alimentação de peixes (Teleostei) entre ambientes de marisma e de manguezal num estuário do sul do Brasil (Baía de Guaratuba, Paraná). *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(1): 10–15.

Dafni, J & A. Diamant. 1984. School-oriented mimicry, a new type of mimicry in fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 20: 45-50.

Ehrlich, P. R. & A. H. Ehrlich. 1973. Coevolution: Heterotypic schooling in Caribbean reef fishes. *American Naturalist*, 107: 157-160.

Estrada, R. M. 1986. Hábitos alimentarios de los peces del genero *Haemulon* (Piscis: Haemulidae) de los arrecifes de La región de Santa Marta, Colombia. *Anais Instituto de Investigación Marina*, 15(16): 49-66.

Ferreira, B. P., F. Cava & M. Maida. 2001. Composição da Pescaria Recifal Observada na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Tamandaré - PE - Brasil. In: Congresso Latino Americano de Ciências do Mar, COLACMAR, San Andrés, Colômbia, 1: 234-237.

Ferreira, B.P., S. R. Floeter, L. A. Rocha, C. E. L. Ferreira, R. Francini-Filho, R. Moura L. Gaspar & C. Feitosa. 2008. *Scarus trispinosus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 18 January 2011.

Ferreira, C. E. L. & J. E. A. Gonçalves. 1999. The unique Abrolhos reef formation (Brazil): need for specific management strategies. *Coral Reefs*, 18: 352.

Ferreira, C. E. L., S. R. Floeter, J. L. Gasparini, J. C. Joyeux & B. P. Ferreira. 2004. Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. *Journal of Biogeography*, 31: 1093–1106

Francini-Filho, R. B. & R. L. Moura. 2008. Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18: 1166-1179.

Krajewski J. P., R. M. Bonaldo, C. Sazima & I. Sazima. 2004. The association of the goatfish *Mulloidichthys martinicus* with the grunt *Haemulon chrysargyreum*: an example of protective mimicry. *Biota Neotropica*, 4(2): 1–4.

Lawson, G. L., D. L. Kramer & W. Hunte. 1999. Size-related habitat use and schooling behavior in two species of surgeonfish (*Acanthurus bahianus* and *A. coeruleus*) on a fringing reef in Barbados, West Indies. *Environmental Biology of Fishes*, 54: 19-33.

Lindeman, K. C. & C. Toxey. 2002. Haemulidae. In: Carpenter, K.E. (Ed.), *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 1522–1550

Maida M. & B. P. Ferreira. 1997. Coral Reefs of Brazil: an overview and field guide. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*. 1: 263-274.

Malcolm, S. B. 1990. Mimicry: status of a classical evolutionary paradigm. *Trends in Ecology and Evolution*, 5: 57–62.

Marshall, N.J. 2000. The visual ecology of reef fish colors. In: Espmark Y, Amundsen Y, Rosenqvist G, editors. *Animal signals: signalling and signal design in animal communication*. Trondheim (Norway): Tapir Academic Press. p. 83–120.

Moland, E & G. P. Jones. 2004. Experimental confirmation of aggressive mimicry by a coral reef fish. *Oecologia*. 140:676–683.

Moland, E., J. V. Eagle & G. P. Jones. 2005. Ecology and evolution of mimicry in coral reef fishes. *Oceanography and Marine Biology*, 43:455–482.

Morgan, I. E & Kramer D. L. 2004. The social organization of adult blue tangs (*Acanthurus coeruleus*) on a fringing reef, Barbados, West Indies. *Environmental Biology of Fishes*, 71: 261-273.

Mumby, P. J. 2006. The impact of exploiting grazers (Scaridae) on the dynamics of Caribbean coral reefs. *Journal of Applied Ecology*, 16: 747–769.

Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the world*. New York, J Wiley & Sons, 4th ed., 601 p.

Ogden, J. C & P. R. Ehrlich. 1977. The behaviour of heterotypic resting schools of juvenile grunts (Pomadasydae). *Marine Biology*, 42(3): 273-280.

