# ANDRÉ BELLUCCO DO CARMO

Análise Espacial do Crescimento de *Maurolicus stehmanni* (Teleostei: Sternoptychidae) na Região Sudeste-Sul do Brasil, utilizando a Microestrutura, a Morfologia e a Ontogenia dos Otólitos *Saggitae*.

> Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Orientadora: Profª. Dra. Carmen Lúcia Del Bianco Rossi-Wongtschowski

São Paulo 2008

Dedico este trabalho a Rubens Bellucco, meu querido avô, a quem devo meu interesse por peixes.

"Scribendi recte sapere est principium et fons"

Horácio

# Índice

Agradecimentos	5
Resumo	7
Abstract	. 8
1- Introdução	9
1.1- A espécie Maurolicus stehmanni Parin & Kobyliansky, 1993	. 9
1.2- Os estudos sobre a Ontogenia, Idade e Crescimento dos Peixes	14
1.2 a - A importância dos estudos de crescimento para as ciências pesqueiras	19
1.3- O Estudo dos Otólitos	20
1.3 a - A Fisiologia e a Genética dos Otólitos	20
1.3 b - A Microestrutura dos Otólitos	24
1.3 c - A Morfologia dos Otólitos	26
1.4 - Variação Espacial no Crescimento	30
1.5 - Questões, Hipóteses e Objetivos do Presente Estudo	32
1.6 - Características Oceanográficas da Região deste Estudo	33
2- Material e Métodos	36
2.1 - As amostras e a Obtenção das Variáveis dos Peixes	36
2.2- Preparações e Obtenção das Variáveis dos Otólitos	38
2.2 a - Microestrutura	38
2.2 b - Morfologia	41
2.3 - Análise das Variáveis	42
3- Resultados	52
4- Discussão	63
5- Considerações Finais	79
6- Referências	82
7- Figuras 10	04
8- Tabelas1	65

# Agradecimentos

Gostaria de deixar registrado um agradecimento especial à Prof. Dra. Carmen Lucia Del Bianco Rossi-Wongtschowski por toda orientação, dedicação e confiança no desenvolvimento deste estudo, e aos meus pais, João e Marta, sem os quais nada disto teria sido possível.

Do Instituto Oceanográfico- IOUSP, agradeço o Prof. Dr. Mario Katsuragawa e sua equipe, que gentilmente possibilitaram todo o suporte no laboratório de Ictioplâncton para as ilustrações do trabalho; às professoras Dra. June Dias, Dra. Lucy Satiko Hashimoto Soares e Dra. Ana Maria Setúbal Pires Vanin por todos os ensinamentos e literatura fornecidas. Ao Prof. Dr. Josef Harari pelas preciosas explanações sobre oceanografia física.

Do Museu de Zoologia- MZUSP agradeço os professores Dr. Naércio de Menezes, Dr. Heraldo Britski, Dr. Mário de Pinna e, em especial, ao Dr. José Lima de Figueiredo, por toda a amizade, orientação e ajuda na elaboração do projeto desta dissertação.

Do Instituto de Biociências- IBUSP, por toda a formação que tive, agradeço ao Prof. Dr. Sergio Vanin, à Prof. Dra. Mônica de Toledo Piza-Ragazzo e, especialmente, ao Prof. Dr. José Guilherme Chauí-Berlinck, por toda literatura fornecida e por me alertar para a complexidade do conceito de forma no desenvolvimento do estudo.

Do Instituto de Matemática e Estatística – IME-USP, por toda a ajuda e dicas com as análises, agradeço à Prof. Dr. Lucia Barroso, à Prof. Dr. Elizabeth Kira e às alunas Gabriela Martins e Vanessa Huang.

Da UNESP- IBILCE, agradeço ao professor Dr. Francisco Langeani pela orientação e amizade.

Do Laboratório de Tecnologia Pesqueira da FURG, agradeço ao Prof. Dr. Lauro Madureira, e à equipe do N /OC "Atlântico Sul".

Aos funcionários do IOUSP, especialmente: dona Rai, Wagner e Cidinha da Biblioteca e à Ana Paula e Silvana da Sessão de pós-graduação, por toda a ajuda e apoio. Agradeço o Dr. André Martins Vaz-do-Santos, por todas as sugestões, literatura e dicas. Ao Msc Eduardo Machado de Almeida e a Ana Hara pela colaboração no desenvolvimento das técnicas utilizadas neste estudo. Agradeço, ainda, ao Dr. Roberto Ávila, a Dra Mônica Ponz Louro, a Aparecida Martins, Carol Siliprandi, Naira e, especialmente ao Denis Bannwart e ao Fabio Caltabeloti pelo auxílio com a informática.

Agradeço aos meus amigos e companheiros do IO-USP: José Eduardo Martinelli, Márcio Ohkawara, Leonardo Kenji, Amanda Ricci, Gabriela Vera, Fausto, Carol, Cássia, Wellington, Lurdes, Cíntia Matsumoto, Andressa Pinter, Angelo Bernadino, Leonardo, Michael, Lucas, Tássia, Gimel e todos aqueles que porventura eu tenha esquecido.

Agradeço aos meus queridos amigos por suas idéias e apoio: Renan Rodrigues, Jonas Spina, Elves Vicente, Eduardo Santos e Cris, Gustavo Cordeiro, Helena Gameiro, Daniel, Carla, Isabela, Milla, Saulo, Eric e Vivi, Verusca e José Fernando, Olidan Poncios, Guilherme Freire, Gabriel Moura, Eduardo Cerquera, Thiago Hermenegildo, Talitha Pires, Martha Lange, Pedro Sá, Márcio Gato, Marcelo Fukuda, Ubirajara Melo, Maurício Prestia, Laerte de Sousa, Valter Paixão e Vanessa, Aroldo de Paula, Tadeu, Rejanio Tongal, Adonis Georgopoulos. A todos a quem esqueci minhas sinceras desculpas.

Dedico um agradecimento especial aos meus amigos Rogerio Hirata, Leila Shirai, André Junqueira e Daniel Damineli por todo o aprendizado que me proporcionaram. André e Daniel gentilmente revisaram o Abstract deste trabalho.

Aos meus irmãos Alex, Felipe e Fernando cuja ajuda e apoio foram fundamentais.

Ao meu amor, Cátia Gama, por todo carinho, apoio e ajuda nos momentos mais difíceis deste trabalho.

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro concedido.

## Resumo

Maurolicus stehamanni é a espécie pelágica mais abundante no ecossistema de Quebra de Plataforma da Região Sudeste e Sul do Brasil, sendo o principal componente da dieta dos atuns e das lulas. Com base em amostras coletadas com o N/Oc "Atlântico Sul" em três épocas do ano distintas, neste estudo foi comparado o crescimento da espécie em duas diferentes localidades, Cabo Frio (RJ) na região Sudeste, e Rio Grande (RS) na região Sul, utilizando a microestrutura, a morfologia e a ontogenia dos otólitos saggitae. Foram analisadas as variáveis: Comprimento padrão, Peso, Sexo, Raio do Otólito, Tamanho do Rostrum, a Espessura de 15 microincrementos consecutivos, Área e Perímetro da linha dos otólitos e a Idade dos peixes obtida por meio da contagem dos microincrementos. Os dados foram analisados por meio de métodos gráficos, análises de variância (ANOVA) e covariância (ANCOVA). As relações entre as variáveis foram modeladas, utilizandose modelos lineares e não lineares, e comparadas entre as duas regiões. Ficou demonstrada a existência de variações significativas no crescimento entre os indivíduos dessas Regiões. Os peixes da Região Sudeste são maiores, em tamanho e massa e mais velhos, apresentando espessuras dos microincrementos significativamente maiores do que os da Região Sul, fatos que indicam uma maior taxa de crescimento dos peixes na Região Sudeste. Os peixes do Sudeste apresentam, em média, para uma mesma idade, menor Raio, Área e Perímetro dos otólitos, fato atribuído a um efeito da taxa de crescimento, como constatado para outras espécies do gênero. Um novo método gráfico foi elaborado para representar as mudanças ontogenéticas que ocorrem no formato dos otólitos ao longo do crescimento, utilizando-se sua silhueta e os índices de forma: Circulariedade e o Fator de Forma, os quais foram comparados entre Regiões. Apesar das diferenças citadas, semelhanças foram detectadas entre as regiões, para os parâmetros do modelo de von Bertalanffy do Sudeste ( $L_{\infty}$  = 48,04 mm e k= 0,01 dias <sup>-1</sup>) e do Sul ( $L_{\infty}$  =46, 12 mm e k= 0,01 dias -1) e, no formato dos otólitos. Hipóteses sobre as tais diferenças e semelhanças foram levantadas e discutidas.

# Abstract

Maurolicus stehamanni is the most abundant pelagic fish in the Slope Ecosystem of the South and Southeastern Brazil Region, being the main component of the diet of tunas and squids. Based on samples collected with the R.V. "Atlantico Sul" in three distinct seasons of the year, the main objective of this study was to compare the growth of the species between two different localities, Cabo Frio (RJ) in the Southeastern Region, and the Rio Grande (RS) in the South, through the analysis of the microstructure, morphology and ontogeny of otoliths. The following variables were evaluated: Standard Length, Weight, Sex, Otolith length, Size of the Rostrum, Width of 15 Consecutive Microincrements, Area, Perimeter of the otolith contour line and Age. Data were analyzed through graphical methods, analyses of variance (ANOVA) and covariance (ANCOVA). The relationships between the variables were modeled, using linear and non linear models, which were compared between the regions. It was found significant variations in growth between regions. Fish from the Southeast Region were bigger, in size and mass, and older, presenting microincrements width significantly larger than of the South region, indicating a higher growth rate of the specimens from the Southeast region. The fish from Southeast region presented on average, at a same age, smaller Lenght, Area and Perimeter of the otoliths, which can be attributed to a growth rate effect, as verified in other species of the genera. A novel graphic approach was performed in order to represent the ontogenetic changes in the shape of the otoliths during the growth, using its silhouette and indices of form, Circularity and the Form Factor. Despite of those differences, similarities were detected between the fish from the two regions for the parameters of the von Bertalanffy's model, Southeast ( $L_{\infty}$  = 48,04 mm and k = 0,01 days<sup>-1</sup>) and South ( $L_{\infty}$  = 46.12 mm and k = 0,01 days<sup>-1</sup>), and for the otolith's shape. Hypotheses about variations and similarities were raised and discussed.

# 1-Introdução

# 1.1 - A espécie Maurolicus stehmanni Parin & Kobyliansky, 1993

Levantamentos realizados com rede de meia-água mostraram, pela primeira vez, a riqueza dos peixes mesopelágicos que ocorrem na ZEE da região Sudeste-Sul e Central brasileira (Braga *et al.* 2007; Figueiredo *et al.*, 2002). A espécie mais abundante no Sudeste-Sul, *Maurolicus stehmanni* (Fig.1), foi coletada em grande quantidade ao longo do ecossistema da plataforma externa e talude, sendo sua produtividade estimada em um milhão de toneladas (Madureira *et al.* 2005; Greig, 2000). Já nos levantamentos realizados na região central (Braga *et al.*, op. cit.), esta espécie foi a terceira em abundância, estando as capturas restritas, à parte sul da mesma (21°-22° S).

A espécie pertence a um grande grupo monofilético dos Teleostei, a ordem Stomiiformes (Harold & Weitzman, 1996; Fink & Weitzman, 1982). Os Stomiiformes são peixes que vivem em profundidade na região oceânica, entre 200m e 4000m, sendo muitos destes *taxa* adaptados às condições do ambiente mesopelágico (Harold & Weitzman, op. cit.). São caracterizados por possuírem, freqüentemente, dentes alongados no premaxilar e maxilares, fotóforos diferenciados apresentando um ducto, caráter sinapomórfico para o grupo (Fink & Weitzman, op. cit.) e também uma nadadeira adiposa ventral pelicular, à frente da nadadeira anal (Nelson, 2006; Helfman *et al* 1997).

Gmelin (1789) *apud* Ribeiro (1996), fez a primeira descrição de uma espécie do gênero: *Maurolicus mulleri*, inicialmente posicionada no gênero *Salmo*, ocorrendo no Atlântico Norte e Mediterrâneo. Até recentemente considerado como um gênero monotípico (Grey, 1960), *Maurolicus* foi reconhecido como pertencente à família Sternoptychidae, quando Weitzman (1974) estudou as relações filogenéticas do grupo utilizando caracteres osteológicos, corroborando os resultados de um estudo anterior (Bassot, 1966), realizado com base na análise histológica e citológica dos fotóforos.

A família Sternoptychidae é considerada um táxon monofilético, corroborada por 22 sinapomorfias inequívocas (Harold & Weitzman, 1996); entre os caracteres diagnósticos estão os ossos parietais separados dos supraociptais e os fotóforos ocorrendo em agrupamentos, resultado de um processo único de desenvolvimento. Os peixes da família Sternoptychidae, conhecidos como peixes-lanterna, possuem muitas especializações estruturais no plano vertical e na compressão do corpo (Helfman *et al*, 1997). A boca abre-se verticalmente, os fotóforos estão direcionados ventralmente, apresentam um espinho no preopérculo com orientação dorsal e os ossos pélvicos são orientados verticalmente. Tais especializações estão relacionadas a adaptações convergentes e às limitadas condições de luz e alimento no mar profundo, onde vivem (Helfman *et al*, op cit.). Apresentam ainda de 6 a 10 raios branquiostegais, de 3 a 7 fotóforos branquiostegais e pseudobrânquias (Nelson, 2006).

Segundo Weitzman (1974), a família Sternoptychidae pode ser subdividida em duas subfamílias: Sternoptychinae e Maurolicinae. Em Sternoptychinae o corpo é extremamente comprimido, já os peixes da subfamília Maurolicinae, a qual pertence o gênero *Maurolicus*, apresentam o corpo alongado, tendo fotóforos no istmo e, constituindo, provavelmente, um táxon parafilético (Harold & Weitzman, 1996; Nelson, op. cit.).

Parin & Kobyliansky (1993 e 1996) revisaram o gênero *Maurolicus*, examinando material de todo o mundo. Analisando o número de vértebras, de rastros branquiais, o número de raios da nadadeira dorsal, o diâmetro do olho, o comprimento da cabeça e a altura do corpo estes autores concluíram que existem 15 espécies alopátricas nos oceanos. Com base em material disponível para as latitudes entre 34° e 40° S, esses autores descreveram *M. stehmanni* como a espécie que ocorre ao largo da costa sudeste da América do Sul. Até então, a espécie presente nessa região era denominada *Maurolicus muelleri*, a qual Parin & Kobyliansky (1993 e 1996) restringiram às regiões temperadas do Leste do Atlântico Norte e sobre a qual há uma certa quantidade de estudos publicados, como por exemplo: Kristoffersen, (2007); Suneetha & Nævdal (2001); Kristoffersen & Salvanes (2001); Kaartvedt *et al.*  (1998); Kristoffersen & Salvanes (1998); Salvanes & Stockley (1996), Goodson *et al.* (1995); Gjøsæter (1981).

No Brasil, Ribeiro (1996) estudou o desenvolvimento ontogenético e a distribuição de ovos e larvas de *Maurolicus muelleri*, atualmente reconhecida como *M. stehmanni*, entre o Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Santa Marta (SP), descrevendo os caracteres morfométricos, merísticos, o padrão de pigmentação e o padrão de distribuição e aparecimento das séries ventrais de fotóforos, nas larvas e nos juvenis. O ovo desta espécie é pelágico, tem forma esférica, apresenta um único glóbulo lipídico e com espaço perivitelínico estreito, tendo a superfície externa do córion ultraesculturada. A forma do intestino, com a fenda anal posicionada na altura do 17º miômero e as estruturas sobre a inflexão anterior ao ânus, são atributos das larvas no estágio de pré-flexão, enquanto os estágios larvais seguintes são caracterizados pelo padrão de desenvolvimento das nadadeiras e das séries ventrais de fotóforos (Ribeiro, op. cit.).

O indivíduo adulto de *M. stehmanni* (Fig 1) apresenta corpo alongado, estando a nadadeira dorsal (10 a 13 raios) na metade posterior do corpo e a anal (22 a 25 raios) imediatamente atrás da base da dorsal. Apresenta de 26 a 30 rastros branquiais, 33 a 34 vértebras, 12 fotóforos na série ventral, entre a nadadeira peitoral e pélvica, 9 fotóforos na série lateral da borda do opérculo, 6 fotóforos na série ventral, do raio posterior da pélvica até à origem da anal, e de 24 a 26 fotóforos na série ventral, posterior a origem da nadadeira anal (Almeida & Rossi-Wongtschowski, 2007 b; Figueiredo *et al.*, 2002; Almeida, 2001; Parin & Kobyliansky, 1996).

*Maurolicus stehmanni* é uma espécie planctívora e oceânica (Madureira *et al.*, 2005), com distribuição latitudinal ampla no Atlântico Sul Ocidental reconhecida, até o momento, desde a Bahia (16°) até o Rio Grande do Sul (35°) (Bonecker *et. al.* 2006; Lima, 2005; Madureira *et al.*, 2005) estando associada à região de quebra da plataforma continental e do talude, no limite entre a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Tropical (AT). Estudos sobre a abundância e localização dos ovos de *Maurolicus stehmanni* (Katsuragawa, *et al.* 2006; Franco *et al.* 2005) mostraram que a maior abundância de ovos (>4000 org/ 10 m-2) foi encontrada na região oceânica,

ao norte de 31°S, relacionada a uma estrutura anticiclônica na plataforma externa desta região, durante a primavera e o outono.

As larvas da espécie estão distribuídas sobre uma área mais extensa e rasa do que os ovos (Weiss *et al.* 1988; Bonecker & Hubold, 1990 *apud* Katsuragawa, *et al.* 2006). Ribeiro (1996) verificou uma ampla distribuição das larvas sobre a plataforma externa, desde o Cabo Frio até o Cabo de Santa Marta, entre 100 e 200 metros de profundidade durante todo o ano, com maiores abundâncias nos meses de primavera e verão, sendo a maior incidência de larvas encontrada no período noturno, nos locais favorecidos por processos de ressurgência. Já Bonecker *et. al.* (2006), constataram a ocorrência de larvas de *Maurolicus stehamanni*, ao longo de toda a região central brasileira (11º- 23º S).

As prospecções pesqueiras sobre recursos pelágicos na região Sudeste-Sul do Brasil (Madureira *et al.*, 2005) mostraram que *Maurolicus stehmanni* ocorreu ao longo de toda a região investigada. Na área norte do estudo (entre o Cabo de São Tomé, RJ e São Sebastião, SP) o limite horizontal de distribuição da espécie coincidiu com o limite de ocorrência da Água Tropical nas camadas mais superficiais, enquanto que na área central (entre São Sebastião, SP e o Cabo de Santa Marta, SC) a distribuição da espécie alcançou as plataformas externa e média, nos locais onde houve intrusão da AT. Na área sul (entre o Cabo de Santa Marta e o Chuí, RS) também foi encontrada associação entre as ocorrências de *M. stehmanni* e a AT embora, na profundidade de 85 m, a espécie tenha avançado para o interior da ACAS. O estudo de Ribeiro (1996) mostrou que a ocorrência de ovos e larvas de *Maurolicus stehmanni* sobre a plataforma continental sudeste esteve intimamente relacionada aos processos de penetração da ACAS.

Em relação à biomassa dos indivíduos adultos, na Região Sudeste Madureira *et al.* (2005) verificaram que no inverno a área Norte apresentou os maiores valores (324.928 ton) ultrapassando a isóbata de 200 m; no outono ocorreu uma inversão sendo a maior biomassa (292.357 ton) encontrada na área Sul sobre a plataforma interna e o talude; já na primavera a maior biomassa (514.525 ton) foi registrada para a área Central, principalmente sobre a plataforma, mas também no talude.

A espécie apresenta migração vertical diária (Madureira *et al.*, op cit.; Almeida, 2001), constatada também para outras espécies do gênero como *M. muelleri* (Kaartvedt *et al.* 1998) e *M. parvipinnis* (Landeata & Castro, 2002). *M. stehmanni* permanece em profundidades maiores que 200 metros durante o dia, migrando em direção à superfície à noite. Os registros hidroacústicos diurnos de *Maurolicus stemahnni* são em forma de camadas, às vezes muito densas, podendo apresentar-se em estratos de cardumes a partir da sua fragmentação vertical; já os registros noturnos caracterizam-se como camadas que apresentam estratificação interna, principalmente entre 50 e 200 m. Existem similaridades na forma e na profundidade de ocorrência dos cardumes de *Maurolicus stehmanni* e de *Maurolicus japonicus*, presente no leste do mar da China (Ohshimo, 2004).