Ortiz, M., M. E. Rocha & J. M. Posada. 1996. Food habits of the sympatric fishes *Harengula humeralis* and *H. clupeiola* (Clupeidae) in the Archipelago de Los Roques National Park, Venezuela. *Caribbean Journal of Science*, 32(1): 26-32.

Osório, R., I. L. Rosa & H. Cabral. 2006. Territorial defense by the Brazilian damselfish *Stegastes fuscus* (Teleostei:Pomacentridae). *Journal of Fish Biology*, 69: 233-242.

Parrish, J. K. & L. Edelstein-Keshet. 1999. Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. *Science*, 284:99-101

Randall, J.E. 2005. A review of mimicry in marine fishes. *Zoological Studies*, 44: 299–328.

Randall, J.E. & J. E. McCosker. 1993. Social mimicry in fishes. *Revue Fr Aquariol*. 20:5-8.

Reinthal, P. N. & S. M. Lewis. 1986. Social behaviour, foraging efficiency and habitat utilization in a group of tropical herbivorous fish. *Animal Behaviour*, 34:1687-1693.

Robertson, D. R., H. P. A. Sweatman, E. A. Fletcher & M. G. Cleland. 1976. Schooling as a mechanism for circumventing the territoriality of competitors. *Ecology* 57(6): 1208–1220.

Rocha, L. A, K. C. Lindeman, C. R. Rocha & H. A. Lessios. 2008. Historical biogeography and speciation in the reef fish genus *Haemulon* (Teleostei: Haemulidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48: 918-928.

Rocha, L.A & I. L. Rosa. 1999. New species of *Haemulon* (Teleostei: Haemulidae) from the northeastern Brazilian coast. *Copeia*. 2:447–452.

Sazima, I. 2002a. Juvenile grunt (Haemulidae) mimicking a venomous leatherjacket (Carangidae), with a summary of Batesian mimicry in marine fishes. *Journal of ichthyology & Aquatic biology*, 6:61-68.

Sazima, I. 2002b. Juvenile snooks (Centropomidae) as mimics of mojarras (Gerreidae), with a review of aggressive mimicry in fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 65: 37-45.

Snyder, D. B., J. E. Randall & S. W. Michael. 2001. Aggressive mimicry by the juvenile of the redmouth grouper, *Aethaloperca rogaa* (Serranidae). *Cybiu* 25: 227–232.

Zabka, H. & G. Tembrock. 1986. Mimicry and crypsis - a behavioural approach to classification. *Behavioural Processes*, 13:159–176.

Table 1. List of the total number of observed events and types of interactions between the genus *Haemulon* and other coral reef fish species **N** - Total number of occurrences for all species. **F.O (%)** - Frequency of Occurrence; **Life phase** – Life phase of the observed species; **Trophic guilds** – Trophic guild organizations following Ferreira et al., 2004.

Species	Family	N	F.O (%)	Life phase	Trophic guilds
<i>Lutjanus alexandrei</i>	Lutjanidae	20	18,35	Juveniles and adults	Carnivores
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	Mullidae	19	17,44	Juveniles and adults	Mobile invertebrate feeders
<i>Anisotremus virginicus</i>	Haemulidae	13	11,93	Adults	Mobile invertebrate feeders
<i>Sparisoma radians</i>	Scaridae	10	9,17	Juveniles	Roving herbivores
<i>Mulloidichthys martinicus</i>	Mullidae	10	9,17	Adults	Mobile invertebrate feeders
<i>Sparisoma axillare</i>	Scaridae	7	6,43	Juveniles	Roving herbivores
<i>Carangoides bartholomaei</i>	Carangidae	6	5,52	Juveniles	Carnivores
<i>Ocyurus chrysurus</i>	Lutjanidae	6	5,52	Juveniles	Carnivores
<i>Harengula clupeola</i>	Clupeidae	5	4,58	Adults	Mobile invertebrate feeders
<i>Scarus trispinosus</i>	Scaridae	5	4,58	Juveniles and adults	Roving herbivores
<i>Scarus zelindae</i>	Scaridae	3	2,75	Juveniles and adults	Roving herbivores
<i>Lutjanus jocu</i>	Lutjanidae	2	1,83	Juveniles	Carnivores
<i>Eucinostomus lefroyi</i>	Gerreidae	1	0,91	Juveniles and adults	Mobile invertebrate feeders
<i>Chromis multilineata</i>	Pomacentridae	1	0,91	Juveniles and adults	Mobile invertebrate feeders
<i>Anisotremus moricandi</i>	Haemulidae	1	0,91	Adults	Mobile invertebrate feeders