A existência da migração vertical diária indica que esta espécie é tolerante a diferentes condições físico-químicas da água do mar como a temperatura, salinidade e correntes. Entretanto, a existência de uma migração latitudinal dos cardumes da espécie e a sua extensão não é conhecida em sua região de distribuição.

*Maurolicus stemahnni* é uma espécie forrageira e constitui um elo importante na transferência de energia da rede trófica de mar aberto, assim como as outras espécies do gênero, servindo de alimento para grandes predadores pelágicos como os atuns e as lulas (Gasalla *et al.* 2007; Muto *et al.* 2005; Santos & Haimovici, 1997; Haimovici *et al.*, 1994; Ankenbrandt, 1985, Zavala-Camin, 1981). Apresenta um ciclo de vida relativamente curto, cerca de oito meses, sendo o comprimento máximo ( $L_{\infty}$ ) estimado em 53 mm (Bellucco *et al.*, 2004), e o tamanho médio da primeira maturação gonadal ( $L_{50}$ ) em 32 mm (Almeida & Rossi-Wongtschowski, 2007a).

A elevada biomassa e o seu ciclo de vida curto indicam que esta espécie se aproxima do valor extremo de *r* na distribuição contínua entre as estratégias de vida *r* e *k*, alocando grande parte da sua energia para a reprodução e produzindo o maior número possível de descendentes (Adams, 1980). As fêmeas desovam durante o ano todo, ao longo de toda a borda da plataforma continental sudeste-sul do Brasil, sendo o desenvolvimento ovocitário da espécie assincrônico, indicando que *M stehmanni* apresenta desova parcelada (Almeida & Rossi-Wongtschowski op. cit.). Foi verificado para outra espécie do gênero: *Maurolicus muelleri*, no mar da Noruega, a capacidade de responder rapidamente às variações ambientais, devido ao seu ciclo de vida curto, maturação precoce e alta fecundidade (Salvanes & Stockley, 1996). Kristoffersen e Savanes (2001) encontraram variação geográfica nos níveis de dimorfismo da espécie, mas de modo geral, as fêmeas eram predominantes entre os indivíduos maiores e mais velhos.

Em um estudo sobre o crescimento de *Maurolicus stehmanni*, realizado por Bellucco *et. al.* (2004), com base na análise da microestrutura dos otólitos *sagittae*, foi postulada a formação de incrementos diários nestas estruturas e foram estimados os parâmetros de crescimento do modelo de Von Bertalanffy para exemplares coletados entre Santos (SP) e o Cabo de Santa Marta (SC). Entretanto, não foi avaliado se estes parâmetros e as características da microestrutura dos otólitos eram homogêneos ao longo do gradiente latitudinal da distribuição da espécie na região Sudeste-Sul e nem se o formato externo dos otólitos *saggitae* variava com o crescimento/ desenvolvimento.

Deste modo, este estudo foi realizado no intuito de expandir o conhecimento sobre o crescimento individual desta espécie, considerando a dimensão espacial de sua distribuição.

É importante, antes de especificar os objetivos e apresentar as hipóteses deste trabalho, tecer algumas considerações teóricas de maneira a contextualiza-lo.

#### 1.2- Os estudos sobre a Ontogenia, Idade e Crescimento dos Peixes

O crescimento individual de um organismo pode ser compreendido de maneira simplificada como um aumento em tamanho ou massa, no tempo. Entretanto, este fenômeno pode ser estudado sob diferentes ordens de grandeza como a bioquímica, a citológica ou a morfológica, e sob diferentes abordagens como a fisiológica, a ecológica ou a evolutiva. Nos peixes Teleostei, freqüentemente são observadas complexas alterações da forma, do hábitat e da nutrição durante o crescimento, tornando o estudo do mesmo, um problema central nas ciências pesqueiras.

Entre os vertebrados, o crescimento da maioria das espécies de aves e mamíferos é determinado, pois cessa após o indivíduo atingir a maturidade. Já os peixes exibem um crescimento do tipo indeterminado, com o indivíduo crescendo continuamente ao longo do seu ciclo de vida, mas com uma desaceleração na taxa de crescimento (Helfman *et al* 1997).

Muitos fatores podem influenciar este fenômeno, incluindo o genótipo, a temperatura, a disponibilidade de alimento e de nutrientes, o regime de luz, a salinidade, o oxigênio, poluentes, a velocidade das correntes, a densidade de predadores e interações sociais intra e interespecíficas (Hilborn & Waters, 1992; Wootton, 1990). Tais fatores, sozinhos ou em conjunto, agem promovendo alterações no tamanho dos peixes de uma mesma idade, mas também podendo tornar peixes de diferentes idades do mesmo tamanho. Isto pode resultar em populações compostas por diferentes (Beverton & Holt, 1959). Os nichos ontogenéticos se referem aos padrões de utilização dos recursos, desenvolvidos durante o aumento do organismo em tamanho, desde o seu nascimento ou eclosão, até o seu máximo comprimento ou idade (Werner & Gilliam, 1984).

As mudanças ontogenéticas são freqüentemente correlacionadas com períodos de crescimento discretos na história de vida dos organismos (Werner & Gilliam, op cit.). Podemos distinguir dois ou mais estágios no desenvolvimento ontogenético dos organismos multicelulares: o primeiro é a morfogênese, que consiste na origem e estabelecimento do padrão corpóreo, o segundo estágio, denominado homeomórfico, está relacionado à expansão e a modificações do padrão corpóreo (Cock, 1966). Em geral, o crescimento no sentido de aumento em tamanho, ocorre em ambas as fases (Cock, op. cit.).

Os estudos sobre as trajetórias ontogenéticas e do crescimento das espécies partem da metáfora de que o desenvolvimento de um organismo é como um movimento em um espaço multidimensional, definido pelo tamanho, forma e idade. As trajetórias ontogenéticas são caminhos nos quais um organismo em crescimento move-se neste espaço (Klingenberg, 1998). Uma representação de tais trajetórias são as curvas ou modelos de crescimento, que procuram descrever a relação existente quando as medidas de um caráter são analisadas em relação à idade do organismo, ou em análises alométricas bivariadas quando dois caracteres métricos são relacionados entre si, ou ainda, quando uma medida de forma é relacionada com o tamanho do organismo (Klingenberg, 1998; Gould, 1977, 1966).

Muitos modelos de crescimento têm sido propostos para estimar o crescimento médio de um indivíduo em uma população; alguns destes estão baseados puramente em relações empíricas, outros possuem uma consistente base teórica, sendo deduzidos a partir de equações diferenciais que ligam os processos anabólicos e catabólicos (Katsanevakis, 2006).

A complexidade dos modelos pode variar desde uma simples regressão linear entre o tamanho do peixe e sua idade, até sofisticadas estimativas da idade em relação ao tamanho, por meio de análise da máxima verossimilhança (Campana & Jones, 1992; Smith, 1987,). Tais modelos podem representar um crescimento limitante ou assintótico, como os modelos de von Bertalanffy, Gompertz e Logístico, enquanto outros não têm esta característica, tais como os modelos de crescimento linear ou exponencial (Schnute, 1981). A simples regressão linear é um dos modelos mais comumente aplicados, apresentando-se na forma: Y = a + bX, onde a e b são parâmetros (Campana & Jones, 1992). As regressões lineares são de fácil ajuste e interpretação e tornam possível o cálculo do intervalo de confiança para o coeficiente angular b da reta de regressão, interpretado como taxa de crescimento (Campana & Jones, op cit.).

O modelo de von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938) tem sido um dos mais utilizados para a descrição do crescimento de peixes adultos e também juvenis, dos mais variados *taxa* de Teleostei (Silva *et. al.,* 2008; Koç *et al.,* 2007; Chen & Tzeng, 2006; Filiz *et al.,* 2006; Kanak & Tachihara, 2006; Santana *et al.* 2006; Zengin *et al.* 2006; Brickle *et al.,* 2005; Bellucco *et. al.* 2004; Lessa & Duarte-Neto, 2004; La Mesa *et al.,* 2004 Tuset *et. al.,* 2004; Villamor *et. al.* 2004; *Garcia et al.,* 2003; Gaughan *et al.,* 2001; Borges, 2000; Vassilopoulou & Ondrias, 1999; Francis, 1995), sendo utilizado tanto para espécies com crescimento determinado quanto para aquelas com crescimento indeterminado (Day & Taylor, 1997). Entretanto, esse modelo tem menor aplicação na descrição do crescimento larval, devido à sua inaplicabilidade aos dados de crescimentos sigmóides (Campana & Jones, 1992). Assim, o modelo de Gompertz (1825) tem sido mais aplicado para esta fase do crescimento (Gaughan *et. al.* 2001; Joyeux *et. al.*1995).

A equação de von Bertalanffy está baseada em considerações bioenergéticas, entendendo o crescimento como o resultado de processos anabólicos e catabólicos, pelos quais um organismo utiliza oxigênio e energia na construção de tecidos e pelo gasto de sua energia e tecidos ao longo da vida (Day & Taylor, 1997; Beverton & Holt, 1959). Neste modelo é utilizada a aproximação: massa = comprimento <sup>3</sup>, obtendo-se a taxa de crescimento da derivada do peso ou comprimento em função do tempo: dw/dt:  $3kw^{2/3} (w^{1/3}w \cdot w^{1/3})$  (Day & Taylor, op cit.), onde *k*, o coeficiente de crescimento de von Bertalanffy (unidade: ano<sup>-1</sup> ou dias<sup>-1</sup>), representa um parâmetro desta função , ou seja, é uma medida da desaceleração da taxa de crescimento, mas não a taxa de crescimento por si mesma (Campana & Jones, 1992), e *w* representa a massa do organismo.

O princípio que embasa o modelo de von Bertalanffy é de que a taxa de crescimento decresce linearmente com o tamanho do organismo, na forma da equação acima. Este modelo pode ser escrito utilizando-se o comprimento, uma parametrização comum para a solução desta equação diferencial (Katsanevakis, 2006):  $L_t = L_{\infty}$  [1- e <sup>(-k (t-t\_0)</sup>]. Interpreta-se os parâmetros desta equação atribuindo a eles significado biológico (Francis, 1995); assim, L<sub>t</sub> representa o comprimento do peixe na idade *t*, L<sub> $\infty$ </sub> representa o tamanho assintótico (máximo) do peixe quando *t* tende ao infinito e L<sub>t</sub> tende a L<sub> $\infty$ </sub>; a constante k, é a taxa que determina o quão rápido L<sub>t</sub> se aproxima de L<sub> $\infty$ </sub>, e t<sub>0</sub> é o valor etário teórico no qual o tamanho do peixe é zero.

Argumenta-se que um único modelo de crescimento somático não é capaz de descrever o fenômeno ao longo de todo o ciclo de vida do organismo, pois não indicaria claramente, as mudanças na alocação de energia com a maturidade (Lester *et. al.,* 2004; Czarnoleski & Kozlowski, 1998; Day & Taylor, 1997), considerando-se a maturidade como o ponto no qual o organismo começa a alocar maior suprimento

de energia para a reprodução e, portanto, diminui o suprimento disponível para o crescimento.

Lester *et. al.* (2004) demonstraram que a equação de von Bertalanffy provê uma boa descrição do crescimento somático após a maturidade, mas não antes. Estes autores oferecem uma nova interpretação para os parâmetros da equação ( $L_{\infty}$ , k,), mostrando que eles refletem a biologia reprodutiva do organismo, onde k é determinado pela magnitude do investimento reprodutivo e o  $L_{\infty}$  pela taxa de produção relacionada a este investimento, ressaltando que esta curva deve ser ajustada exclusivamente para os dados dos adultos.

Recentemente este modelo foi utilizado também em outros aspectos da história de vida dos peixes. Lv & Pitchford (2007) investigaram o papel das flutuações estocásticas sobre a probabilidade de recrutamento em peixes, utilizando equações diferenciais formuladas com os mesmos componentes determinísticos da equação de von Bertalanffy. As flutuações estocásticas podem ser definidas, neste contexto, como as perturbações aleatórias nas taxas de crescimento causadas por variações ambientais.

A abordagem mais comum, utilizada para a seleção dos modelos de crescimento, consiste na escolha de uma equação com base na forma da nuvem de pontos ou em pressupostos biológicos, freqüentemente a de von Bertalanffy; já outras abordagens utilizam-se do ajuste de uma série de modelos candidatos, tendo como critério de seleção aquele modelo que melhor minimize a soma dos quadrados dos desvios, resultando em um maior índice de explicação (R<sup>2</sup>), ou por meio do teste de hipóteses, como o teste F, estabelecendo a probabilidade aceitável de cometer o erro de se rejeitar a hipótese verdadeira, o nível descritivo (Katsanevakis, 2006). Entretanto, este autor, apresenta alguns problemas associados à escolha de um único modelo para esta inferência, pois tanto a incerteza associada com a seleção dos modelos como os benefícios de se selecionar um modelo mais parcimonioso são ignorados. O princípio da parcimônia implica na seleção do modelo com menor número possível de parâmetros para se ajustar aos dados. O autor propõe uma nova metodologia baseada na teoria da informação, na qual as inferências sobre os parâmetros são realizadas com base em um grupo de modelos.

#### 1.2 a – A importância dos estudos de crescimento para as ciências pesqueiras

O conhecimento completo da dinâmica de populações dos organismos marinhos necessita da coleta de dados de muitos dos parâmetros de seus ciclos de vida (Denit & Sponaugle, 2004), entre eles a idade e o crescimento. O principal objetivo do manejo da pesca é preservar os estoques, permitindo que eles permaneçam em níveis que otimizem sua produção. Desta forma, a estimativa de taxas e parâmetros que influenciam a biomassa das populações de peixes, como o nascimento, crescimento, fecundidade, recrutamento e mortalidade devem ser conhecidos (Smith, 1987). Um dos mais importantes elementos para o manejo da pesca e para o estudo da biologia dos peixes consiste na determinação da idade e do crescimento (Morales-Nin, 2000; Jones, 1992).

A informação sobre a estrutura etária de um estoque é a base para o cálculo de suas taxas de crescimento, mortalidade e produtividade, estando entre as variáveis biológicas mais importantes para o conhecimento dos estoques (Campana, 2001). Cálculos simples, como o da taxa de crescimento, ou complexos como as análises virtuais populacionais (VPA), necessitam desta informação, uma vez que requerem os elementos idade ou tempo decorrido (Campana, op cit.).

A Idade e o Crescimento podem ser determinados através de vários métodos: acompanhar o crescimento dos peixes em confinamento por meio da criação das espécies desde seu nascimento, pela marcação de um organismo tendo idade conhecida e a sua recaptura, pelo exame de partes duras que registram incrementos periódicos e por meio de testes bioquímicos (Campana, 2001; Jones, 1992). Muitas estruturas calcificadas têm sido utilizadas nos peixes como os otólitos, espinhos das nadadeiras, escamas e vértebras (Megalofonou, 2006), por apresentarem incrementos periódicos, úteis para a determinação da idade em escala anual e diária (Campana & Thorrold, 2001; Campana, op cit.), sendo os otólitos as estruturas mais amplamente utilizadas nos Teleostei (Secor *et al.*, 1995). Begg *et al.* (2005), afirmam que certamente não há outra estrutura biológica mais importante para ciência pesqueira do que os otólitos devido às informações que eles contêm.

#### 1.3- O Estudo dos Otólitos

#### 1.3 a - A Fisiologia e a Genética dos Otólitos

O ouvido interno desenvolveu-se cedo na evolução dos vertebrados, presumivelmente como um mecanismo para medir o movimento e a posição da cabeça em relação à gravidade (Manley & Clarck, 2004) e, posteriormente, se modificou como um órgão de detecção dos sons. Um passo importante na evolução do sistema auditório não foi somente a detecção da presença do som, mas também a discriminação entre os sons, que variam em sua freqüência, intensidade, comprimento de onda, entre outras propriedades físicas e, ainda, a determinação da direção dos sons em um espaço tridimensional, localizando a fonte sonora (Popper *et al.*, 2005), característica de grande importância na defesa e na comunicação das espécies.

Localizado próximo à região ventral do cérebro, na cavidade ótica do neurocrânio, o labirinto membranoso dos Teleostei é pareado, estando nos lados direito e esquerdo da cabeça devido à simetria bilateral, sendo cada órgão composto por três canais semicirculares unidos a três câmaras epiteliais: o utrículo, a lagena e o sácculo que são conhecidos como órgãos otolíticos, cada um contendo um otólito (Popper & Lu, 2000), denominados *lapilli, asterisci* e *saggitae*, respectivamente (Secor *et al.* 1992). Essas câmaras se comunicam, sendo o lúmen do sistema preenchido por endolinfa, um fluido similar ao plasma (Enger, 1964; *apud* Morales-Nin, 2000), com algumas diferenças: o fluído endolinfático é sempre caracterizado por uma alta concentração de íons K<sup>+</sup> e Ca<sup>+</sup> e baixa concentração de Na<sup>+</sup>, o que é incomum para um compartimento extracelular (Sterkers *et al.* 1988). O alto valor de [K<sup>+</sup>] é geralmente relacionado a um evento eletrofisiológico, pois o íon K<sup>+</sup> é aquele que normalmente gera a corrente de transdução nas células sensoriais (Payan *et. al.* 2004).

Muitas diferenças interespecíficas são encontradas na estrutura do ouvido interno dos Teleostei como o tamanho e a forma dos canais semicirculares, o tamanho e a forma das extremidades dos órgãos otolíticos, os padrões de orientação das células ciliadas, a forma e a densidade dos otólitos (Popper & Lu, 2000). Os três pares de otólitos ocorrem em Teleostei, mas cada qual difere em localização, função, tamanho, formato e microestrutura (Secor *et al.* 1992).

Durante o desenvolvimento de três espécies de Carapidae, Parmentier *et al.* (2002) analisaram como as mudanças ontogenéticas na cápsula ótica do neurocrânio afetam a forma do ouvido interno e a estrutura dos otólitos. Os autores demonstraram que nas larvas o ouvido interno direito e esquerdo eram separados por todo o encéfalo, o sinus superior era mais estreito, os canais semicirculares eram mais espessos, e as diferenças entre os três pares de otólitos (*lappilli, asterisci* e *saggitae*) eram menos proeminentes. Nos peixes adultos, diferentemente das larvas, as diferenças entre os pares de otólitos acentuam-se, a cápsula ótica no neurocrânio é totalmente ocupada pelo ouvido interno, esquerdo e direito, e somente o fino mielencéfalo passa entre eles. Uma forte correlação positiva foi encontrada entre o comprimento do neurocrânio e o comprimento do otólito *saggitae*.

Os otólitos estão em contato com um epitélio sensorial conhecido como mácula, o qual está ligado a um sulco acústico, presente nos otólitos. A mácula é formada por centenas de células ciliadas sensoriais, mecanoreceptoras, muito similares no ouvido de todos os vertebrados e à linha lateral dos peixes (Chang *et al.* 1992). Essas células possuem tufos de 'cílios na sua superfície apical, ligados a canais de cálcio microscópicos. O dobramento deste conjunto de cílios causa a abertura dos canais de cálcio, promovendo o fluxo destes íons e, assim, disparando o potencial de ação nas células nervosas, que por uma cascata de eventos, culmina na liberação de neurotransmissores nas extremidades das células eferentes do oitavo nervo craniano o qual, a partir da excitação, emite sinal ao cérebro sobre a presença do evento mecânico (Popper *et al.*, 2005). Assim, pode-se concluir que os otólitos agem como transdutores mecano-elétricos dos sons, convertendo as forças compressivas em impulsos elétricos por meio da movimentação dos cílios presentes nas células da mácula (Morales-Nin, 2000).

Os otólitos são estruturas constituídas por substâncias precipitadas do fluido endolinfático (Gauldie *et al*, 1995) tendo em sua composição química o carbonato de cálcio na forma de cristais de aragonita, calcita ou vaterita (Oxman *et al.*, 2007;

Sweeting, et. al. 2005; Söllner, *et al.* 2003; Tomás & Geffen, 2003; Gauldie, 1999) e substâncias orgânicas como uma proteína similar à queratina, proteoglicanos e glicoproteínas (Söllner, *et al.* op cit.; Degens *et al.*, 1969, apud Morales-Nin, 2000). Os otólitos não são ossos verdadeiros, pois não apresentam osteócitos e osteoclastos e contêm carbonato de cálcio, ao invés de fosfato de cálcio.