Table 2. Types of interactions and the species involved in mixed schools with individuals of the genus *Haemulon*.

Species	Family	Interaction types	Species involved
<i>Lutjanus alexandrei</i>	Lutjanidae	Protective Mimicry	All of the <i>Haemulon</i> species analyzed
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	Mullidae	Heterotypic Schooling	<i>H. aurolineatum</i> and <i>H. parra</i>
<i>Anisotremus virginicus</i>	Haemulidae	Heterotypic Schooling	All of the <i>Haemulon</i> species analyzed
<i>Sparisoma radians</i>	Scaridae	Foraging facilitation	<i>H. parra</i>
<i>Mulloidichthys martinicus</i>	Mullidae	Protective Mimicry	<i>H. aurolineatum</i> and <i>H. squamipinna</i>
<i>Sparisoma axillare</i>	Scaridae	Protective Mimicry	<i>H. parra</i>
<i>Carangoides bartholomaei</i>	Carangidae	Heterotypic Schooling	<i>H. aurolineatum</i> and <i>H. squamipinna</i>
<i>Ocyurus chrysurus</i>	Lutjanidae	Heterotypic Schooling	<i>H. aurolineatum</i>
<i>Harengula clupeola</i>	Clupeidae	Protective Mimicry	<i>H. aurolineatum</i> and <i>H. squamipinna</i>
<i>Scarus trispinosus</i>	Scaridae	Heterotypic Schooling	All of the <i>Haemulon</i> species analyzed
<i>Scarus zelindae</i>	Scaridae	Heterotypic Schooling	All of the <i>Haemulon</i> species analyzed
<i>Lutjanus jocu</i>	Lutjanidae	Heterotypic Schooling	<i>H. parra</i> and <i>H. squamipinna</i>
<i>Eucinostomus lefroyi</i>	Gerreidae	Heterotypic Schooling	<i>H. aurolineatum</i> and <i>H. squamipinna</i>
<i>Chromis multilineata</i>	Pomacentridae	Heterotypic Schooling	<i>H. aurolineatum</i> and <i>H. squamipinna</i>
<i>Anisotremus moricandi</i>	Haemulidae	Heterotypic Schooling	All of the <i>Haemulon</i> species analyzed