O Processo de calcificação consiste na deposição de CaCO<sub>3</sub> na matriz protéica formada por precursores orgânicos solúveis. A formação de CaCO<sub>3</sub> produz H<sup>+</sup> de acordo com a equação química: Ca<sup>2+</sup> + HCO<sub>3</sub> - —> CaCO<sub>3</sub> + H<sup>+</sup>, que deve ser removido (Payan *et al*, 2004). A formação dos otólitos se inicia com um *primordium*, o qual é geralmente o primeiro tecido a ser calcificado no embrião (Morales-Nin, 2000). Durante sua formação, ocorre uma deposição diferenciada dos compostos químicos citados, formando uma estrutura microscópica bipartida que é depositada com periodicidade diária e composta por uma unidade rica em microcristais de aragonita acicular ou vaterita (conhecida como Zona L, a qual se apresenta clara quando sob luz transmitida) e uma unidade rica em fibras orgânicas de natureza protéica (conhecida como Zona D e que aparece escura sob luz transmitida) (Kalish et al, 1995; Dukelberger *et al.*, 1980). Esta estrutura bipartida ficou conhecida como incremento diário ou microincremento (Kalish et al, 1995).

As mudanças periódicas nas concentrações plasmáticas de cálcio, que ocorrem na endolinfa, tem sido a principal hipótese para explicar o mecanismo da variação na taxa de deposição e formação dos microincrementos (Payan, *et al.*, 2004). De fato, parece que a causa da variação nos padrões macroscópicos de crescimento dos otólitos como tamanho, forma, regiões de crescimento, descontinuidades e incrementos estão ligados à química da precipitação dos otólitos pelo fluido endolinfático, apresentando um ritmo circadiano (Gauldie, 1999). Muitos trabalhos têm abordado a composição química do tecido epitelial que reveste o ouvido interno e a mácula, tecido este que se liga ao sulco acústico dos otólitos, bem como a composição do fluído saccular, discutindo suas mudanças periódicas no contexto da especialização de diferentes células para o transporte ativo de íons e para as secreções de cálcio na forma inorgânica ou ligado a compostos orgânicos (Mosegaard & Morales-Nin, 2000).

Estas células são conhecidas como ionócitos, são ricas em mitocôndrias e estão envolvidas na rota transcelular de cálcio por meio de canais ATP-dependentes, operados pela troca entre Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>; os ionócitos são encontradas em duas zonas: a primeira formada por anéis de ionócitos grandes em torno da mácula, a segunda consiste de agrupamentos desiguais de ionócitos pequenos e cúbicos no lado oposto a mácula (Mayer-Gostan *et al.*, 1997).

O biomineralização dos otólitos depende estritamente da composição química da endolinfa, pois esta deve conter todos os seus precursores iônicos e orgânicos. Assim, as células do tecido epitelial que revestem os órgãos otolíticos e a mácula devem realizar o papel fundamental de produzir e secretar macromoléculas apropriadas para a matriz orgânica, e também provêm o ambiente iônico necessário para a mineralização, exercendo um controle espaço temporal destes eventos (Payan *et al*, 2004). Foi demonstrado que o sistema nervoso possui um papel importante no processo de biomineralização dos otólitos, controlando a formação destas estruturas em resposta ao vetor gravidade, por meio de estímulos dos neurônios eferentes vestibulares nas células acima citadas, promovendo a liberação de cálcio, a liberação e atividade da enzima macular anidrase carbônica responsável pela deposição dos carbonatos, e a síntese química da matriz protéica (Aken, 2006).

Recentemente, Söllner, *et al.* (2003) postularam que genes homólogos aos encontrados na mineralização de dentes humanos, e que podem estar associados à perda de audição, devem existir em peixes, controlando a formação dos otólitos. Procurando em bibliotecas de cDNA de peixe zebra por seqüências semelhantes, os autores identificaram a presença de um gene responsável pela biomineralização dos otólitos, denominando-o *starmaker*, o qual codifica uma proteína de 613 aminoácidos, sendo sua expressão restrita as células do epitélio sensorial durante o desenvolvimento embrionário. Utilizando-se de oligonucleotídios modificados, os autores demonstraram que a redução da atividade deste gene resultava em severas alterações na morfologia do otólito, devido a alterações no tipo cristalino, modificando o formato oval para um formato estrelar. As larvas dos peixes zebra que tiveram os otólitos modificados passaram a exibir dificuldade em se orientar com os rápidos movimentos da água, em comparação com as larvas contrôle. O desenvolvimento dos otólitos da espécie citada ocorre em duas etapas: a primeira, entre 18 a 24 horas após a fertilização, quando se inicia uma intensa sedimentação de partículas compostas de glicogênio, formando o *primordium* do otólito, que se ligam aos kinocílios das células da mácula, localizada na placa óptica das larvas. Após 24 horas, a velocidade de formação diminui e o otólito passa a apresentar o padrão de crescimento diário com a formação de microincrementos.

#### 1.3 b - A Microestrutura dos Otólitos

Há muito tempo os anéis de crescimento em tecidos calcificados, como vértebras e otólitos, são utilizados para se determinar a idade dos organismos. Os otólitos dos peixes são utilizados desde que foi reconhecida a formação de anéis de crescimento com periodicidade anual, há mais de um século (Jones, 1992).

O estudo da microestrutura dos otólitos começou a surgir no início da década de 70, quando o incremento diário foi reconhecido (Pannela, 1971; 1974; Brothers *et al.*, 1976; Struhsaker & Uchiyama, 1976). Inicialmente a análise da microestrutura destas estruturas foi uma forma encontrada por Panella (1971) de validar a formação dos *annuli*, anéis formados com periodicidade anual. Examinando os microincrementos presentes nos otólitos de várias espécies de peixes de águas temperadas, ele constatou a presença de aproximadamente 360 incrementos finos entre os *annuli*, postulando que tais incrementos eram alterações diárias na microestrutura.

Desde o reconhecimento do padrão de deposição diário na formação dos microincrementos (Pannela, 1971; 1974; Brothers *et al.*, 1976), muitos estudos mostraram a recorrência desta característica em distintas espécies de peixes, abrangendo muitos grupos na filogenia dos Teleostei (Lochet *et al.*, 2008; Correia *et al.*, 2006; Joh *et al*, 2005, Bellucco *et al.*, 2004; Hussy *et al.*, 2003; Humphrey *et al.*, 2003 Kellermann *et al.*, 2002; Marui *et al*, 2001; Ekau & Blay, 2000; Sirois *et al*, 1998; Szedlmayer, 1998; Bigelow *et al.*, 1995; Moksness & Fossum; 1992; Linkowski *et al*, 1993; Linkowski, 1991; Gartner, 1991 a e b; Brothers et al., 1976; Pannela, 1971, 1974;) e até mesmo em fósseis (Woydack & Morales-Nin, 2001). Trata-se, portanto, de um

fenômeno generalizado entre os Teleostei. De modo geral, o *sagittae* contém os maiores incrementos, possibilitando uma melhor visualização de suas características microestruturais (Secor *et al.* 1992).

O crescimento dos otólitos é um fenômeno complexo integrando vários fatores, tanto endógenos como exógenos, mas sempre regulados pela fisiologia dos peixes (Morales-Nin, 2000). A interpretação precisa do padrão de crescimento dos otólitos em peixes requer conhecimento sobre os fatores que podem afetar a produção e as características do microincremento, tais como fotoperíodo e alimentação (Oyadomari & Auer, 2007; Campana & Neilson, 1985), temperatura (Callihan *et al.*, 2008; Fey, 2006; Otterlei *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2001; Oozeki & Watanabe, 2000; Campana & Neilson, 1985), mudanças de hábitat durante o ciclo de vida e o ritmo circadiano (Hale & Swearer, 2008; Correia *et al.*, 2006; Wilson & McCormick, 1999; Campana & Neilson, 1985).

Todos estes fatores influenciam o padrão da microestrutura, alterando a espessura dos microincrementos (Molony & Sheaves, 2002; Bailey & Heath, 2001; Gauldie *et al*, 1995; Campana & Neilson, 1985), induzindo à presença de descontinuidades (Barnett-Johnson *et al.*, 2007; Linkowski, 1996; Gauldie *et al*, 1995; Campana & Neilson, 1985), de anéis subdiários (Campana & Neilson, 1985), de núcleos de deposição acessórios (Gartner 1991 b) e à composição química (Hale & Swearer, 2008; Thresher, 1999; Kalish et al., 1995; Gauldie *et al*, 1995). No entanto, somente situações extremas em ambiente experimental mostraram alteração na deposição diária dos microincrementos (Söllner, *et al*. 2003; Mugiya & Uchimura, 1989).

Observações em campo e laboratório demonstram que a espessura dos microincrementos pode mudar em resposta à temperatura e à dieta, mas a periodicidade de deposição dos mesmos permanece inalterada (Gauldie & Radtke, 1990). O crescimento diário dos otólitos, medido através da espessura de cada incremento, pode ser utilizado para inferir o crescimento somático diário. Para isto é necessário verificar a relação entre o tamanho do otólito e o tamanho do peixe e expressar a taxa de crescimento individual como o aumento diário em tamanho ou massa (Jones, 1992).

Gartner (1991 a; b) estudou o padrão diário de deposição dos microincrementos de uma espécie ecologicamente similar a do presente estudo no que tange o hábitat, a alimentação e a migração vertical, *Diaphus dumerilii*, mostrando que a microestrutura dos otólitos *sagittae* é caracterizada pela presença de regiões distintas: uma zona larval, próxima ao núcleo, onde são encontrados microincrementos finos com cerca de 2  $\mu$ m de diâmetro; uma zona pós-larval, subseqüente à primeira e com raio semelhante à zona larval, apresentando aspecto escuro e núcleos de deposição acessórios nos seus limites; e uma zona pósmetamórfica, onde os microincrementos são bem definidos e tem a estrutura bipartida típica dos incrementos diários. Bellucco *et al.* (2004), verificaram um padrão similar ao descrito por Gartner (op cit.) para os otólitos de *Maurolicus stehmanni*.

#### 1.3 c - A morfologia dos Otólitos

Um problema central nos estudos sobre a morfologia dos peixes reside na caracterização da forma dos mesmos ou de partes deles, constituindo um passo fundamental para as análises filogenéticas que a utilizam na determinação dos caracteres osteológicos e sua polarização e, conseqüentemente, na elaboração de hipóteses sobre o parentesco das espécies, bem como na diferenciação de estoques e grupos de manejo.

A análise da forma tem um papel importante em muitos estudos biológicos e populacionais porque uma grande variedade de processos biológicos leva à diferenças na forma dos indivíduos ou de suas partes, dentre eles: doenças ou injurias, o desenvolvimento ontogenético, adaptação a fatores ambientais ou no próprio processo evolutivo (Zelditch *et al.* 2004). Assim, muitas informações podem ser obtidas sobre a história de vida das espécies analisando-se, comparativamente, a forma dos organismos ou de suas estruturas.

Historicamente, desde o início dos estudos sobre a forma, sugeriu-se que a forma segue funções (Curvier, 1828 *apud* Lele, 1999). O trabalho de Thompson (1917) foi pioneiro na comparação da forma dos peixes. Seu método das coordenadas se

baseava na deformação de uma figura em duas dimensões para outra em um plano cartesiano, e assim teve inicio um importante aspecto da análise de diferentes formas. Este autor destacou que a existência da forma orgânica pode estar em conformidade com leis matemáticas e físicas. Ele acreditava que um dos objetivos principais dos estudos morfológicos era comparar formas relativas mais do que definir propriamente o que é a forma. Seu método de tratamento da forma é baseado inteiramente na análise energética e nas transformações globais (Goodwin, 1999).

Embora os conceitos de forma e tamanho sejam conceitos intrinsecamente conectados eles são distintos. Bookstein (1989) revisou os conceitos de tamanho e de forma mostrando que a relação: *tamanho* e *forma* pode ser classificada em cinco grupos, nos quais a interpretação da forma e do tamanho são diferentes e independentes. Nos estudos morfológicos, uma grande quantidade de métodos são utilizados para se descrever e comparar a forma, como as proporções das dimensões lineares, as grades bio-ortogonais cuja origem remonta ao trabalho de Thompson (1917), a análise matricial das distâncias euclidianas, uma gama de variações das análises de Fourier e a morfometria geométrica, entre outros (Chen *et. al*, 2000 *apud* Trace *et. al*, 2006).

Atualmente, em muitos estudos, os conceitos de forma e tamanho têm sido definidos sob um contexto geométrico (Ponton, 2006; Monteiro *et al* 2005; Zelditch *et al.* 2004; Bookstein, 1999;). A forma é freqüentemente definida na morfometria geométrica como toda informação que permanece quando os efeitos de localização, de escala e rotacionais são extraídos de um objeto (Kendall, 1977); entretanto, esta proposição define o problema indiretamente, e resume-se à idéia de que excluindo o tamanho do objeto o que permanece é a forma. Mas, pode-se argumentar matematicamente que a forma, no seu sentido mais amplo, inclui todos os tamanhos possíveis que podem ser extraídos de um objeto, ou seja, todas as diferentes distâncias entre todos os infinitos pontos de um objeto em um espaço tridimensional, definidas sob uma métrica como a euclidiana.

Deste modo, é muito difícil estudar a forma neste sentido amplo do conceito. Assim, os estudos morfológicos focam em diferentes aspectos da forma utilizando-se da variada gama de métodos acima mencionada. Nestes estudos, é comum o termo da língua Inglesa: *shape*, para descrever alguns destes aspectos da forma, restringindo o sentido abrangente do termo à palavra *form*, que inclui o tamanho (Cock, 1966). Na língua portuguesa, podemos utilizar o conceito de formato ou silhueta como uma melhor tradução para o termo *shape* (Chauí-Berlinck<sup>1</sup>, comunicação pessoal), representando um subconjunto dessas informações geométricas.

A morfometria geométrica permite analisar o formato dos organismos a partir do registro da localização de pontos anatômicos de referência, as *landmarks*, as quais implicam em caracteres homólogos (Bookstein, 1999). As coordenadas Cartesianas e as distâncias entre os pontos anatômicos de referência e o centro de massa do organismo são obtidas. Posteriormente, estas medidas de configuração das posições dos pontos anatômicos são reduzidas a múltiplos vetores, independentes do tamanho, conhecidos como coordenadas da forma / formato, que são submetidos a uma análise estatística multivariada (Bookstein, op cit.), possibilitando sua análise em um contexto ontogenético ou evolutivo. Monteiro *et al.* (2005), utilizando os métodos da morfometria geométrica, determinaram para diferentes espécies de scianídeos, padrões de variação alométrica intra e interespecífica no formato dos otólitos *saggitae*.

A análise morfológica dos otólitos tem sido foco de muitos estudos (Bergenius *et al* 2006; Tuset *et al.*, 2006; Monteiro *et al.*, 2005; Parisi-Baradad *et al.*, 2005; Piera *et al.* 2005; Cardinale *et al.* 2004; Tuset *et al.*, 2003 a e b; Gauldie & Crampton, 2002; DeVries *et al.*, 2002; Campana & Casselman, 1993). Estes estudos têm apresentado diferentes medidas quantitativas do formato dos otólitos, possibilitando estimar a composição de um estoque, bem como identificar indivíduos de diferentes estoques (Bergenius *et al* 2006; Cardinale *et al.* 2004; DeVries *et al.*, 2002; Campana & Casselman, 1993), associando as diferentes variações morfológicas a fatores ambientais como a temperatura ou a profundidade (Gauldie & Crampton, 2002).

Os estudos realizados mostram que a morfologia dos otólitos é muito complexa, entretanto é bem definida e constante para espécies (Nolf, 1993) ou para

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Dr. José Guilherme Chauí-Berlinck, Departamento de Fisiologia, IB-USP.

gêneros (Gaemers, 1984) e está relacionada a um tipo particular de hábitat. Peixes que produzem sons como os Sciaenidae, por exemplo, geralmente possuem otólitos espessos e densos, com marcantes modificações morfológicas, aparentemente para perceber os sons dos outros indivíduos da espécie. Peixes epipelágicos, que são nadadores velozes, têm como característica otólitos pequenos, alongados e com sulcos profundos, apresentando rostros proeminentes (Nolf, op cit.).

A forma dos otólitos está relacionada a uma gama variada de fatores, como o formato da cápsula ótica e do crânio e à descontinuidades no crescimento resultantes do controle da mácula (Morales-Nin, 2000). Os três pares de otólitos: *lapilli, asterisci* e *saggitae* são banhados pelo mesmo fluido endolinfático, mas possuem formas distintas, ressaltando o papel da mácula em gerar suas formas (Gauldie, 1999). Diferentes formatos devem resultar em eficiências mecânicas diferentes para a audição em freqüências distintas (Popper & Lu, 2000).

Análises do contorno dos otólitos têm sido realizadas para examinar e avaliar suas características morfológicas por meio da representação unidimensional do seu perímetro (Parisi-Baradad *et al*, 2005). Através destas análises, uma curva é obtida pela decomposição do contorno em muitos fragmentos, calculando-se as distâncias entre o fim de cada fragmento e o centro de gravidade do otólito analisado.

O problema cientifico que se apresenta é como diferenciar, através de representações dimensionais do contorno dos otólitos, as diferentes espécies, populações e estoques (Ponton, 2006; Parisi-Baradad *et al*, 2005). O método comumente aplicado na análise do contorno dos otólitos é o da aplicação da expansão harmônica usando a transformação de Fourier, o qual consiste na representação da decomposição da curva de contorno por meio de combinações de funções lineares seno e cosseno, obtendo-se um espectro desse contorno, o qual serve para caracterizar o seu formato (Parisi-Baradad *et al*, op cit.; Piera *et al*, 2005; DeVries *et al*, 2002).

Mais recentemente, com o desenvolvimento da tecnologia de análise das imagens, muitos autores têm abordado o assunto utilizando-se de variáveis dependentes do tamanho, obtidas diretamente dos otólitos, como por exemplo, o diâmetro antero-posterior ou máximo diâmetro de Feret, a altura dorso ventral, a distância de vários pontos entre a margem em relação ao *primordium* ou centro geométrico, a área 2D da projeção sagital, o perímetro, além de índices calculados a partir destas medidas como o Fator de Forma, Circularidade e Retangularidade, entre outros. Estas análises vêm sendo aplicadas tanto para a caracterização ontogenética, como filogenética da morfologia dos otólitos (Galley *et al.*; 2006; Megalofonou, 2006; Petursdottir *et al.* 2006; Ponton, 2006; Tracey *et al.* 2006; Tuset *et al.*, 2006; Bergenius *et al.*, 2005; Tuset *et al.* 2003 a e b; Cadrin & Friedland, 1999; Gago, 1993; Lombarte, 1992).

Em estudo recente, Megalofonou (2006) calculou, por meio da análise de imagens, a área 2D da projeção sagital e o perímetro dos otólitos das larvas e juvenis de atuns. O autor demonstrou que a morfologia dos otólitos variava de arredondada nas larvas, para um formato específico nos adultos, e conclui que, conseqüentemente, os índices de formato aplicados representam em um plano bidimensional o padrão de crescimento dos otólitos, e podem ser utilizados como uma informação adicional para uma melhor estimativa da idade e do crescimento.

#### 1.4 - Variação Espacial no Crescimento

Muitos estudos têm mostrado a presença de diferenças consistentes no crescimento, assim como em outras características biológicos, entre indivíduos considerados como pertencentes à mesma espécie, mas encontrados em diferentes localidades geográficas (Silva *et. al.* 2008; Sponaugle *et al.* 2005; Kingsford & Hughes, 2005; Denit & Sponaugle, 2004; Mcllwain *et al.*, 2005; Villamor *et. al.*, 2004; Kristoffersen & Salvanes, 1998; Salvanes & Stockley; 1996; Gibbs, 1986, Johnson, 1986), sendo estas diferenças comuns em espécies distribuídas por uma ampla área geográfica.

Em muitas espécies existe um gradiente latitudinal nos parâmetros que definem suas estratégias de vida, maximizando seu bem estar em relação às condições ambientais específicas (Frisk & Miller, 2006). Variáveis físicas e processos biológicos podem restringir o intercâmbio de dispersão de larvas e adultos entre áreas, dentro da amplitude de distribuição das populações de uma espécie,

resultando em grupos de indivíduos que são fenotipicamente ou geneticamente distintos (Bergenius *et al* 2006). Devido a esta variabilidade, Gartner (1993) sugere que as informações sobre distribuição, crescimento e ciclo de vida, devem ser obtidas regionalmente para os Myctophidae, grupo ecologicamente similar à da espécie abordada neste estudo, especialmente em ambientes de baixas latitudes.

Salvanes e Stockley (1996) encontraram diferenças importantes nas classes etárias e de comprimento, assim como em parâmetros reprodutivos, como maturidade, fecundidade e época de desova para as populações de *Maurolicus muelleri*, entre o Mar da Noruega, a Região Costeira e os Fjords no Atlântico Norte. Kristoffersen e Salvanes (1998) também estudando as populações de *Maurolicus muelleri* na região dos Fjords e na região Sudeste e Nordeste do Mar da Noruega, detectaram diferentes grupos etários e diferenças importantes nas taxas de mortalidade, sendo a mortalidade dos adultos maior nas regiões oceânicas. Estes autores demonstraram que a abundância da espécie também foi diferente, em muitas ordens de magnitude, nas diferentes áreas analisadas.

Silva *et. al.* (2008) verificaram que populações de sardinha apresentaram uma grande variação geográfica, com diferenças persistentes na relação idadecomprimento entre as áreas analisadas. Diferenças geográficas, em média, na relação tamanho versus idade, associadas com a estrutura etária e do comprimento, podem refletir padrões de crescimento separados (Begg, 2005) ou a migrações de grupos etários específicos entre áreas (Villamor *et. al.*, 2004).

Vaz-do-Santos (2006) demonstrou, para a área do presente estudo, a existência de dois estoques diferenciados quanto aos parâmetros de crescimento e reprodução da merluza: *Merluccius hubbsi*, um no sudeste e outro mais ao sul, este último compartilhado com a Argentina e o Uruguai, exigindo diferentes estratégias regionais para o manejo da espécie.

Considerando todos os aspectos mencionados, fundamentais para a compreensão do fenômeno do crescimento em sua complexidade, podemos finalmente estabelecer, com precisão, os objetivos deste estudo.

#### 1.5- Questões, Hipóteses e Objetivos do Presente Estudo:

As questões que nortearam o presente estudo foram: Existem evidências de variação espacial no crescimento individual da espécie *Maurolicus stehmanni* ao longo da região Sudeste e Sul do Brasil? E, quais os fatores que levam ou não a existência desta variação? Para abordar o assunto, foi escolhido como método a análise dos padrões da microestrutura e morfologia dos otólitos *saggitae* de indivíduos coletados em duas áreas: o Cabo Frio, no Sudeste e o Rio Grande, no Sul (Fig. 2 e 3), extremos no gradiente latitudinal da distribuição da espécie na região, onde as características oceanográficas são distintas.

Levando em conta o atual conhecimento sobre a biologia e o comportamento de *Maurolicus stehmanni* e o desconhecimento sobre a dispersão latitudinal dos cardumes da espécie foram formuladas, a princípio, duas hipóteses sobre o crescimento da espécie na região:

-A hipótese da permanência no lugar de nascimento: pela qual os indivíduos da espécie nascem e crescem mantendo-se em localidades geograficamente próximas, de latitude e longitude. Neste caso, os indivíduos localizados nos extremos da área do estudo estariam sujeitos, ao longo do tempo, a condições oceanográficas e ecológicas distintas, podendo ser encontrada variação latitudinal no crescimento individual. Assim, seria esperada variação espacial no crescimento da espécie entre as regiões Sudeste e Sul, devido à comprovada influência dos fatores ambientais sobre o crescimento. Esta variação, então, ficaria registrada na morfologia e microestrutura dos otólitos.

-A *hipótese da dispersão latitudinal*: a qual consideraria a existência de migração latitudinal dos indivíduos ao longo da região Sudeste e Sul na Quebra de Plataforma e Talude. Neste caso, indivíduos da espécie nascidos em diferentes lugares desta região poderiam estar se misturando ao longo do tempo. Com isso, seria esperado homogeneidade espacial das características da microestrutura e morfologia dos otólitos, e nos parâmetros de crescimento.

Deste modo, o estudo teve como objetivos:

A) Comparar o crescimento, por meio da análise da microestrutura e da morfologia dos otólitos *saggitae*, de exemplares de *Maurolicus stemanni* coletados em duas localidades da sua distribuição latitudinal: a região Sudeste, no Cabo Frio (RJ)- e a região Sul, no Rio Grande (RS).

B) Descrever as variações ontogenéticas no formato dos otólitos *saggitae* em relação ao crescimento da espécie, comparando-as entre os indivíduos das regiões citadas.

### 1.6- Características Oceanográficas da Região deste Estudo

A área de ocorrência da espécie, descrita na Figura 2, consiste na região oceânica delimitada pelas coordenadas 22°00′S e 41°30′W (Cabo de São Tomé-RJ), e 33°44′S e 53°16′W (Chuí-RS), entre as isóbatas de 100 e 1500 metros de profundidade, aproximadamente. Essa região, aqui denominada de Região Sudeste-Sul do Brasil, apresenta uma extensa plataforma continental podendo ser dividida em duas áreas segundo suas características oceanográficas: A Plataforma Continental Sudeste (PCSE) e a Plataforma Continental Sul (PCS).

A PCSE está limitada entre o Cabo Frio-RJ (23° S) e o Cabo de Santa Marta Grande – SC (28° 36') com uma parte mais extensa (230 Km) localizada em frente a Santos, e uma mais estreita localizada nas proximidades de Cabo Frio (50 Km) (Castro *et al.* 2006). A profundidade na quebra da plataforma varia entre 120m e 180m. A PCS está localizada entre o Cabo Santa Marta Grande e o Arroio Chuí, estando limitada pela isóbata de 180m, sendo mais estreita ao norte (110 Km) e mais larga ao sul (170 Km) (Madureira *et al.*, 2005).

Desde os primeiros trabalhos sobre a estrutura termohalina e a circulação da região Sudeste-Sul do Atlântico (Böhnecke, 1936; Schumacher, 1943; *apud* Castro *et al.*, 2006) foram identificados processos oceanográficos regionais como: 1- núcleos de

águas frias (< 23 °C) ao largo de Cabo Frio no verão, associados a salinidades menores do que 36 ups mostrando a influência de águas de camadas mais profundas; 2- advecção de águas frias (< 18°C) e de baixa salinidade (< 34,5 ups) ao longo da plataforma do Rio Grande do Sul no inverno; 3- vórtices na região de cisalhamento ciclônico da Corrente do Brasil (CB) na costa sudeste, com intensidades variando 0,2 a 0,3 ms<sup>-1</sup>; 4- penetração gradativa do ramo costeiro da Corrente das Malvinas (CM) ao longo da costa e 5- confluência da CB com a CM e advecção para o norte no período de transição entre outono-inverno.

No Atlântico Sul, os ventos alíseos propelem a Corrente Sul Equatorial para o Oeste; uma parte desta corrente transpõe o Equador em direção ao Atlântico Norte e o restante se dirige ao Sul resultando na CB. Assim, a CB pode ser definida como a corrente de contorno oeste associada ao Giro Subtropical das correntes de superfície (Castro *et al.*, 2006) que se origina ao sul de 10° S na região onde o ramo mais ao sul da Corrente Sul Equatorial (CSE) se bifurca, formando também, a Corrente Norte do Brasil (CNB). A CB flui no talude continental em direção ao sul, sustentada por um mecanismo termohalino, contornando o continente sul-americano até a região da Convergência Subtropical (33-38° S), onde conflui com a Corrente das Malvinas e se separa da costa. As correntes de contorno oeste são caracterizadas por fluxos intensos, estreitos e bem definidos, fluindo ao largo de margens continentais; entretanto, a CB é considerada uma corrente fraca em relação a sua análoga no Atlântico Norte, a Corrente do Golfo (Castro *et al.*, op cit.).

Quanto às massas de água que compõe a CB, são mencionadas freqüentemente: a Água Tropical (AT) (Miranda, 1982; Emílsson, 1961), caracterizada como uma massa de água quente e salina (T> 20 °C e S> 36,40), formada pela intensa radiação solar e excesso de evaporação em relação à precipitação no Atlântico Tropical, e que ocupa a superfície do Atlântico Sul tropical (0-200 m), sendo transportada pela CB para o sul. Em seu trajeto para o sul a AT se mistura com águas costeiras mais frias e de menor salinidade, sendo que na região sudeste é caracterizada por temperaturas maiores que 20°C e salinidades acima de 36 ups (Castro *et al.*, 2006). A Água Central do Atlântico Sul (ACAS) é formada por afundamento das águas na região da Convergência Subtropical e encontra-se

35

fluindo, através do ajuste hidrostático, para o norte na região da picnoclina, com temperaturas maiores que 6°C e menores que 20°C, e salinidades entre 34,4 e 36 ups. No entanto, ocorre bifurcação e parte dela flui em direção ao Sul, no Cabo de São Tomé (Castro *et al.*, op cit.).

Ao sul da sua área de formação, a CB é uma corrente rasa, quente e salina constituída basicamente por AT fluindo junto à quebra de plataforma. Na latitude de 20° S, ela se encontra com a ACAS, tornando-se mais profunda e crescendo em transporte; já no Sul da Bacia de Santos, em 28° S, a ACAS chega à profundidade de 750 m, sendo a CB organizada até esta profundidade (Campos, *et al.*, 1995). Abaixo de 25° S, outras duas massas de água profundas fluem em consonância com a CB para o pólo Sul, a Água Intermediária Antártica (AIA) e a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).

Na Região Sudeste, entre Cabo de São Tomé (22°S) e Cabo de Santa Marta Grande (28°S), nos meses de primavera e verão, devido à ocorrência de ventos nordeste, pode ocorrer ressurgência costeira, principalmente próximo a Cabo Frio, quando há penetração da ACAS sobre a plataforma. Ressurgências de quebra de plataforma observadas na região são determinadas pelo padrão de meandramento da Corrente do Brasil no talude e dos vórtices formados quando a CB flui em direção ao Sul (Campos *et al.* 1995). As ressurgências são caracterizadas pela ocorrência de movimentos ascendentes, componentes naturais da circulação oceânica que contribuem para as trocas de massa e energia entre as camadas superficiais e profundas (Castro *et al.*, 2006). Nas regiões de ressurgência, nutrientes são transportados para a zona eufótica, onde são utilizados na produção primaria e que é relativamente alta nas regiões adjacentes a este fenômeno.

Meandros ciclônicos e anticiclônicos, ao norte de Cabo Frio, foram detectados por imagem de satélites (Castro *et al.*, op cit.) e pares de vórtices em lados opostos da CB na Bacia de Santos (Campos, 2000; Campos, *et al.* 1996a). Acredita-se que estas estruturas facilitem a penetração da ACAS em regiões mais rasas, mas, a avaliação do papel dos vórtices na estrutura oceanográfica das regiões necessita do conhecimento da sua freqüência de formação e de sua velocidade de propagação que, no momento, ainda não é disponível (Castro *et al.*, 2006).

A Região sul, entre o Cabo de Santa Marta Grande (28°S) e o Arroio Chuí (33°S), é caracterizada pela presença da Convergência Subtropical (CS), sendo uma interface das regiões subtropical e temperada (Haimovici *et al.*, 1994). A CS ocorre devido ao encontro da Corrente do Brasil com a Corrente das Malvinas (CM), aproximadamente em 42°S, formando-se a ACAS, que se dirige a camadas mais profundas e realiza um giro anti-horário. Processos de ressurgência costeira ocorrem nas épocas de primavera e verão nas proximidades do Cabo de Santa Marta Grande. Ressurgência de quebra de plataforma ocorre durante o ano todo, com maior intensidade nos meses de inverno (Haimovici *et al.*, 1994).

Caldeira (2001) identificou cinco feições oceanográficas, a partir de dados coletados em cruzeiros realizados no mesmo período do presente estudo, na Região Sudeste e Sul: 1) A infiltração de ACAS sobre a plataforma continental, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e São Sebastião (SP), no Outono e Verão de 1997. 2) Focos de Ressurgência de ACAS na plataforma intermediária, entre São Sebastião e o Cabo de Santa Marta (SC), no Inverno de 1996. 3) Ressurgência de quebra de plataforma, entre São Sebastião e o Cabo de Santa Marta, no Outono de 1997. 4) Águas costeiras na plataforma externa, nesta mesma área, no verão de 1997 e 5) Águas de plataforma ao sul de 28°30′ S, entre o Cabo de Santa Marta e o Chuí (RS), no inverno de 1996 e no Outono e Verão de 1997.

# 2-Material e Métodos

## 2.1- Material do Estudo: As Amostras e a Obtenção das Variáveis dos Peixes

As coletas dos peixes foram realizadas em três cruzeiros com o N/Oc "Atlântico Sul", utilizando-se uma rede de arrasto de meia água: o primeiro no inverno (julho a setembro) de 1996, o segundo no outono (abril e maio) de 1997 e o terceiro na primavera (novembro e dezembro) de 1997. Os cardumes foram detectados por meio de varreduras acústicas e ecointegração, com uma ecossonda Sinrad EK 500. Nos lances de pesca efetuados, entre o Cabo Frio (RJ) e o Arroio Chuí
(RS) (Fig. 2), foram monitoradas as condições oceanográficas pelo lançamento de CTD. Com estes dados foram obtidos perfis verticais de temperatura e salinidade para radiais na região do Cabo Frio e do Rio Grande, das três épocas do ano, já apresentados por Almeida (2001) (Fig. 4, 5 e 6).

Para complementar a avaliação das diferenças oceanográficas entre as regiões comparadas neste estudo, foram obtidos da literatura (Castro *et al.*, 2006), os plots médios da temperatura de superfície da água do mar anual (Fig 7), para o período de 1987 a 1998. Também foram obtidos, para as latitudes de 22º e 34ºS (Giovanni, NASA 2007), a partir de imagens de satélites, plots médios para o período de Abril a Dezembro de 1997, das concentrações de clorofila, nitrato e da profundidade da camada de mistura (Fig. 8, 9 e 10).

A bordo, depois de efetuado cada lance de pesca, foi anotado o peso da amostra e, uma sub-amostra destes peixes, foi separada aleatoriamente do todo, acondicionada em bandejas, devidamente identificadas e congeladas. Após os cruzeiros, estas amostras foram descongeladas e medidas em laboratório sendo que, para cada indivíduo, foram tomados os valores das variáveis: Comprimento total (Ct)- a distância da ponta do focinho até a extremidade posterior dos raios da nadadeira caudal, o Comprimento Padrão (Cp) - a distância do focinho à extremidade posterior dos ossos hipurais, utilizando-se de uma régua com precisão milimétrica, e também o Peso (Wt), em gramas, utilizando-se uma balança de precisão. As gônadas de cada exemplar foram retiradas e o sexo do indivíduo foi verificado sob estereomicroscópio. De uma sub-amostra destes peixes, foram removidos os otólitos *saggitae*, sob estereomicroscópico, devido seu tamanho diminuto e fragilidade. Os otólitos foram limpos de toda matéria orgânica, por meio de pinceis finos e água, e armazenados a seco em tubos de plástico, devidamente identificados, para a análise posterior de sua morfologia e microestrutura.

Procurando-se atender aos objetivos do estudo, foram selecionados otólitos de duas áreas com características oceanográficas distintas, por classes de dois em dois milímetros no comprimento padrão dos peixes, a <u>região Sudeste</u>: otólitos extraídos das sub-amostras coletadas nas estações oceanográficas cima de 24° S, e da

<u>região Sul:</u> otólitos extraídos das sub-amostras coletadas nas estações de pesca abaixo de 31° S, (fig 3). Foram utilizados para as comparações, otólitos de estações oceanográficas dos três cruzeiros realizados, compreendendo três épocas do ano distintas agrupadas, para as duas regiões, de maneira a evitar o efeito da modulação sazonal sobre a análise do crescimento. Análises preliminares já haviam indicado não haver diferenças significativas, ao nível descritivo de 5%, entre o tamanho dos otólitos direito e esquerdo (Almeida, E. M<sup>2</sup>. comunicação pessoal). Assim, somente os otólitos direitos foram utilizados no estudo.

Otólitos extraídos das larvas de *M. stehmanni*, coletadas na região de Santos, foram gentilmente cedidos pelo aluno Daniel Ajzen e o prof Dr. Mario Katsuragawa, do Laboratório de Ictioplâncton do IO-USP, para a complementação do estudo da ontogenia dos otólitos.

### 2.2- Preparações e Obtenção das Variáveis dos Otólitos

#### 2.2 a - Microestrutura

Os processos para a estimativa da idade dos peixes incorporam duas fontes importantes de erros: aqueles associados à estrutura que está sendo examinada, na qual nem todos os eixos internos possuem uma completa seqüência de incrementos de crescimento, levando à subestimativa da idade, e aqueles erros associados à subjetividade na interpretação dos incrementos periódicos nessas estruturas calcificadas (Campana, 2001) e que levam à uma subestimativa ou sobrestimativa da idade. As estimativas etárias são mais valiosas quando são acuradas ou exatas, e também precisas (Campana & Jones, 1992). A exatidão se refere à aproximação da estimativa ao valor real; já a precisão refere-se à reprodutibilidade das medidas

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Mcs. Eduardo Machado de Almeida - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

individuais. Assim, as estimativas etárias podem estar precisas, mas não necessariamente acuradas (Campana & Jones, op cit.).

Considerando estes aspectos, foram adotados os seguintes procedimentos na preparação dos otólitos para a análise de sua microestrutura, com base nos trabalhos de Campana & Neilson (1985), Neilson (1992), Secor *et al.* (1992), Campana (1992, 2001) e Bellucco *et al.* (2004), podendo ser dividida em três etapas distintas: a montagem, a preparação e a obtenção das medidas, imagens e contagens dos microincrementos. O trabalho de preparação da microestrutura dos otólitos envolve grande tempo em laboratório, requerendo persistência, determinação e criatividade (Secor *et al.* 1992).

O processo de montagem consiste na fixação dos otólitos em lâminas histológicas utilizando-se resina acrílica, como um esmalte incolor, que garante secagem rápida, boa fixação e transmissão de luz, e fornece um suporte adequado. Uma gota relativamente pequena de resina era colocada sobre a lâmina e, com auxílio de estiletes, os otólitos eram posicionados sobre a resina com a face interna plana voltada para a lâmina, onde se encontra o suco acústico. O otólito era então apertado levemente até encostar-se na lâmina, mantendo-se o plano de desbaste e leitura paralelo ao plano da lâmina. Após este passo as lâminas eram cuidadosamente dispostas em caixas acrílicas, na qual permaneciam ao menos 12 horas, garantindo uma boa aderência da resina ao vidro.

Após esta fixação, iniciou-se a fase de preparação, e devido à fragilidade da estrutura, foi realizada manualmente. Os otólitos foram desbastados em um mesmo sentido primeiramente com um microabrasivo de 9 *micra*, posteriormente o eixo de desbaste foi alterado em 90°, mudando para um microabrasivo de 3 *micra*. Evitou-se o lichamento circular, pois os riscos resultantes poderiam se sobrepor e obscurecer a identificação dos incrementos. Durante o processo de desbaste os otólitos e os microabrasivos foram lavados constantemente com água destilada e os otólitos observados passo a passo ao microscópio, procurando-se obter um plano onde todos os microincrementos eram visíveis, a partir do seu primórdio. Este processo é importante para evitar os erros mencionados em Campana (2001). Posteriormente os

otólitos foram polidos com movimentos circulares, utilizando-se um pano de polimento metalográfico untado com pasta de diamante, para a eliminação dos riscos resultantes da preparação, os quais podem dificultar a interpretação dos microincrementos.

Após a preparação dos otólitos, eles foram analisados sob luz-transmitida em um microscópio de luz, conectado a uma câmera digital com interface em um computador. Foi preparado um banco de imagens contendo as áreas da microestrutura destes otólitos *saggitae*, selecionando-se as imagens mais representativas das diferentes áreas da microestrutura. Foram feitas medições por meio de um programa de análise de imagens (KS 100, Zeiss) do raio dos otólitos (Ro), da distância entre o núcleo e a borda postero-superior externa do otólito, da distância do núcleo ao ápice do *rostrum* (Zo), em milímetros, (Fig.11); da espessura dos microincrementos ( $\mu$ ), em *micra* (Fig. 13) e foi feita a contagem dos microincrementos no eixo Ro.