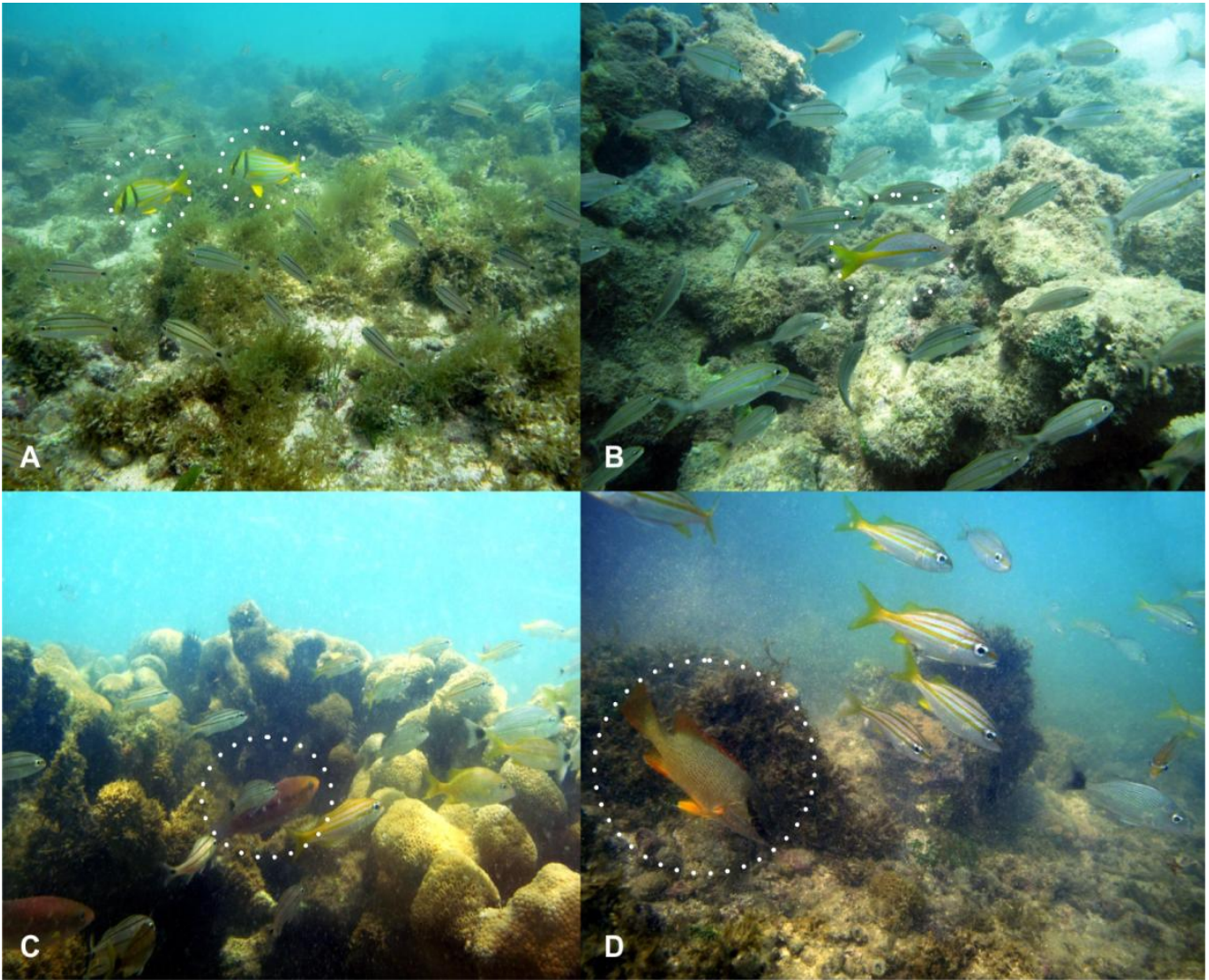


Fig. 1 - Heterotypic schooling behaviors involving the genus *Haemulon* and other coral reef fish species. **A** – *Anisotremus virginicus* with an adult school of *H. aurolineatum*; **B** – *Ocyurus chrysurus* with *H. aurolineatum* and *H. squamipinna* adults; **C** – *Scarus zelindae* with *H. parra*, *H. plumieri* and *H. squamipinna* adults; **D** – *Lutjanus jocu* with *H. parra* and *H. squamipinna* adults. Circles highlight non-*Haemulon* species. Photos – Pereira, P.H.C