Para se evitar problemas associados com as medições da espessura de microincrementos individuais, alguns autores têm medido uma série de espessuras ao longo de um eixo determinado (Neilson, 1992). A seleção de um eixo adequado às medições requer o critério de uso de um eixo de mesmo comprimento e com incrementos bem definidos, como na contagem dos microincrementos (Campana, 1992). A maioria dos otólitos possui um *primordium* posicionado excentricamente, sendo esperado que a espessura de um dado incremento se altere com o comprimento e a orientação do eixo examinado. Assim, um eixo único e linear deve ser adotado para todas as medidas de espessura dos microincrementos dentro de um otólito (Campana, 1992).

Deste modo, em um mesmo eixo, o mesmo adotado para a medição do raio do otólito (Ro), foram realizadas as medidas da espessura de 15 microincrementos consecutivos ( $\mu_{1...}\mu_{15}$ ) (Bailey & Heath, 2001; Jones, 1992), a partir de 30µm do núcleo, número fixo para todos os otólitos, onde os microincrementos eram claramente visíveis, calculando-se a média da espessura destes microincrementos (Média  $\overline{\mu}$ ).

Também foram obtidas as distâncias em relação ao *primordium* e o último incremento mensurado, a variável (Yo), em milímetros (Fig 13).

Para minimizar os erros associados à interpretação dos microincrementos (Campana 2001), os quais interferem na acurácia, foram realizadas duas contagens independentes do número de microincrementos, sendo considerado aceitável o menor valor entre as leituras desde que não excedesse cinco anéis de diferença. Quando havia discordância maior que cinco anéis entre os valores obtidos, era realizada uma terceira leitura, cujo valor era comparado com as outras duas, aceitando-se as leituras que não ultrapassassem cinco anéis de diferenças. Caso ainda persistisse a discordância entre as três contagens, o otólito era descartado da análise. Com a obtenção do número de microincrementos de cada otólito, foi criada a variável Idade, em dias, considerando a periodicidade de deposição diária (Bellucco *et al.*, 2004).

## 2.2 b - Morfologia

Para se descrever qualitativamente as variações em duas dimensões no formato externo dos otólitos *saggitae* da espécie, em relação ao crescimento, foram obtidos desenhos da linha externa de contorno dos otólitos selecionados, todos com a mesma escala milimétrica, com auxilio de um estereomicroscópio acoplado a uma câmara clara (Fig.12), e que apresentavam silhueta em perfeito estado, sem quebras ou trincas. Estes desenhos passados a nanquim foram digitalizados e ordenados segundo classes de 2 mm de comprimento padrão dos peixes, descrevendo-se as variações morfológicas no formato dos otólitos em relação ao crescimento do peixe, adotando-se a terminologia estabelecida por Kalish et al, (1995).

Para a caracterização quantitativa do formato dos otólitos foram obtidas, das figuras digitalizadas, as medidas de Área (A) da projeção sagital em 2D, em mm<sup>2</sup>, do Perímetro (P), em mm, da linha de contorno dos otólitos, utilizando-se um programa de análise de imagens (KS 100, Zeiss). Posteriormente foram calculados, com os dados citados, índices para a caracterização do formato: o Fator de Forma (Ff),

calculado pela equação:  $(4\pi A)P^{-2}$  e a Circularidade (Cc) dada pela equação:  $P^2A^{-1}$  (Ponton, 2006; Tuset et al. 2006, 2003a, b).

#### 2.3 Análise das Variáveis:

A análise das variáveis e a discussão dos métodos estatísticos empregados foram realizadas utilizando-se como referência os trabalhos de Quinn & Keough (2007), Bussab & Moretin (2006), Zar (1999), Arnolds (1990) e Green (1979). Foram utilizados os seguintes programas computacionais na execução das análises: NCSS 2007; MINITAB 14 e SAS 9.1, fornecidos pelo Centro de Computação Eletrônica da Universidade de São Paulo (CCE-USP).

Primeiramente, foram realizadas comparações entre os dados obtidos da região Sudeste e Sul com base na análise descritiva das variáveis, empregando como estimadores para os parâmetros das populações, medidas de posição como: A Média, medida mais comum de centralidade, dada pela equação:

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

onde  $\overline{X}$  é a média da amostra,  $X_i$  a i-ésima observação e N, o número total de observações; os Quartis, obtidos quando a variável está ordenada de forma crescente, sendo a Mediana (Med), o valor que ocupa a posição central da série ordenada de observações, obtida diretamente na variável quando o N é impar e quando este é par pela média dos dois valores centrais; o Primeiro Quartil (Q<sub>1</sub>), o valor que ocupa a posição (N+1)/4, na qual 25% das observações estão abaixo e 75% acima deste; o Terceiro Quartil (Q<sub>3</sub>), o valor que ocupa a posição 3(N+1)/4 na qual 75% das observações estão abaixo e 25% acima.

Também foram obtidas medidas de dispersão para as variáveis avaliadas, como a Amplitude (Amp), a diferença entre a maior e o menor observação da variável; a Variância, medida de quão afastadas as observações estão em relação à média, dada pela equação:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \overline{X})}{N - 1}$$

onde  $\sigma^2$  é a variância,  $X_i$  a i-ésima observação,  $\overline{X}$  é a média da amostra e N o tamanho da amostra; o Desvio Padrão, calculado extraindo a raiz quadrada positiva da variância:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \overline{X})}{N - 1}}$$

onde  $\sigma$  é o Desvio Padrão, o qual possui mesma unidade da variável medida; e o Coeficiente de Variação (CV), medida de variabilidade que não depende da magnitude dos dados, definido como:

$$CV = \frac{\sigma}{\overline{X}} \times 100$$

Após a análise descritiva, uma análise unidimensional foi realizada com base nas variáveis quantitativas obtidas, comparando-se as distribuições destas entre as duas regiões, por meio de métodos gráficos. A comparação gráfica foi realizada por meio de: Histogramas, a representação da variável em barras contíguas, com as bases proporcionais aos intervalos de classe e a área de cada retângulo proporcional à freqüência. Foram construídos histogramas do número de indivíduos por sexo e por classe de comprimento (Cp) para a região Sudeste e Sul da amostra total e da subamostra de onde foram obtidos os otólitos; *Box plots*, diagramas na forma de retângulo, onde são representadas a mediana e os quartis, com linhas adjacentes representado o limite superior e inferior da distribuição e os pontos exteriores, os *outliers*, representados por asteriscos. O *Box plot* fornece uma idéia da posição, dispersão, assimetria, caudas e dados atípicos de uma variável. Para avaliar o efeito das variáveis categorizadas sobre a variável quantitativa Cp foram utilizados *plots* de interação.

Após esta análise inicial, foram realizadas análises inferenciais. As médias das variáveis quantitativas obtidas para as duas regiões foram comparadas através de testes de hipótese. Foram estabelecidas as hipóteses nula (H<sub>0</sub>) e alternativa (H<sub>A</sub>) para cada variável, respectivamente, como:  $H_{0:} \mu_{cf} = \mu_{rg}$ ,  $H_{A:} \mu_{cf} \neq \mu_{rg}$ , onde  $\mu_{cf}$ , é a média da variável na amostra Sudeste, e  $\mu_{rg}$ , é a média da variável na amostra Sudeste, e  $\mu_{rg}$ , é a média da variável na amostra Sudeste, e media da variável na amostra Sul. O nível de significância (a) foi fixado em 5%, que consiste na probabilidade de se rejeitar a hipótese nula sendo que esta é verdadeira.

A Análise de Variância (ANOVA), com um fator, foi utilizada para testar a igualdade das médias entre as variáveis das regiões Sudeste e Sul. A ANOVA com um fator consiste no estudo da relação entre uma variável quantitativa (variável resposta) e uma qualitativa (fator), a qual pode ter vários níveis, testando-se a igualdade das médias nos diferentes níveis do fator, no caso deste estudo, os níveis Sudeste e Sul (k= 2). A análise de variância compara a variabilidade entre as médias amostrais dos grupos e a variação dentro dos grupos.

A notação utilizada no modelo da ANOVA é crítico para sua interpretação, assim foi determinado: k = número de níveis de um fator (i= 1... k); i= um dado nível do fator; j = uma dada observação para um nível particular do fator (j =1... n<sub>i</sub>);  $y_{ij}$  = a j-ésima observação da variável resposta para o nível i do fator;  $n_i$  = o número de observações para o i-ésimo nível do fator;  $n_T$  = o número total de casos;  $\mu_i$  = a verdadeira média das observações no i-ésimo nível do fator;  $\mu$  = a verdadeira média da população geral considerando todos os j-ésimos casos de todos i-níveis.

O modelo da ANOVA com um fator pode ser escrito de várias formas, sendo a expressão mais simples especificada como:  $y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$  (o modelo 1) onde  $\mu_i$ representa um parâmetro da população, a verdadeira média do nível i, o componente previsível do modelo;  $\varepsilon_{ij}$  representa as variações individuais e fatores que não são explicados pela parte sistemática do modelo, o efeito aleatório do jésimo indivíduo do nível i. Assim, os resíduos, a informação que não é explicada pela parte sistemática deste modelo é dada na equação:

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} \varepsilon_{ij}^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \mu_i)^2$$

Se a hipótese nula estiver correta, o modelo 1 é reescrito como:  $y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}^*$ (modelo 2) onde os resíduos são dados pela equação:

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (\varepsilon_{ij}^*)^2 = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \mu)^2$$

onde é utilizada a média geral  $\mu$  de todas as observações.

A estimativa da média para cada nível i do fator  $(\overline{y}_{i.})$ , na análise de variância foi então obtida pela equação:

$$\overline{y}_{i.} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$$

Já a estimativa para a média geral considerando todas j-ésimos casos de todos i-níveis ( $\overline{y}$ ) foi obtida pela expressão:

$$\overline{y}_{..} = \frac{1}{n_t} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}$$

Com estas estimativas das médias foram calculadas a Somatória dos Quadrados dos Desvios (SQD), uma estimativa da variabilidade dentro dos níveis do fator, através da equação:

$$SQD = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \overline{y}_{i.})^2$$

A Somatória dos Quadrados Totais (SQT), a estimativa da variabilidade total entre as observações, foi calculada pela equação:

$$SQT = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \overline{y}_{..})^2$$

E também a Somatória dos Quadrados Entre Grupos (SQE), o valor que representa a variabilidade entre os níveis do fator, calculada pela expressão:

$$SQE = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})$$

A relação entre estas somatórias é dada por: SQT = SQD + SQE.

A partir do cálculo destas somas de quadrados foram obtidos os Quadrados Médios Entre Grupos (QME), definido como:

$$QME = \frac{SQE}{k-1}$$

e o Quadrado Médio dos Desvios (QMD), definido como:

$$QMD = \frac{SQD}{n_T - k}$$

que representa a informação não explicada pelo modelo 1. Para testar se a igualdade das médias das variáveis entre as regiões foi aplicado o teste F, dado por:

$$F = \frac{QME}{QMD} \sim F_{k-1,n_T-k}$$

A estatística do teste F apresenta distribuição F-Snedecor, com graus de liberdade: (k-1), para o numerador, e ( $n_T$ -k), para o denominador. Os graus de liberdade indicam o número de elementos independentes nas somas dos quadrados. Quanto maior for o valor de F, maiores são as evidências contra a hipótese nula.

O modelo da ANOVA tem como pressupostos que as amostras de cada nível do fator sejam independentes, que as observações dentro das amostras sejam independentes entre si e que as variáveis resposta tenham distribuição normal com variâncias iguais:  $y_{ij} \sim N(\mu_i, \sigma^2)$ , para todo i e j. De maneira a verificar se estas preposições eram satisfeitas, foram realizadas análises gráficas dos resíduos: o histograma dos resíduos, Q-Q *plots* entre os resíduos e da distribuição normal, os resíduos versus os valores ajustados e os resíduos versus a ordem dos dados.

Foram testadas se as distribuições das variáveis se ajustavam à distribuição normal, por meio do teste de Arderson-Darling (A), estabelecendo como a H<sub>0</sub>: a variável segue uma distribuição normal, H<sub>A</sub>: a variável não segue a distribuição normal. O teste de Arderson-Darling mede a área entre a distribuição normal ajustada e uma função não paramétrica baseada na distribuição dos pontos, dado pela equação:

$$A^{2} = -N - (1/N) \sum (2i - 1)(\ln F(y_{i}) + \ln(1 - F(y_{N+1-i})))$$

onde N é o número de observações, i é o posto das observações quando estas estão ordenadas, F é a função de distribuição cumulativa da normal, e y<sub>i</sub> as observações ordenadas. Quanto menor o valor do teste de Arderson-Darling, melhor é o ajuste da distribuição normal para os dados.

Foi testada também a homocedasticidade das variáveis quantitativas entre as regiões por meio do teste de Levene (L), que têm como pressuposto que a distribuição das variáveis seja contínua. Este método considera as distâncias das observações para a mediana, ao invés da média, sendo o valor do teste dado pela equação:

$$L = \frac{(N-k)\sum n_{i}(\overline{V}_{i.}-\overline{V}_{..})^{2}}{(k-1)\sum \sum (V_{ij}-\overline{V}_{i.})^{2}}$$

onde  $V_{ij} = |y_{ij} - \tilde{y}_i|$ , (i= 1...k; j= 1...n<sub>i</sub>) e  $\tilde{y}_i$  = a mediana ( $\tilde{y}_{i1}...\tilde{y}_{in_i}$ ). Neste teste foi estabelecido como Ho: as variâncias são iguais e H<sub>A</sub>: as variâncias são diferentes.

Quando os testes de normalidade e homocedasticidade foram rejeitados, foi realizado um teste não paramétrico para a igualdade das médias, considerando as mesmas hipóteses: H<sub>0</sub>:  $\mu_{cf} = \mu_{rg} e a$  H<sub>A</sub>:  $\mu_{cf} \neq \mu_{rg}$ . Nestes casos foi aplicada uma análise de variância não paramétrica, o teste de Kruskal-Wallis, que não utiliza diretamente a unidade da variável, mas sim do posto, ou seja, a posição de cada valor quando a variável está ordenada, dado pela expressão:

$$H = \frac{12\sum n_j \left[\overline{R}_j - \overline{R}\right]}{N(N+1)}$$

onde  $n_j$  é o número de observações no grupo j; N o tamanho total da amostra;  $\overline{R}_j$  = o posto médio do grupo j;  $\overline{R}$  = a média de todos os postos. O teste de Kruskal-Wallis pode ser usado em qualquer situação onde a análise de variância com um fator não for aplicável.

Foi calculado o nível descritivo (P) ou P-valor, para os testes de hipótese realizados, utilizando como nível crítico para rejeição da hipótese nula a comparação com o nível de significância (α) de 5%. O P-valor é a probabilidade de se obter um valor do teste tão extremo como o do verdadeiro valor calculado, obtido pelo cálculo da área sob o modelo posterior ao valor do teste observado, e, deste modo, representa a probabilidade de cometer o erro do tipo um. Quanto menor o P-valor, menor é a probabilidade de cometer um erro ao se rejeitar a hipótese nula.

Também foi testada a igualdade das médias para o Cp entre sexos por meio da ANOVA com um fator, considerando o sexo como um fator com três níveis: machos (M), fêmeas (F) e sexo não identificado (NI). A comparação múltipla dos intervalos de confiança foi utilizada para determinar onde se encontrava as diferenças entre as médias de Cp para níveis do fator, utilizando o método de Tukey para o cálculo do intervalo de confiança, dado pela equação:

$$\overline{y}_i - \overline{y}_j \pm \frac{Q(1-\alpha;k,n_T-k)}{\sqrt{2}}s\sqrt{\frac{1}{n_i}} + \frac{1}{n_j}$$

onde  $\overline{y}_i$  é a média da amostra para o i-ésimo nível do fator;  $\overline{y}_j$  e a média da amostra no j-ésimo nível do fator; s é o Quadrado Médio dos Desvios (QMD);  $\alpha$  é o nível de significância estabelecido em 5 %; Q é o percentil superior  $\alpha$  da distribuição t-studant, com  $n_T - k$  graus de liberdade. Os intervalos de confiança são as amplitudes de valores nos quais é provável que contenha algum parâmetro populacional, como a média e o desvio padrão.

Foi realizado também o teste L de homocedasticidade para a variável Cp considerando o fator sexo e o fator região. Um gráfico foi construído com base nos intervalos de confiança de 95% de Bonferroni para o desvio padrão das médias de Cp entre as Regiões e Sexo. O método de Bonferroni utiliza o nível de confiança  $1-\alpha/2p$ , para cada intervalo de confiança individual, onde *p* é o numero de combinações entre os fatores e seus níveis; neste caso, os fatores: Região e Sexo combinando os níveis: Sudeste, Sul e Macho, Fêmea, Não Identificados. Este método assegura que cada grupo de intervalos de confiança tenha nível de confiança, ao menos  $1-\alpha$ , sendo um método mais conservativo e assim prevenindo erro do tipo um.

Posteriormente, foram realizadas análises bidimensionais, analisando-se a associação entre as variáveis quantitativas obtidas. Para verificar o comportamento conjunto destas variáveis, foram construídos gráficos de dispersão, comparando-se a nuvem de pontos dos dados das regiões Sudeste e Sul, entre Ro , Zo, A, P,  $\overline{\mu}$  e Yo versus o Cp, entre Ro , Zo, A, P,  $\overline{\mu}$  e Yo versus Wg e entre Cp, Wg, Ro , Zo, A, P,  $\overline{\mu}$ , Yo versus a Idade. Também foram obtidas as relações entre a Cp versus Wg e entre A versus P.

Para quantificar a associação linear entre as variáveis e verificar a existência de colienariedade, foram calculadas matrizes de correlação, utilizando: 1-Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r_p$ ), dado pela equação:

$$r_{P} = \sum_{i=1}^{n_{i}} \frac{\left(x_{i} - \overline{x}\right)\left(y_{i} - \overline{y}\right)}{(n-1)\sigma_{x}\sigma_{y}}$$

onde  $x_i$  é a i-ésima observação da variável x;  $y_i$  é a i-esima observação da variável,  $\overline{x}$  e  $\overline{y}$  as médias das variáveis; n é o número de observações;  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  os

desvios padrão das variáveis x e y, respectivamente; e 2- Coeficiente de Correlação de Sperman ( $r_s$ ), o qual não utiliza diretamente o valor das variáveis e sim do posto, dado pela expressão:

$$r_{s} = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n_{i}} d_{i}^{2}}{n(n^{2} - 1)}$$

onde  $d_i$ é a diferença entre os postos.

A análise de regressão foi utilizada para modelar as relações observadas nos gráficos de dispersão. Foram utilizados modelos de regressão linear simples:  $y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$ , onde  $y_i$  é o valor da variável resposta para o i-ésimo elemento da amostra;  $x_i$  é o valor da variável preditora para o i-ésimo elemento da amostra;  $\varepsilon_i$  é o erro aleatório para a i-ésima observação, com média 0 e variância  $\sigma^2$ ;  $\alpha \in \beta$  são parâmetros do modelo:  $\alpha$  é o intercepto, o valor esperado para a variável resposta  $y_i$  quando  $x_i$  é igual a zero,  $\beta$  é o coeficiente angular, a variação esperada na variável resposta quando a variável preditora aumenta uma unidade. Foi utilizado o método dos mínimos quadrados para estimativa destes parâmetros, o qual procura minimizar a soma dos quadrados dos desvios entre os valores preditos e os observados. Deste modo, o coeficiente angular e o intercepto foram obtidos pelas relações:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{i} y_{i} - n \overline{x y}}{\sum_{i=1}^{n} x_{i}^{2} - n \overline{x}^{2}} e \alpha = \overline{y} - \beta \overline{x}.$$

Também foram ajustados modelos não lineares, tendo como representação geral:  $y_i = f(x_i; \varepsilon_i \ B_1, B_2...Bp)$ , onde  $B_1, B_2...Bp$  são p parâmetros a serem estimados para cada modelo não linear a partir dos dados. A estimativa dos parâmetros para as regressões não lineares foi feita através de esquemas iterativos, utilizando o método dos mínimos quadrados, que minimiza a soma dos quadrados dos desvios (Q). O método utilizado pelos programas adotados tenta diferentes valores para os parâmetros, calculando o valor Q para cada caso e procurando pelo valor mínimo de Q, determinando iterativamente a direção pela qual os parâmetros estimados devem ser ajustados.

logístico, Foi utilizado um modelo na forma da equação: Y = A/(1 + B(Exp(-CX))), onde A, B e C são os parâmetros. Para os dados etários obtidos para cada região, o Cp e a idade, foram ajustados ao modelo o de crescimento de von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938):  $C_p = L_{\infty} [1 - \exp(-k (t - t_0))]$ . Os parâmetros de crescimento ( $L_{\infty}$ , k e t<sub>0</sub>) da equação foram estimados pelo método iterativo descrito. O procedimento deste método não linear, produz estimativas dos parâmetros mais acuradas e exibe menor variabilidade, sendo mais preciso que os métodos lineares (Vaughan & Kanciruk, 1982). Para relação Wt x Cp foi ajustado o modelo alométrico de Huxley (1924):  $Y = AX^{B}$ , onde A é um parâmetro que corresponde ao valor de y quando x=1, e B é o coeficiente alométrico, quando B> 1, y cresce relativamente mais rápido que x, existindo alometria positiva; Quando B< 1, ocorre o oposto e a alometria é negativa; e quando B= 1 o crescimento é isométrico, sendo que x e y crescem proporcionais (Bervian, *et al.* 2006).