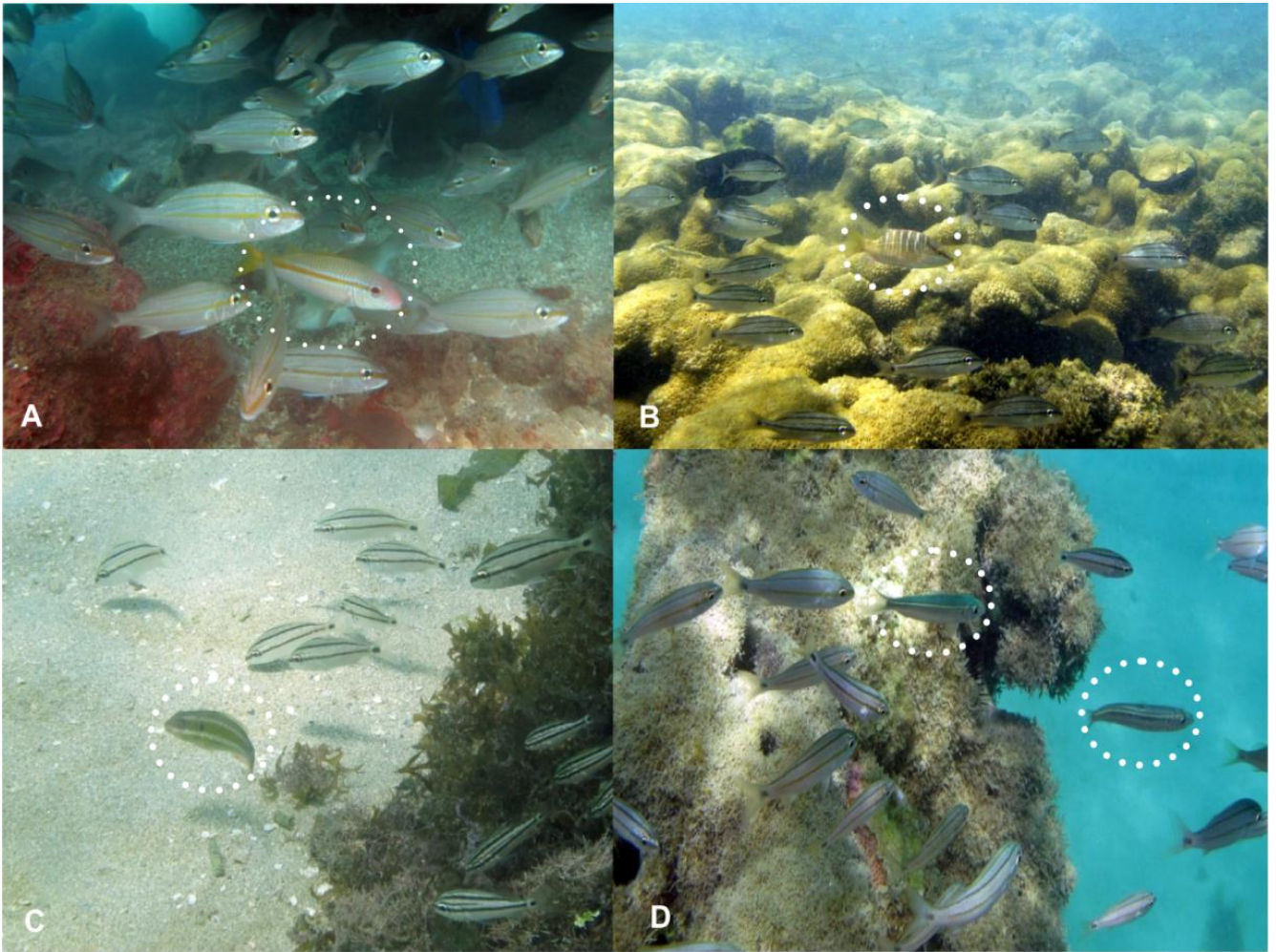


Fig. 2 – Protective mimicry behavior between the genus *Haemulon* and other coral reef fish species. **A** – *Mulloidichthys martinicus* with an adult school of *H. aurolineatum*; **B** – *Lutjanus alexandrei* with *H. parra* juveniles; **C** – *Sparisoma axillare* with *H. parra* juveniles; **D** – *Harengula clupeiola* with a juvenile school of *H. aurolineatum*. Circles highlight non-*Haemulon* species. Photos – Pereira, P.H.C