A análise de regressão tem como pressupostos que os valores de y e os desvios estão normalmente distribuídos, que existe homogeneidade da variância de y em relação ao x, e que os valores de y são independentes entre si. Foram obtidos os gráficos de resíduos para cada modelo ajustado. Também foram calculados os intervalos de confiança para os parâmetros dos modelos ajustados, utilizando o método de re-amostragem, ou *Bootstrap*, o qual gera, a partir da amostra original, B amostras (sendo B geralmente acima de 1000) de tamanho N com reposição, para qual são computados e armazenados os resultados da regressão. Posteriormente, o programa estima os intervalos de confiança utilizando o erro padrão estimado das B amostras.

Uma análise de covariância (ANCOVA) foi utilizada para testar se, para uma mesma idade, as médias das variáveis Cp, Wt, Ro, Zo, A e P eram iguais entre o Sudeste e o Sul. O desenho da ANCOVA é análogo ao utilizado para a ANOVA com um fator, tendo uma única variável categórica preditora (neste caso a Região) e, em adição a variável resposta, utiliza-se os valores de outra variável contínua como uma covariável (neste caso a idade), testando-se as médias ajustadas pela covariação. O modelo geral para a ANCOVA pode ser escrito como:  $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta(x_{ij} - \bar{x}) + \varepsilon_{ij}$ , onde  $y_{ij}$  é o valor da variável resposta para a para a j-ésima observação do i-ésimo nível do fator;  $\mu$  é a média geral da variável resposta;  $\alpha_i$  é o efeito do i-ésimo nível do fator, definido como a diferença entre a média para os níveis e a média geral  $(\mu_i - \mu)$ ;  $\beta$  representa os coeficientes angulares de y em relação a x agrupados, dentro de cada grupo;  $x_{ij}$  é o valor da covariável para a j-ésima observação do i-ésimo nível do fator e  $\overline{x}$  é o valor médio da covariável.

De maneira análoga à ANOVA, foi calculado para as ANCOVA's as Somas dos Quadrados e os Quadrados Médios ajustados pela covariação, o teste F e o Pvalor. A ANCOVA têm os mesmos pressupostos da ANOVA e da análise de regressão e, em adição a eles, que as relações entre os y e x de cada grupo são lineares. Quando foi rejeitado a igualdade das médias da variável resposta, para uma mesma idade entre as regiões, foi necessário verificar em qual região a média era maior. Para isso, foram construídos intervalos de confiança de Tukey de 95 %.

Foram obtidos, para as análises inferenciais, os Coeficientes de Explicação ou Determinação (R<sup>2</sup>), que indicam quanto da variação na variável resposta é explicada pelo modelo. Quanto maior é o valor de R<sup>2</sup>, melhor o ajuste do modelo aos dados, que é obtido pela equação:

$$R^2 = 1 - \frac{SQD}{SQT}$$

Foi elaborado um método gráfico para descrever a trajetória ontogenética em duas dimensões dos otólitos de *M. stehmanni*. Primeiramente, foram selecionadas sete figuras do contorno dos otólitos obtidos, que possuíam os maiores valores do Fator de Forma (Ff) e de Circulariedade (Cc), para cada classe de comprimento padrão adotadas. Estas figuras de contorno foram agrupadas, sobrepondo-se o seu *primordium* e alinhando as figuras dentro de cada classe de comprimento estabelecida, posicionando o eixo Zo na horizontal. Utilizando um programa de tratamento de imagens, foi atribuída uma cor a cada linha de contorno, a qual estava ligada uma escala, criada para representar o valor de Ff e Cc de cada otólito, dentro das classes de comprimento. Foram construídos gráficos de dispersão de superfície, em três dimensões, utilizando-se o método de interpolação linear, representando a

relação Ro x Zo x Cc, e também a relação Ro x Zo x Ff, para os otólitos das duas regiões.

# 3- Resultados

As figuras 4 a 6 trazem os perfis verticais de temperatura e salinidade para as regiões Sudeste e Sul durante as três épocas dos levantamentos efetuados. Podemos notar que as principais diferenças termohalinas entre as regiões foram registradas no período do Inverno, quando as águas da região Sul estavam mais frias. A figura 7 mostra, para diversos anos, que a temperatura das águas de superfície apresenta um gradiente entre o Sudeste e o Sul sendo, em média, mais quente na região Sudeste. Com relação à concentração de nitrato, (Figura 8) também se verificou um gradiente, mas em sentido oposto, sendo a concentração de nitrato maior na região Sul. Para a concentração de clorofila (Figura 9), não se observou um gradiente tão evidente, mas a região Sul apresentou maiores concentrações. A profundidade da camada de mistura foi homogênea entre as regiões estando um pouco mais profunda na região Sul (Figura 10).

A análise descritiva para os dados das variáveis: Comprimento total (Ct), Comprimento padrão (Cp) e Peso do Corpo (Wt), para as amostras Sudeste e Sul, encontra-se na Tabela I. O número de indivíduos examinados no Sul (N=1507) foi superior ao Sudeste (N=940), sendo que os peixes da amostra Sul apresentaram, em média, menor peso e comprimento do que os da amostra Sudeste, para a qual houve uma menor variabilidade destas medidas.

A distribuição de Comprimento padrão para os peixes coletados nas duas regiões (Fig 14), apresentou ajuste de uma curva normal, sendo que a distribuição de Cp foi aproximadamente simétrica. Pela figura 15, podemos observar que a amplitude de distribuição do Cp foi maior para a amostra da região Sul do que para a região Sudeste. O boxplot da distribuição do comprimento padrão para as duas Regiões mostrou ligeira assimetria, sendo as diferenças entre as regiões devidas, principalmente, aos quartis (Fig. 16). Os dados de comprimento padrão estiveram mais concentrados acima da mediana no Sudeste e mais abaixo dela no Sul.

A figura 17 traz a distribuição de Cp para machos e fêmeas das duas regiões. Verifica-se uma maior quantidade de indivíduos com sexo não identificado no Sudeste (N=312) do que no Sul (N=24). De modo geral as distribuições de Cp foram semelhantes entre machos e fêmeas mas, no Sudeste, tanto os machos quanto as fêmeas apresentaram, em média, maior comprimento padrão do que no Sul, embora estas diferenças sejam sutis. As figuras 18 e 19 mostram a distribuição de Cp para a amostra de peixes que tiveram seus otólitos analisados, por região e por sexo e região, respectivamente. Nota-se que no Sudeste foram coletadas peixes de classes de comprimento menores (18-19 mm) e maiores (49-50 mm), ausentes no Sul. No entanto, a amostra Sul contemplou as classes de 24-25 e 26-27 milímetros, ausentes no Sudeste. A proporção entre machos e fêmeas foi semelhante para as duas regiões em conjunto e separadamente (Fig. 20 e 21).

Na tabela III apresenta-se a análise de variância (Anova) com um fator, do teste de igualdade das médias de Cp obtidas no Sudeste e no Sul (F=162,61 ; P-valor = 0,000 R<sup>2</sup>= 12,16%); a tabela IV mostra os resultados ANOVA para a igualdade das médias entre sexos (F= 364,19 ; P-valor= 0,000 R<sup>2</sup>= 38,29%), rejeitando-se a hipótese nula em ambos os casos. As figuras 22 e 23 trazem a análise de resíduos resultante da Anova, para os fatores Região e Sexo, respectivamente. Nota-se pelos valores do coeficiente de explicação e pelos gráficos dos resíduos que o modelo da ANOVA não foi adequado neste caso. Por sua vez, o teste de Kruskal-Wallis, para igualdade das médias considerando os mesmos fatores Região (H = 21,04; P-valor= 0,000) e Sexo (H= 393, 43) apresentados nas tabelas V e VI, respectivamente, revelou o mesmo resultado, rejeitando-se a igualdade das médias de Cp.

Na Figura 24 consta o gráfico obtido para o teste de homocedasticidade para o Cp entre áreas e sexo (L= 37, 12; P-valor = 0,000) cujo resultado se encontra na Tabela VII. Embora tenha sido rejeitada a hipótese de mesma variância para o Cp, os Intervalos de Confiança de Bonferroni, de 95% para o desvio padrão, indicam que as diferenças da variância se devem aos indivíduos com sexo não identificado (NI), que apresentaram maior variância no Sul. No entanto, a variância foi semelhante para machos e fêmeas, estando os Intervalos de Confiança sobrepostos. A Figura 25 traz o plot de interação para as médias de Cp, entre os fatores Região e Sexo, refletindo os resultados da variância, e evidenciando que as diferenças entre o Sudeste e Sul são devidas às médias dos indivíduos com sexo não identificado. As médias entre machos e fêmeas são semelhantes, mas um pouco maiores para a Região Sudeste.

Na Figura 26 é mostrada a área central da microestrutura de diferentes otólitos das regiões Sudeste e Sul. Os incrementos bipartidos irradiam de um centro onde, provavelmente, encontra-se o *primordium* (Figuras 26-B, 26-D); nesta porção central há uma região com cerca de 30 *micra* de raio onde são encontrados incrementos muito finos, menores que 2 *micra* (Figuras 26-E). Em muitos otólitos são observadas trincas irregulares distribuídas pela superfície da microestrutura (Fig. 26-A, 26-C, 26-F).

Da Figura 27 constam porções da borda de diferentes otólitos podendo-se observar que os microincrementos vão se tornando mais próximos e hialinos (Figuras 27-A, 27-C, 24-D, 27-F) em direção à borda, em conseqüência da natureza da deposição dos incrementos nas idades mais avançadas e da superfície curvada das margens (Fig. 27-C, 27-D). Foram observados incrementos no *rostrum* (27 - E), entretanto, nos otólitos relativamente grandes eles foram de difícil visualização.

A Figura 28 evidencia a estrutura bipartida típica dos incrementos diários em diferentes otólitos de *M. stehmanni,* das regiões Sudeste e Sul, que apresentam uma região mais escura (Zona D) e outra mais clara (Zona L) (Fig. 28-F). Na figura 28-C tem-se um exemplo da contagem de uma seqüência de incrementos. Na Figura 29-A são exemplificados aqueles finos incrementos postulados, neste estudo, como "subdiários". Não foram observados núcleos de deposição acessórios, mas do encontro de concavidades da estrutura pode resultar sobreposição de microincrementos (Fig. 29-B).

A tabela II traz os resultados da análise descritiva, por Região, para as variáveis dos otólitos: Ro, Zo,  $\mu$ , Yo, A, P, Idade, e também para Ct, Cp e Wt da sub-amostra dos peixes dos qiaos foram extraídos estes otólitos. Verifica-se que para a maioria das variáveis as médias foram maiores no Sudeste, exceto para A e P que foram ligeiramente superiores no Sul. O mesmo fato foi constatado para a mediana destas medidas. Já com relação à variabilidade destas variáveis, nota-se que elas

foram maiores na região Sul, excetuando-se novamente A e P, cujos Coeficientes de Variação foram maiores no Sudeste.

Na figura 30 apresenta-se o box plot para os dados de Cp da sub-amostra dos peixes cujos otólitos foram analisados, por região. A distribuição de Cp no Sudeste está deslocada acima daquela do Sul, sendo a diferença maior devido a primeiro quartil, como na amostra total. Foram encontrados pontos atípicos apenas no Sudeste. Na figura 31, a variável sexo foi incluída no boxplot apresentado na análise anterior, observando-se que a principal divergência entre as distribuições de Cp se deve aos indivíduos com sexo não identificado, sendo estes maiores no Sudeste. Entretanto, a distribuição do comprimento é mais dispersa para os machos no Sudeste e para as fêmeas no Sul. Foram observados dados atípicos para as fêmeas no Sudeste e para os machos no Sul.

As figuras 32 e 33 trazem a distribuição de Wt para a sub-amostra de peixes cujos otólitos foram analisados, separada por região e por sexo e região, respectivamente. A distribuição do peso, semelhantemente ao comprimento, é superior no Sudeste onde foram observados alguns dados atípicos. As diferenças principais com relação a distribuição do peso também se devem ao indivíduos com sexo não identificado. Neste caso foram observados dados atípicos para os machos no Sudeste e para os três grupos no Sul.

Um padrão muito semelhante ao descrito acima foi encontrado para as variáveis dos otólitos Ro e Zo, comparando-se as regiões (Figuras 34 a 37), sendo as amplitudes das distribuições maiores no Sudeste, onde foram encontrados também dados atípicos. A distribuição de Ro foi muito semelhante para machos e fêmeas em ambas as regiões (Figura 35). Já a distribuição da medida de Zo das fêmeas apresentou maior dispersão no Sul.

A figura 38 traz o boxplot para os dados da espessura dos 15 microincrementos mensurados, por região. Constatam-se muitas observações atípicas em ambas as regiões, ocorrendo espessuras muito maiores do que a amplitude de distribuição dos valores de um dado incremento. No entanto, quando foram consideradas as distribuições dos valores médios das espessuras e o eixo Yo (Figuras 40 a 43) os dados atípicos predominaram no Sul. Podemos observar que a espessura dos microincrementos é, de maneira geral, maior no Sudeste, e que as diferenças nas distribuições das espessuras vão se acentuando entre as regiões, conforme aumenta o número de incrementos.

Através da análise da figura 39 confirma-se estas diferenças, observando-se que nos primeiros incrementos medidos, as médias de espessura para os microincrementos são maiores para o Sudeste, havendo sobreposição dos intervalos de confiança da média. Conforme aumenta o número de incrementos, a partir do décimo incremento medido, as diferenças entre as regiões aumentam, separando-se completamente os intervalos de confiança. O boxplot apresentado na figura 40 sintetiza estes resultados, e apresenta as distribuições da média geral para as espessuras dos microincrementos. Na figura 41, a variável sexo foi incluída, verificando-se que as distribuições das espessuras são muito semelhantes entre machos e fêmeas de uma mesma região. Resultados semelhantes foram obtidos para a distribuição dos valores de Yo (figuras 42 e 43).

As figuras 44 e 45 trazem os boxplots para a Área da projeção sagital dos otólitos (A). Nota-se que esta variável apresentou comportamento inverso das demais, sendo sua distribuição ligeiramente maior no Sul. Isto fica mais evidente quando não consideramos os indivíduos cujo sexo não foi identificado (NI) (Figura 45). Algumas observações atípicas foram observadas acima e abaixo das distribuições de A, no Sudeste. Resultados muito semelhantes foram obtidos para o perímetro da linha de contorno dos otólitos (Figuras 46 e 47).

As figuras 48 e 49 trazem a distribuição da idade obtida pela contagem dos microincrementos, por região e por sexo e região, respectivamente. Podemos notar que, em geral, os peixes do Sudeste são mais velhos do que os do Sul e que as distribuições de idade são semelhantes entre machos e fêmeas (Figura 49).

As análises de variância (ANOVA) comparando as médias entre as duas regiões, para cada uma dessas variáveis, constam das Tabelas VIII a XVI,. Foram rejeitadas a igualdade das médias para o Cp (F= 30,31; P-valor = 0,000; R<sup>2</sup>= 7,39), Wt (F= 24,38; P-valor= 0,000; R<sup>2</sup>= 6,03%), Idade (F= 23,99 ; P-valor= 0,000; R<sup>2</sup>= 9,41), Ro (F= 23, 96; P-valor= 0,000, R<sup>2</sup>= 5,93), Zo (F= 24,27; P-valor = 0,000; R<sup>2</sup>= 7,9), Média ( $\mu$ ) (F= 55,84; P-valor= 0,000; R<sup>2</sup>= 16,24), e Yo (F= 56,68; P-valor= 0,000; R<sup>2</sup>= 16,49). Os

resultados confirmam que os peixes da região Sudeste apresentam, em média, maior comprimento, peso, idade, R<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>, Média ( $\mu$ ), Yo do que os peixes da região Sul. Já para as variáveis A (F= 1,19; P-valor= 0,275; R<sup>2</sup>= 0,51) e P (F= 0,36; P-valor= 0,550; R<sup>2</sup>= 0,15) não foi rejeitada a hipótese de igualdade das médias entre as regiões, ao nível de significância de 0,05.

Das figuras 50 a 56 constam as análises dos resíduos da ANOVA para cada variável analisada. Verifica-se, pelo gráfico dos resíduos *versus* os valores ajustados e pelo Q-Q plot dos resíduos *versus* a distribuição normal, que os pressupostos de homocedasticidade e normalidade, respectivamente, não foram plenamente satisfeitos. Deste modo, foram testadas a homocedasticidade destas variáveis entre as regiões Sudeste e Sul (Tabela XVII), utilizando o teste de Levene, tendo sido rejeitadas a homocedasticidade entre as regiões para: Cp (L= 5,05; P-valor= 0,025), Wt (L= 7,75; P-valor= 0,006), Ro (L=4,92; P-valor= 0,027) e Média ( $\mu$ ) (L= 8,15; P-valor= 0,005). Para as variáveis Zo (L= 0,37; P-valor= 0,544), Yo (L= 0,76; P-valor= 0,385), A (L= 0,42; P-valor= 0,517), P (L = 0,00; P-valor= 0,946) e Idade (L= 0,07; P-valor= 0,793) não foi rejeitada a hipótese de igualdade das variâncias. Os testes de normalidade de Anderson-Darling aplicados a estas variáveis (Tabela XVIII), rejeitaram a hipótese nula de distribuição normal de todas as variáveis, exceto para a Idade (AD= 0,436; P-valor= 0,297).

Levando em conta estes resultados, partiu-se para a aplicação de análises de variância não paramétricas, testando a igualdade das médias das variáveis entre as regiões (Tabelas XIX a XXVII). O teste de Kruskal-Wallis apresentou os mesmos resultados da ANOVA, sendo rejeitada a hipótese nula de igualdade das médias de Cp ( H= 21,04; P-valor = 0,000), de Wt (H= 15,84; P-valor= 0,000), do Ro (H= 22,51; Pvalor=0,000), de Zo (H= 22,61; P-valor=0,000), da Média ( $\mu$ ) (H= 67,9; P-valor= 0,000), de Yo (H= 65,64; P-valor= 0,000) e Idade (H= 23,61; P-valor= 0,000), confirmando que os peixes da região Sudeste têm, em média, valores significativamente maiores para tais variáveis. Entretanto, assim como na ANOVA, não se rejeitou a igualdade das médias das variáveis A (H= 1,23; P-valor= 0,268) e P (H= 0,46; P-valor= 0,497).

As figuras 57 a 76 trazem os gráficos de dispersão entre as variáveis analisadas e as tabelas XXVIII e XXIV os valores dos Coeficientes de Correlação de Person e Spearman, respectivamente, calculados para as relações entre elas. Considerando as variáveis dos otólitos em relação ao comprimento padrão, observase a nítida relação linear positiva nos gráficos, confirmada pelos coeficientes de correlação linear, entre Ro x Cp ( $r_p$ = 0,89;  $r_s$ = 0,88), Zo x Cp ( $r_p$ =0,89;  $r_s$ = 0,85), A x Cp ( $r_p$ = 0,80;  $r_s$ = 0,76) e P x Cp ( $r_p$ = 0,84 ;  $r_s$ = 0,79) (Figuras 57 a 60), mostrando que tais medidas acompanham proporcionalmente o crescimento do peixe apesar da dispersão dos dados. Por sua vez, não há relação entre a Media( $\mu$ ) x Cp ( $r_p$ = 0,02 ;  $r_s$ = 0,04) e Yo x Cp ( $r_p$ = 0,01 ;  $r_s$ = 0,03) (Figuras 61 e 62).

Nota-se, nos gráficos de dispersão dessas relações, que a nuvem de pontos da região Sudeste está deslocada em relação à da região Sul, nos comprimentos maiores. Entre Ro e Zo *versus* o comprimento padrão (Figuras 57 e 58) as nuvens de pontos das duas regiões estão sobrepostas. Já, para as relações de A e P *versus* comprimento (Figuras 59 e 60) verifica-se que a nuvem de pontos da região Sul está mais acima da do Sudeste, mostrando que, para um mesmo comprimento, os valores de área e perímetro dos otólitos são um pouco maiores na região Sul.

Os coeficientes de correlação foram elevados para as variáveis dos otólitos relacionadas com o peso: Ro x Wt ( $r_p=0.85$ ;  $r_s=0.88$ ), Zo x Wt ( $r_p=0.86$ ;  $r_s=0.84$ ), A x Wt ( $r_p=0.78$ ;  $r_s=0.76$ ), P x Wt ( $r_p=0.82$ ;  $r_s=0.80$ ). No entanto, os gráficos de dispersão (Figuras 63 a 66) mostram relações logarítmicas entre elas. O mesmo padrão encontrado para o comprimento foi observado para as relações das variáveis do otólito com o peso, entre a nuvem de pontos do Sudeste e do Sul. Para as relações entre o Ro e Zo *versus* Wt (Figuras 63 e 64) os pontos das duas regiões se sobrepõe. Já para as relações entre A e P *versus* Wt (Figuras 65 e 66) os valores para a região Sul são superiores, embora haja alguma sobreposição de valores. Também parece não haver relação entre a Media ( $\mu$ ) *versus* Wt ( $r_p=0.03$ ;  $r_s=0.04$ ) e o Yo *versus* Wt ( $r_p=0.02$ ;  $r_s=0.01$ ) (Figuras 67e 68).

A variável Idade também apresentou forte relação linear com as variáveis Cp ( $r_p$ = 0,83 ;  $r_s$ = 0,80), Wt ( $r_p$ = 0,83 ;  $r_s$ = 0,79), R<sub>0</sub> ( $r_p$ = 0,89 ;  $r_s$ = 0,88), Z<sub>0</sub> ( $r_p$ = 0,81 ;  $r_s$ = 0,74), A ( $r_p$ = 0,76 ;  $r_s$ = 0,71) e P ( $r_p$ = 0,78 ;  $r_s$ = 0,72) e, observando os gráficos de dispersão para elas (Figuras 69 a 74) notamos que as relações aparentam ser logarítmicas. Novamente, como verificado para as relações entre o peso e o comprimento, a nuvem de pontos é mais elevada para a região Sul em relação ao Sudeste para as variáveis A x Idade e P x Idade (Figuras 73 e 74), indicando que, para uma mesma idade, os peixes coletados no Sul apresentam, em média, maior área e maior perímetro dos otólitos.

Pelas Tabelas XXVIII e XXIX, constata-se que as variáveis Comprimento padrão, Peso, Idade, R<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>, Área e Perímetro também são fortemente correlacionadas entre si. As variáveis com correlação mais elevada foram a Área e o Perímetro ( $r_p$ = 0,97 ;  $r_s$ = 0,96) (ver também o gráfico 75). A relação entre o Peso e o Comprimento também apresenta forte correlação linear ( $r_p$ = 0,94 ;  $r_s$ = 0,94) mas, o gráfico de dispersão mostra, nitidamente, que esta relação é exponencial (Figura 76). Nas mesmas tabelas vemos que as variáveis Media ( $\mu$ ) e Y<sub>0</sub> não têm correlação com as variáveis restantes (Cp, Wt, Idade, R<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>, A, P, Cc e Ff), apresentando coeficientes de correlação, em módulo, inferiores a 0,10. Já os índices de formato Cc e Ff apresentaram uma fraca correlação linear com outras variáveis, em valores em torno de 0,6, sendo negativas para as relações entre Ff e demais, exceto entre Media ( $\mu$ ) e Y<sub>0</sub>.

As análises de regressão linear e de resíduos entre as variáveis analisadas são apresentadas nas Figuras 77 a 81 e na Tabela XXX. De modo a comparar as relações dentro de uma mesma *stanza* de crescimento, foram ajustados modelos para classes de Cp comuns às duas regiões. O modelo linear entre Cp e Ro apresentou melhor ajuste para os dados do Sul (Ro = 0,20 + 0,01 Cp, R<sup>2</sup> = 0,81) do que do Sudeste (Ro=0,24 + 0,01 Cp, R<sup>2</sup> = 0,70). Os gráficos dos resíduos destes ajustes confirmam este resultado e mostram que os ajustes são adequados para ambas as regiões, não sendo evidenciando um padrão distinto entre elas (Figura 77). Verifica-se que os modelos são muito semelhantes, existindo completa sobreposição dos intervalos de confiança para o intercepto e o coeficiente angular das equações (Tabela XXX). Para a relação entre Zo e Cp , observa-se semelhança entre o Sudeste (Zo= 0,08 + 0,02 Cp; R<sup>2</sup> = 0,71)

e o Sul (Zo= 0,17 +0,02 Cp;  $R^2$  = 0,70), como mostram os gráficos dos resíduos, (Figura 78) mas com um ligeiro deslocamento do valor do intercepto.

A Figura 79 apresenta as relações lineares entre os dados de Cp e a área do otólito, ajustadas para o Sudeste (A = -0,16 + 0,033 Cp; R<sup>2</sup>=0,70) e o Sul (A = 0,006 + 0,032 Cp; R<sup>2</sup>= 0,68). Pela análise gráfica e de resíduos, verifica-se diferença de intercepto entre os modelos, embora exista sobreposição dos intervalos de confiança. Já os coeficientes angulares destes modelos são muito semelhantes. O mesmo foi constatado para os dados entre Cp e o Perímetro dos otólitos para o Sudeste (P = 1,16 + 0,09 Cp R<sup>2</sup> = 0,72) e o Sul (P = 1,16 + 0,09 Cp R<sup>2</sup> = 0,72) (Figura 80), mostrando, também, que para um mesmo comprimento a área e o perímetro dos otólitos são maiores na região Sul. Por outro lado, as relações entre Área x Perímetro dos otólitos não mostraram diferenças entre a região Sudeste (A = -0,54 + 0,34 P; R<sup>2</sup> = 0,93) e a região Sul (A = -0,68 + 0,37 P; R<sup>2</sup> = 0,93) (Figura 81 e Tabela XXX). Estes casos apresentaram os melhores ajustes lineares, como mostram os coeficientes de explicação e os gráficos de resíduos.

A tabela XXXI traz os resultados da análise de regressão não linear com o ajuste do modelo logístico, considerando a mesma faixa de comprimento para as amostras das duas regiões, para as relações entre as variáveis dos otólitos e o peso do peixe, apresentando as estimativas dos intervalos de confiança de 95% para os parâmetros do modelo. A figura 82 evidencia que o modelo logístico entre Ro x Wt foi muito semelhante entre as regiões Sudeste (Ro= 0.89/(1+1.04 (Exp (-2,68 (Wt)))); R<sup>2</sup>= 0,71)</sup> e Sul (Ro=0.90/(1+0.85 (Exp (-2,21 (Wt)))); R<sup>2</sup>= 0,84), como mostram também os intervalos de confiança. Entretanto, o ajuste foi melhor para a região Sul, conforme os gráficos de resíduos e os coeficientes de explicação. Não foi modelada a relação entre Zo e Wt , pois nenhum modelo empregado apresentou resultados satisfatórios.

Na figura 83 apresenta-se o ajuste do modelo logístico entre a área dos otólitos e o peso. Nota-se que os valores do modelo para a região Sul  $(A=1,31/(1+1,75(Exp(4,29(Wt)))); R^2=0,74)$  são mais elevados do que os do Sudeste  $(A=1,31/(1+2,51(Exp(-3,47(Wt)))); R^2=0,63))$ , fato que fica mais evidente quando os peixes apresentam pesos menores. Os gráficos de resíduos e os coeficientes de

explicação indicam que, neste caso, o modelo ajustou-se melhor aos dados do Sudeste. O mesmo foi verificado para a relação entre o perímetro dos otólitos e o peso dos peixes mas, neste caso, os ajustes para a região Sudeste  $(P=5,37/(1+1,31(Exp (-3,16(Wt)))); R^2= 0,63)$  e a região Sul (A= 1,31/(1+2,51 (Exp(3,47(Wt)))); R^2= 0,63) foram semelhantes (Figura 84).

O ajuste do modelo logístico entre o Ro e a Idade dos peixes também foi semelhante para as regiões Sudeste (R= 0,95/(1+3,68 (Exp (-0,02 (Idade)))); R<sup>2</sup>= 0,76) e Sul (R= 0,94/(1+3,31 (Exp (-0,02 (Idade)))); R<sup>2</sup>= 0,76), estando os Intervalos de Confiança destes parâmetros sobrepostos, como evidenciam o gráfico do ajuste e dos resíduos (Figura 85). Já o coeficiente de explicação deste modelo para a relação Zo e a Idade foi baixo (R<sup>2</sup> < 0,5). Para a relação entre a área e dos otólitos e a idade, novamente podemos identificar uma separação entre os modelos das regiões Sudeste (A= 1,42/(1+ 12,75 (Exp (-0,03 (Idade)))); R<sup>2</sup>= 0,74) e Sul (A= 1,38/(1+ 12,17 (Exp (-0,04 (Idade)))); R<sup>2</sup>= 0,74), embora exista sobreposição para os IC dos parâmetros estimados (Tabela XXXI). O mesmo resultado foi constatado para a relação entre perímetro e idade (Figura 87).

A Figura 88 traz o modelo de von Bertalanffy, que foi muito semelhante para o Sudeste (Cp= 46,31 (1-Exp (-0,018 (Idade – 24,15))); R<sup>2</sup>= 0,63) e o Sul (Cp= 46,12 (1-Exp (-0,019 (Idade – 24,00))); R<sup>2</sup>= 0,73), bem como os respectivos gráficos de resíduos para estes ajustes. Na tabela XXXII encontram-se os Intervalos de Confiança dos parâmetros desses modelos notando-se que eles foram muito próximos, embora no sudeste a amplitude dos IC seja maior. Os coeficientes de explicação mostram que o modelo de von Bertalanffy se ajustou melhor aos dados do Sul do que do Sudeste. O modelo de Huxley, aplicado para a relação peso *versus* comprimento, também foi muito semelhante entre o Sudeste (Wt = 0,0006 Cp<sup>2,63</sup>; R<sup>2</sup>= 0,89) e o Sul (Wt = 0,0001 Cp<sup>3,11</sup>; R<sup>2</sup>= 0,92), sendo o melhor ajuste encontrado o não linear, como mostram os resíduos e os coeficientes de explicação (Figura 89).

A análise de covariância (ANCOVA) considerando as variáveis Cp , Wt, Ro, Zo, A e P como variáveis resposta e a idade como uma covariável, sendo a região o fator, mostrou que, embora tais relações não sejam lineares de fato, podemos aproximá-las a uma reta devido aos elevados coeficientes de correlação linear. Conclui-se que o efeito do fator região não foi significativo para o Comprimento padrão (F= 0,77; P-valor = 0,381), o Peso (F= 2,72; P-valor= 0,100) e o  $Z_0$  (F= 0,10; P-valor= 0,757), ao nível de significância de 0,05 (Tabelas XXXIV, XXXV e XXXVII respectivamente), mostrando que, para peixes de mesma idade, as médias de comprimento padrão, peso e tamanho do rostrum são similares nas duas regiões.

Porém, para o Ro (F= 11,51 ; P-valor= 0,001), a área (F= 72.53 ; P-valor= 0,000) e o perímetro dos otólitos (F= 63,40 ; P-valor= 0,000) (Tabelas XXXVI, XXXVIII e XXXIX, respectivamente), o efeito do fator região foi significativo, ou seja, em média, peixes com a mesma idade, apresentam diferenças significativas nessas variáveis entre as regiões. Para verificar em qual das regiões as médias eram maiores, para peixes de mesma idade, foram construídos intervalos de confiança de Tukey com 95% de confiança (Tabela XL) subtraindo-se os valores médios da região Sul dos da região Sudeste. Como os intervalos apresentaram valores negativos, concluímos que, para uma mesma idade, os peixes do Sul tem, em média, Ro, área, perímetro do otólito maiores que os do Sudeste. Os gráficos de resíduos para as análises de covariância são apresentados nas Figuras 90 a 95, mostrando, conjuntamente com os coeficientes de explicação, que os modelos das ANCOVA foram mais adequados e melhores do que os das ANOVA, este resulatdo também foi verificado em outros estudos (Lleonart *et al.*, 2000; Packard & Boardman, 1988).

As análises qualitativas sobre mudanças no formato dos otólitos saggitae em relação ao crescimento, comparando suas trajetórias ontogenéticas para exemplares das regiões Sudeste e Sul, são apresentadas nas Figuras 96 e 97. Estas figuras representam em escala, para cada região, a sobreposição da linha de contorno dos otólitos, para os maiores valores de Cc (Figura 96) e Ff (Figuras 97), separados segundo classes de Cp, de 2 em 2 milímetros. Constata-se que a seqüência de crescimento dos otólitos saggitae inicia-se nas larvas com formato ligeiramente arredondado, apresentando uma protuberância na região anterior, a qual vai alongando-se com o passar do tempo para formar o rostrum. As regiões posterosuperior e ventral, tornam-se mais proeminentes e por vezes, pontiagudas, gerando aproximadamente triangular nos peixes maiores. Muitas um aspecto irregularidades, concavidades e convexidades, são formadas durante 0

desenvolvimento, principalmente na região anterior , havendo tendência para um aumento da variabilidade na silhueta da estrutura com o aumento no tamanho do peixe.

Na figura 96 observa-se que os valores do índice de Circulariedade, para cada classe de comprimento, variam semelhantemente entre as duas regiões, considerando-se a precisão de 2 casas decimais. Há tendência de aumento da Circulariedade com o crescimento, como evidenciam também os gráficos de dispersão de superfície representando a relação Ro x Zo x Cc. Para a região Sudeste, nota-se tendência aproximada para um plano inclinado em direção crescente de Ro, Zo e Cc, mostrando que a Circulariedade tende a aumentar em resposta ao aumento dos eixos Ro e Zo. A mesma tendência existe para a região Sul, mas, para esta região, na área central da relação Ro x Zo x Cc, o plano se destorce, formando rugosidades no eixo da circulariedade, mostrando que esta relação no Sul apresenta maior variabilidade. Uma considerável variabilidade individual é encontrada na linha de contorno dos otólitos, considerando-se peixes de uma mesma classe de comprimento, de ambas as regiões.

Na figura 97 é apresentada a tragetória ontogenética dos otólitos utilizando os valores do Fator de Forma ao invés da Circulariedade, para a sobreposição das linhas de contorno. Nota-se pelos gráficos de dispersão que este índice é o inverso da Circulariedade, e assim, quando aumentam os eixos Ro e Zo, o Fator de Forma tende a diminuir. Constata-se também, como no gráfico anterior, a maior variabilidade desta medida de formato para a região Sul.

## 4- Discussão

Em todos os oceanos tropicais existem populações de peixes pequenos que se localizam na zona mesopelágica durante o dia, podendo migrar à noite para a zona epipelágica para se alimentar; eles são geralmente muito abundantes e formam um componente importante na camada de dispersão acústica profunda (Longhurst & Pauly, 2007). É conhecido que a migração vertical influi no fluxo vertical de matéria orgânica dos oceanos (MacCarthy, 2002), pois essas espécies consomem as substâncias orgânicas da produção fitoplanctônica na zona epipelágica, a qual é assimilada e remineralizada pelos processos metabólicos sendo incorporada nas suas estruturas celulares e nos compostos energéticos, provindos da respiração. Estes organismos, então, levam esta produção para camadas mais profundas, na zona mesopelágica, onde ela é disponibilizada para os consumidores secundários e microorganismos.

Embora seja de extrema importância ecológica para o conhecimento dos ecossistemas marinhos, o estudo das espécies mesopelágicas ainda é bastante restrito, havendo falta generalizada de informações sobre sua distribuição, dispersão e variações espaço-temporais bem como sobre os parâmetros da história de vida destes organismos, devido ao alto custo das pesquisas em alto mar, que exigem navios de pesquisa devidamente equipados e equipamentos sofisticados (Longhurst & Pauly, 2007).

No caso do presente estudo, dispunha-se de informações inéditas levantadas pelo Programa REVIZEE sobre as espécies mesopelágicas que habitam a plataforma externa e o talude da Região Sudeste-Sul do Brasil, bem como do papel trófico que as mesmas tem no ecossistema (Gasalla et al, 2007), tendo sido considerado importante investigar o crescimento de uma delas, *Maurolicus stehmanni*, dentre tais espécies a de maior abundãncia.

O crescimento de um indivíduo é um fenômeno extremamente complexo sob os pontos de vista bioquímico, fisiológico, citológico e morfológico (Bertalanffy, 1957). Nos peixes ele é um processo contínuo de decréscimo em intensidade, inversamente relacionado à idade. Fatores endógenos como, por exemplo, a maturidade, a desova e estresses físicos, bem como fatores exógenos, como temperatura, salinidade e alimento interagem causando variações cíclicas no crescimento (Linkowski *et al*, 1993). Assim, diferenças fenotipicas podem ser detectadas para indivíduos presentes em distintas localidades geográficas onde uma espécie ocorre. Entretanto, peixes marinhos que possuem alta capacidade de dispersão, tendem a não apresentar diferenciação genética mesmo em larga escala geográfica (Suneetha & Nævdal, 2001). No Atlântico Norte, foi constatado para peixes pelágicos migradores como a sardinha, *Clupea harengulus*, a existência de correlação entre a composição genética e a história de vida diferenciada, estando as estações de desova no ano ligadas à diferentes localizações geográficas (Ruzzante *et al.* 2006). A existência de estoques geneticamente e fenotipicamente diversos desta espécie, nessa região, a despeito da intensa mistura sazonal, implica fortemente nos indivíduos tenderem a permanecer na sua área de nascimento (Ruzzante *et al.*, op cit.). Assim, evidências dos padrões de migração entre áreas ou da permanência das populações de peixes marinhos em determinadas regiões são importantes para a implementação de planos espaciais de manejo para as pescarias (Righton & Mills, 2008).

Entretanto, as diferenças nos padrões de crescimento de outra espécie de sardinha, Sardina pilchardus, entre algumas áreas, podem ser explicadas pelas migrações relacionadas ao tamanho e a idade, como no caso do Canal da Inglaterra onde a ausência de indivíduos juvenis e a presença de indivíduos mais velhos e de grande comprimento são consistentes com a hipótese de imigração dos indivíduos maiores das áreas de recrutamento vizinhas localizadas na Baia de Biscay (Silva et al., 2008). Já as diferenças na relação comprimento e idade entre as áreas de recrutamento ao Sul de Biscay, no Norte de Portugal e no Golfo de Cadiz, no Norte de Marrocos, não podem ser explicadas pela migração, e sim pela existência de um gradiente latitudinal no crescimento ao longo da região Nordeste do Atlântico. A variação latitudinal do crescimento em larga escala para esta espécie é consistente com a adaptação ao gradiente de temperatura Norte-Sul e com os ciclos anuais de produção planctônica (Silva et al., op cit.). Fey (2006) verificou que em Clupea harengus, a taxa de crescimento do otólito era controlada mais pela temperatura do que pelo crescimento somático e que, embora a influência do crescimento somático observado fosse altamente significativa, ele apresentava menor magnitude do que a temperatura.