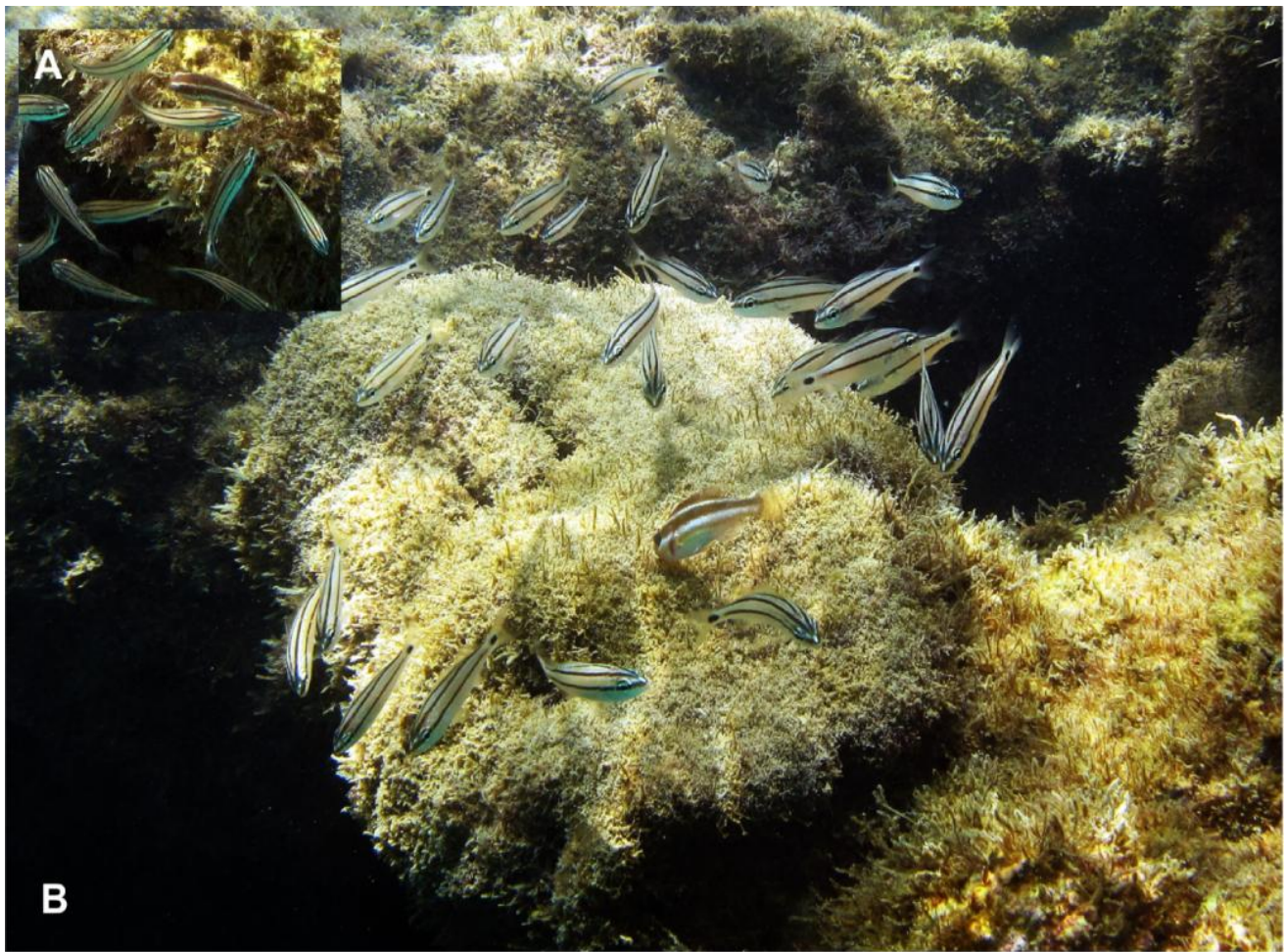


Fig. 3 – Foraging facilitation behavior between *Sparisoma radians* and *Haemulon parra* juveniles. **A** - Zoom of the ventral portion of the species, showing similar coloration and sizes. **B** – Parrotfish juvenile foraging on an algae bank associated with *Haemulon parra* juveniles. Photo - Diego Valverde Medeiros.

Conclusão e Considerações Gerais

Através das análises de conteúdo estomacal, foi observado uma forte variação ontogenética na dieta das quatro espécies do gênero *Haemulon* analisadas no presente estudo: *Haemulon aurolineatum*, *Haemulon parra*, *Haemulon plumieri* e *Haemulon squamipinna*. Os indivíduos de menores tamanhos alimentaram-se de pequenos crustáceos como copepodos, anfípodes e tanaidáceos e os adultos utilizaram poliquetas e caranguejos braquiúros como principal recurso alimentar. *H. parra* foi a espécie que apresentou maior quantidade de poliquetas nos estômagos, e *H. squamipinna* obteve as maiores frequências de caranguejos braquiúros e frag. de peixes nos conteúdos estomacais. Sugere-se que esta variação ontogenética tenha como objetivo minimizar gasto energético e risco de predação e aumentar as taxas de crescimento.

Evidenciando padrões de agrupamentos (cardume ou solitário) e fase de vida (juvenis e adultos) houve grandes diferenças no comportamento alimentar das espécies. Indivíduos forrageando solitários apresentaram frequência alimentar bem mais elevada que quando em cardumes os quais possuíram baixa atividade em praticamente todas as sessões de observações. Em relação à fase de vida, os adultos alimentaram-se no substrato arenoso (seguido por rocha/areia), e para os juvenis foi registrada alta taxa de forrageamento na coluna de água (supostamente para alimentarem-se de organismos do zooplâncton suspensos na água). Interações agonísticas passivas e ativas foram registradas em grande número e para diversas espécies de peixes recifais. Os indivíduos do gênero *Haemulon* apresentaram agressividade em relação às espécies com hábito alimentar semelhantes (e.g. Predadores de invertebrados móveis), no entanto foram mais frequentemente atacados por indivíduos do gênero *Stegastes*, conhecidos herbívoros territorialistas.

A maioria dos trabalhos realizados considera as espécies do gênero *Haemulon* como sendo predadores noturnos – “nocturnal zoobenthivorous” (McFarland et al., 1979; Helfamn et al., 1982; Burke, 1995; Nagelkerken et al., 2000). No entanto, o presente estudo realizou observações de comportamento alimentar para quatro espécies do gênero e evidenciou elevada frequência de forrageamento no período diurno, assim como visto por Verweij et al. (2006) para *H. flavolineatum*. Assim, pode-se sugerir que

exista uma diferença no período preferencial de alimentação para cada espécie do gênero, ou as espécies possam se alimentar tanto durante o dia quanto a noite.

Associações de cardume foram registradas entre os haemulídeos analisados e outras 15 espécies de peixes pertencentes a oito diferentes famílias, estas associações foram classificadas em: formação de cardumes mistos, mimetismo social (protetivo) e associação de facilitação de forrageamento. A grande quantidade de indivíduos do gênero *Haemulon* e também modificações na estrutura das comunidades de peixes recifais podem ter motivado a grande ocorrência dos fenômenos observados.

Portanto, sabe-se que a família Haemulidae possui relevante importância comercial (Rasotto and Sadovy, 1995), e vêm sofrendo atualmente um aumento de pressão de pesca. São normalmente capturadas acidentalmente como “by catch” em pescarias nas quais são visadas espécies com maior valor comercial como *Cephalopholis fulva* (piraúna), *Lutjanus synagris* (ariocó), *Ocyurus crysurus* (guaiúba) e *Rhomboplites aurorubens* (Araújo and Martins, 2007). As espécies do gênero *Haemulon* analisadas no presente estudo são conhecidas na costa Nordestina como “xiras”, e incluídas nas categorias “biquara”, “abiquara” ou “sapuruna”. *H. plumieri* é a espécie mais capturada pela pesca artesanal na região Nordeste do Brasil com captura de mais de 1000 toneladas (Estatpesca, 2005).

No cenário atual, a pesca destas espécies reflete a condição dos recursos pesqueiros no Brasil, com o maior impacto atualmente em níveis tróficos inferiores (Freire & Pauly, 2010). Os grandes carnívoros (e.g. Famílias Serranidae e Lutjanidae) vêm apresentando uma diminuição nas capturas ao longo dos anos (Estatpesca, 2005) e grande parte destas estão incluídas na lista de espécies ameaçadas (IUCN, 2011). Assim, faz-se necessário uma maior quantidade de estudos para a família Haemulidae visando futuros planos de gestão mais eficientes e exploração racional deste recurso pesqueiro.

Referências Gerais

- Araújo, J. N. and Martins, A. S. 2007. Age, growth and mortality of white grunt (*Haemulon plumieri*) from the central coast of Brazil. *Scientia Marina*, 71(4): 793-800.
- Beck, M. W., K. L. Heck, K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan & M. P. Weinstein. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51: 633-642.
- Choat, J. H.; Bellwood, D. R. 1991. Reef Fishes: Their History and Evolution. In Sale, P. F. *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. 1 ed. London: Academic Press.
- Courtenay, W. R. JR. 1961. Western Atlantic Fishes of the genus *Haemulon* (Pomadasyidae): systematic status and juvenile pigmentation. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.* 11: 661-49.
- Courtenay, W. R. JR. 1965. The systematic status of *Haemulon boschmae*, a grunt fish from shore waters of northeastern South America. *Copeia* 1965: 41-45.
- Davis, W. P. 1967. Ecological interactions, comparative biology and evolutionary trends of thirteen pomadasyid fishes at Alligator Reef, Florida Keys. Ph.D. Dissertation, Univ. of Miami. 126 pp.
- Estatpesca. 2005. Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste do Brasil. 147 pp.
- Ferreira CEL, Floeter SR, Gasparine JL, Joyeux JC AND Ferreira BP. 2004. Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. *J Bio-geogr* 31: 1093–1106.
- Ferreira, B. P. & F. Cava. 2001. Ictiofauna marinha da APA Costa dos Corais: lista de espécies através de levantamento da Pesca e Observações Subaquáticas. *Boletim Técnico Científico do Cepene*, 9: 167-180.
- Freire, K.M.F., Pauly, D. 2010. Fishing down Brazilian marine food webs, with emphasis on the east Brazil large marine ecosystem. *Fisheries Research* 105, 57–62.
- Haddad, N.M., Tewksbury, J.J., 2005. Low-quality habitat corridors as movement conduits for two butterfly species. *Ecological Applications* 15, 250–257.
- IUCN, 2011. www.iucnredlist.org.

Lindeman, K. C., G. A. Diaz, J. E. Serafy & J. S. Ault. 1998. A spatial framework for assessing cross-shelf habitat use among newly settled grunts and snappers. *Proceedings of Gulf & Caribbean Fisheries Institute*, 50: 385-416.

Lindeman, K. C., R. Pugliose, G. T. Waugh, & J.S. Ault. 2000. Developmental patterns within a multispecies reef fishery: management applications for essential fish habitats and protected areas. *Bulletin of Marine Science*, 66: 929-956.

Lukoschek V, McCormick MI. 2001. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. *Marine Biology* 138:1099-1113.

Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. New York, J Wiley & Sons, 4th ed., 601 p.

Rasotto, M.B. and Y. Sadovy. 1995. Peculiarities of the male urogenital apparatus of two grunt species (Teleostei: Haemulidae). *Journal of Fish Biology*. 46: 936-948.

Rocha, L. A., K. C. Lindeman, C. R. Rocha and H. A. Lessios. 2008. Historical biogeography and speciation in the reef fish genus *Haemulon* (Teleostei: Haemulidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48: 918-928.

Sale, P. F. 1980: The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanography and marine biology annual review* 78:367-421.

Spalding, M., Ravilious, C., Green, E.P., 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. University of California Press, Berkeley, p. 424.

Tewksbury, J. J., D. J. Levey, N. M. Haddad, S. Sargent, J. L. Orrock, A. Weldon, B. J. Danielson, J. Brinkerhoff, E. I. Damschen & P. Townsend. 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 12923-12926.

Thollot, P. 1992. Importance of mangroves for Pacific reef fish species, myth or reality? *Proc. 7th Int. Coral Reef Symposium*, vol. 2: 934– 941.