As regiões Sudeste e Sul do Brasil são diferenciadas quanto à suas estruturas oceanográficas. Uma diferença importante entre elas é devida à temperatura da água do mar, que é mais elevada na região Sudeste. Nos organismos ectotérmicos como os peixes, ou seja, que dependem de uma fonte de calor externa, a temperatura do corpo tende a variar com o ambiente (Schmidt-Nielsen, 1996). Nesses organismos, que não apresentam um controle endógeno da temperatura corpórea, o ciclo de vida incluindo a idade, a longevidade e o crescimento dependem da temperatura do ambiente (Rose, 1991). Segundo Campana & Thorrold (2001), para uma população hipotética de peixes, um aumento na temperatura tende a aumentar a taxa de crescimento, a reduzir sua longevidade, a diminuir a idade da maturação gonadal e a aumentar a taxa de mortalidade natural dessa população. Takasuka & Aoki (2006) verificaram que a temperatura do mar era o principal fator na determinação das taxas de crescimento de *Engraulis japonicus*, sendo o gradiente de temperatura Norte-Sul a causa substancial para a variação geográfica dessas taxas. Assim, se a hipótese de permanência no local de nascimento for atendida, o crescimento dos indivíduos de *Maurolicus stehmanni*, nascidos na região Sudeste e na região Sul seria diferente, em função das condições hidrológicas distintas presentes nessas áreas, fato que foi constatado neste estudo.

Por outro lado, diferentes taxas de crescimento encontradas entre populações de *Maurolicus muelleri* têm sido relacionadas a diferentes condições de alimentação, sendo as maiores taxas observadas para aquelas presentes onde havia maior oferta de alimento (Kristoffersen, 2007; Kristoffersen & Savanes, 1998). Para crescer é necessário que os peixes tenham uma dieta apropriada e, assim, nos estudos sobre crescimento, conhecer a disponibilidade de alimento, a velocidade de assimilação da energia provinda desse alimento e qual fração desta energia é utilizada para esta função (Pitcher & Hart , 2000). Procurando averiguar tal fato para *M stehmanni*, espécie forageira e planctívora, foram construídos mapas de clorofila e nitratos para as regiões Sudeste e Sul, considerando-se que a clorofila seria um indicador da produção primária e o nitrogênio, dentre os macronutrientes, o fator limitante mais importante de sua produção (McCarthy, 2002), e avaliar possíveis diferenças na oferta de alimento entre as duas regiões. Verificou-se que, na região Sul, as concentrações de clorofila e nitrato eram ligeiramente maiores, o que provavelmente, condicionaria uma maior oferta de alimento na ultima região.

Magnussen (2007), estudou o crescimento de 14 espécies de peixes na região do *Faroe Bank*, no Atlântico Norte, discriminando entre estas espécies aquelas que apresentavam populações residentes na região e as que apresentavam populações que migravam para outras áreas. O autor, analisando os otólitos de exemplares destas populações, concluiu que a taxa de crescimento relativa das populações residentes do *Faroe Bank* era significativamente maior do que das populações migradoras, e atribui esta variação encontrada à maior temperatura e disponibilidadede de alimento presentes naquela região.

Assim, a hipótese da permanência no lugar de nascimento deve ser ponderada pelos fenômenos da migração dos cardumes e do recrutamento, que podem influir nos padrões de crescimento observados, como no caso da sardinha . O recrutamento, no sentido amplo do termo, consiste na adição de novos indivíduos à população da espécie ou aos sucessivos estágios do ciclo de vida dentro da população (Caley *et al.* 1996). Nas ciências pesqueras, o recrutamento freqüentemente se refere a entrada de novos indivíduos a um estoque explorado, o qual ocorre usualmente na fase adulta dos peixes (Cushing, 1995). Para *Maurolicus stehmanni*, a existência de ovos e larvas ao longo de toda a região Sudeste-Sul, a distribuição de freqüências das classes de comprimento e a proporção de jovens e adultos ao longo de toda a região (Almeida 2001) é um indicativo que o recrutamento ocorre em todas as épocas do ano. Assim, em relação ao recrutamento, não há evidência de que este possa estar influindo nas diferenças observadas no crescimento de *Maurolicus stehmanni* nas regiões Sudeste e Sul.

A migração é comum nas espécies de peixes marinhos (Suneetha & Nævdal, 2001), sendo a maioria destas populações demograficamente abertas (Caley, *et al.* 1996). A hipótese da dispersão latidudinal leva em conta que os movimentos migratórios influenciam o crescimento pois, durante a migração, os peixes estão sujeitos a condições ambientais muito variadas (Villamor *et al.* 2004). É conhecido para *Gadus morhua*, que os diferentes padrões de crescimento e da morfometria dos otólitos são, muito provavelmente, resultado dos diferentes padrões de migração, associado às condições ambientais, na qual esses peixes enfrentam quando estes se locomovem para as áreas de alimentação (Petursdottir *et al.* 2006).

Estudos detalhados sobre os movimentos migratórios dos peixes marinhos são difíceis de serem realizados e, como conseqüência , são raros (Hunter *et al.* 2004).

O método comumente utilizado para rastrear estes movimentos é o da marcação e recaptura, que permite estimar os movimentos dos peixes entre áreas e a mistura de diferentes estoques ao longo do tempo, estando esta abordagem limitada aos grandes peixes pelágicos. Nada pode ser inferido sobre a rota individual de migração nestes estudos, existindo ainda o problema da perda da marcação (Righton & Mills, 2008; Bolle *et al.* 2005). Assim, outros métodos tem sido utilizados para estimar indiretamente a migração, como por meio da composição elementar dos otólitos (Gotto & Arai, 2006; Campana & Thorrold, 2001; Secor, 1999) ou por meio de métodos de simulação, como a geolocalização (Righton & Mills, 2008; Hunter *et al.* 2004).

Considerando a possibilidade de migração latitudinal de *Maurolicus stehmanni*, seria plausível pensar que os cardumes estariam utilizando as correntes existentes na região de sua ocorrência para sua dispersão. Embora a existência da dispersão latitudinal possa levar a uma homogeneidade nos padrões de crescimento, ela pode induzir também a existência de diferenças, como demonstrado para outros Teleostei. Assim, a ausência de indivíduos de tamanhos maiores na região Sul, por exemplo, pode ser devido à migração destes para outras áreas.

Em muitas atividades fisiológicas, como o crescimento, o tamanho absoluto do corpo é o fator mais importante na determinação da taxa dos processos metabólicos (von Bertalanffy, 1957). Assim, uma primeira análise foi realizada com base no Comprimento Padrão da amostra total dos peixes coletados nas duas regiões, de modo a detectar possíveis diferenças nos tamanhos dos peixes entre as regiões comparadas.

O resultado da ANOVA, tanto para o fator região (P-valor = 0,000) como para o fator sexo (P-valor = 0,000), mostrou que as médias de Cp foram significativamente diferentes entre o Sul e o Sudeste, e entre os sexos. Entretanto, a comparação múltipla de Tukey, dos intervalos de Confiança de 95%, indicou que a diferença significativa com relação aos sexos era devida à média de Cp dos indivíduos com sexo não identificado em comparação aos dos machos e fêmeas (Figuras 17 e 19). Isto se deve, provavelmente, ao fato dos indivíduos não identificados serem menores e mais jovens, de difícil identificação macroscópica do seu sexo, e também, por conter peixes adultos de maior tamanho cujas gônadas se deterioram ao longo do processo de coleta e armazenamento.

O teste de homocedasticidade utilizado levou à rejeição da hipótese nula, mostrando que as variâncias do Comprimento Padrão são significativamente diferentes entre as regiões Sudeste e Sul e também entre os sexos. No entanto os IC para o desvio padrão do Cp mostram que, entre machos e fêmeas, a variabilidade foi a mesma, estando as diferenças nos indivíduos com sexo não identificado. O plot de interação entre os fatores Região x Sexo (Fig. 25) também indicou não existir um efeito de interação evidente entre o Sexo e a Região, pois as linhas que representam as médias das Regiões não se cruzaram, quando foi onsiderado o sexo. Embora, tenha sido rejeitada a condição de normalidade para a distribuição do comprimento padrão, a análise gráfica mostrou que os histogramas de comprimento são aproximadamente simétricos, e assim, a rejeição deve ser resultante do poder do teste de Anderson Darling, que é capaz de detectar uma pequena fuga da normalidade quando o número amostral é grande (Barroso <sup>3</sup>, comunicação pessoal).

Também não podemos desconsiderar um efeito da amostragem sobre a rejeição de normalidade, uma vez que reunir informação representativa de todas as classes de comprimento é extremamente difícil e custoso para os estoques de peixes, em parte devido a seletividade das redes de pesca, que não capturam peixes de todos os comprimentos. De fato, não existem redes de pesca que não apresentem esta seletividade, principalmente quanto à retenção dos indivíduos menores, havendo também o problema da rede espantar os cardumes (Hilborn & Waters, 1992).

A aplicação da ANOVA exige como pressupostos que as amostras sejam independentes, que exista homocedasticidade dentro de cada grupo e que a distribuição da variável contínua seja normal (Bussab & Moretin, 2006 ; Zar, 1996) . Tanto a análise de resíduos (Fig. 21 e 22) como o teste de homocedasticidade (Tab. VII) e o índice de explicação R<sup>2</sup> indicaram que a Anova, neste caso, não é adequada, devido a inexistência de normalidade e de igualdade das variâncias, sendo mais adequado um teste de hipótese não paramétrico. Mesmo assim, após a aplicação aos

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Prof. Dr. Lúcia Pereira Barroso – Departamento de Estatística IME-USP.

dados de Comprimento Padrão de uma análise de variância não paramétrica, obteve-se os mesmos resultados. O teste de Kruskal-Wallis, assim como outros testes não paramétricos, (Zar, 1996), podem ser utilizados nos casos aonde a Anova não é aplicável. Este teste tem como pressupostos que: as amostras são independes, tendo distribuições contínuas, com a mesma forma (Arnolds, 1990, Zar, 1996) e, deste modo, presume-se que as premissas estejam melhores satisfeitas neste caso.

A análise das amostras dos exemplares de *Maurolicus stehmanni* coletados na região do Cabo Frio e do Rio Grande mostrou que os peixes do Sudeste são, em média, significativamente maiores, em relação ao Comprimento Padrão e o Peso, que os do Sul, localidade que por sua vez apresentou uma maior quantidade de peixes pequenos. É conhecido que a história de vida da espécie *Maurolicus mulleri* difere geograficamente (Kristoffersen, 2007; Kristoffersen e Salvanes, 1998; Salvanes & Stockley, 1996; Goodson *et al.*; 1995; Gjøsæter, 1981), existindo variações no tamanho médio e máximo, nas classes de comprimento e grupos etários, nas taxas de crescimento, no investimento reprodutivo, na época de desova e na densidade populacional, entre diversas áreas analisadas. Por sua vez, a análise da microestrutura dos otólitos é uma importante ferramenta na compreensão da história ontogenética dos peixes, devido a grande quantidade de informação neles registrada ao longo do crescimento. Com nestas informações, muitos estudos têm averiguado diferentes estoques de uma espécie, como no caso da sardinha (Clausen *et al.*, 2007), e do salmão (Volkoff & Titus, 2007).

Considerando-se que para as duas regiões amostradas foi utilizado o mesmo método de coleta e a mesma rede de meia água, as diferenças significativas de comprimento e massa podem estar relacionadas a variações no crescimento e nos parâmetros reprodutivos, já demonstrados por Almeida (2001). Verificou-se que as características oceanográficas das mesmas são diferentes (Figuras 4 a 10), e isto pode induzir a um crescimento individual diferenciado entre elas. Assim, para uma melhor compreensão do fenômeno, foi necessário analisar as informações contidas dos otólitos.

A microestrutura dos otólitos saggitae de *Maurolicus stehmanni* coletados na região Sudeste e Sul, como verificado por Bellucco *et al.* (2004) para a região entre

Santos (SP) e o Cabo de Santa Marta Grande (SC), pode ser dividida em 3 áreas distintas: a área central, para a qual a existência de incrementos muito finos entre descontinuidades e que exigiu, muitas vezes, a magnitude de 1000x de ampliação para a contagem dos microincrementos. Após esta área central encontra-se uma região onde os incrementos são bem definidos, e as espessuras deles tentem a aumentar com a distância do núcleo, evidenciando um aumento na taxa do crescimento (Fig. 44); ao se aproximar da margem, os incrementos passam a ser muito finos e a superfície curvada dificulta a leitura do número de microincrementos, mesmo com máxima ampliação. As espessuras dos incrementos diminuem com a proximidade da margem e, considerando-se a relação linear entre Ro e Cp, indicam desaceleração do crescimento (Campana e Jones, 1992).

Existiram dificuldades na leitura dos incrementos, principalmente em otólitos maiores, como conseqüência das complexas alterações no formato e da deposição dos incrementos nas margens recortadas dos otólitos grandes. Parte dos desvios encontrados nos modelos que utilizam a idade, podem ser atribuídos a estas incertezas no reconhecimento dos incrementos delgados, tanto na área descontínua central como na superfície curvada da margem dos otólitos. A existência de trincas, provavelmente resultantes da extração e/ou preparação, por vezes dificultaram a contagem dos incrementos, exigindo a alteração do eixo de leitura. Em outras situações as trincas se sobrepuseram ao eixo Ro, impedindo a tomada de medidas da espessura dos incrementos. O crescimento tridimensional da estrutura dos otólitos implicou no constante ajuste de foco ao longo do caminho de leitura dos incrementos, podendo ter influenciado as diferenças observadas. Assim, as leituras independentes do número de microincrementos foram importantes para minimizar estas imprecisões.

As características dos microincrementos apresentadas nos otólitos de *Maurolicus stehmanni* como, por exemplo, a estrutura bipartida com uma zona opaca escura e uma zona clara translúcida e, também, a espessura média são muito semelhantes aos incrementos diários descritos para várias espécies de muitos grupos de Teleostei (Hwang *et al.*, 2006; Joh *et al*, 2005; Hussy *et al.*, 2003; Humphrey *et al.*,

2003 Kellermann *et al.*, 2002; Marui *et al*, 2001; Ekau & Blay, 2000; Sirois *et al*, 1998; Szedlmayer, 1998; Bigelow *et al.*, 1995; Wright, 1993; Moksness & Fossum; 1992; Linkowski *et al*, 1993; Linkowski, 1991; Gartner, 1991; Campana, S. E. & Neilson, 1985; Pannela, 1971; 1974; Brothers et al., 1976).

Os estudos sobre idade e crescimento geralmente utilizam a validação como forma de tornar as estimativas etárias acuradas, a qual pode ser interpretada como a confirmação do significado temporal de um incremento (Geffen, 1992) e que é usualmente realizada por meio da captura e manutenção dos peixes em laboratório, os quais são expostos a um marcador químico, comumente tetraciclina, que deixa uma marca na estrutura do otólito. Após um período determinado de tempo, os peixes são sacrificados e os otólitos são analisados, verificando-se a quantidade de incrementos formados após a marca induzida pela tetraciclina. Entretanto, muitos autores têm assumido que a periodicidade é diária para os incrementos com essas características, especialmente para espécies de difícil manutenção em laboratório como os Myctophidae (Linkowski *et al*, 1993; Gjøsæter, J. 1981) e Sternoptychidae (Bellucco, *et al.*, 2004).

Além disto, a migração vertical diária realizada por estas espécies implica na modificação cíclica de tolerância das características físicas as quais elas estão sujeitas, havendo deslocamento entre diferentes massas de água, o que pode controlar e reforçar os ritmos endógenos de deposição diferencial de cristais e proteínas (Morales-Nin, 2000; Campana & Neilson, 1985). Molony & Sheves (2002) acreditam que a probabilidade de deposição não ser diária dos incrementos em espécies que apresentam essas características é baixa, devido ao grande número de estudos para os quais a validação foi realizada com sucesso.

A existência de incrementos muito finos em diversos otólitos, observados nas zonas translúcidas de uma seqüência regular de microincrementos, foram considerados neste estudo como subdiários, podendo estar correlacionados com variações na alimentação, e uma fonte potencial de erros na contagem dos incrementos (Campana, S. E. & Neilson, 1985). Por esta razão também, foram necessários constantes ajustes do foco do microscópio ao longo da leitura do número de microincrementos já mencionados, para poder identificá-los de fato.
Os boxplots das variáveis dos otólitos analisados, neste estudo, mostraram que, de maneira geral, os peixes da região Sudeste apresentarm uma distribuição de valores mais elevados e menos dispersos, com exceção da área e do perímetro, cujas valores foram ligeiramente maiores no Sul. As análises de variância corroboram tais resultados mostrando que as diferenças entre as médias são significativas, exceto para Área e o Perímetro dos otólitos. Os dados discrepantes observados devem-se, em parte, ao pequeno número de peixes pequenos e grandes das amostras. Os testes de hipótese confirmaram estes diferenças e, os testes de homocedasticidade mostraram que as variâncias forma diferentes, entre o Sudeste e Sul, para Comprimento Padrão, Peso , Ro e a Espessura dos microincrementos, enquanto que o teste de normalidade só não rejeitou a hipótese de igualdadde para a distribuição da variável Idade. Deste modo, tivemos um indicativo de que os pressupostos para as ANOVA não foram plenamente satisfeitos, e embora, testes não paramétricos também tenham sido aplicados para estas variáveis, foram obtidos os mesmos resultados.

Por essas análises, conclui-se que os peixes do Sudeste são maiores, em tamanho e massa, e mais velhos que no Sul, apresentando, ainda, incrementos mais espessos, fatos verificados tanto pela análise gráfica como pelos testes de hipótese. Admitindo-se que o crescimento dos otólitos acompanha o crescimento somático do indivíduo (Campana , 1990), a maior espessura dos incrementos para região Sudeste é um forte indício da existência de uma maior taxa de crescimento nesta região. Muitos estudos indicam que a variação no crescimento somático é registrada na microestrutura dos otólitos, podendo ser reconstruída pelas trajetórias das espessuras dos microincrementos (Fey, 2006; Bailey & Heath, 2001; Oozeki & Watanabe, 2000; Wang & Tzeng, 1999; Maillet & Checkley, 1990). A existência dos valores de espessura atípicos provavelmente se deve a descontinuidades na microestrutura que foram interpretados como incrementos, as quais podem ser relacionadas a uma gama variada de fatores ambientais e ecológicos (Campana & Neilsen, 1985).

Notamos que a distribuição da variável *Comprimento* foi simétrica e similar para ambos os sexos. As distribuições de Peso, Idade, R<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>, Media (µ), Y<sub>0</sub>, Área,

Perímetro também apresentaram simetria e similaridade para fêmeas e machos, sendo a proporção entre os sexos muito parecida entre as regiões. Isso nos leva a concluir que as variáveis Comprimento Padrão, Peso, Idade e aquelas analisadas nos otólitos não apresentam dimorfismo. Este fato não era esperado tendo em vista as diversas diferenças morfométricas encontradas entre machos e fêmeas de Maurolicus stehmanni por Almeida & Rossi-Wongtschowski (2007), no Brasil, e para outras espéceis do gênero (Kristoffersen & Salvanes, 2001; Kristoffersen & Salvanes, 1998; Clarke, 1983). Tal resultado pode ser atribuído à dificuldade de se identificar macroscopicamente o sexo dos indivíduos juvenis (Almeida & Rossi-Wongtschowski, op cit.), pois as principais diferenças detectadas eram em relação aos indivíduos cujo sexo não foi identificado. É conhecido que a proporção sexual reflete o dimorfismo sexual (Harris et al. 2007), pois as fêmeas crescem mais rapidamente e tornam-se mais numerosas em classes de comprimento maiores do que os machos, que possuem um crescimento mais lento e, por sua vez, tornam-se mais numerosos nas classes de comprimento menores.

O termo modelo linear tem sido usado em dois sentidos distintos. No primeiro, quando se refere a uma relação na forma de linha reta entre duas variáveis, sendo esta interpretação a mais comum entre os biólogos. No segundo, no sentido mais preciso do termo, ele é definido em função da combinação de uma série de parâmetros do modelo, coeficientes angulares e interceptos, na qual nenhum parâmetro do modelo se apresenta como um expoente, multiplicado ou dividido por outro parâmetro (Quinn & Keough, 2007).

A análise do ajuste linear entre as variáveis do otólito e o comprimento padrão (Cp) foram apropriadas, como mostram os resíduos, e assim podemos assumir que o crescimento do otólito, como evidenciado por essas medidas, acompanha proporcionalmente o crescimento do peixe. Por outro lado, a análise de regressão e de resíduos indicaram que os modelos não lineares foram mais apropriados para explicar a relação entre as variáveis dos otólitos e a idade e o peso.

Os modelos lineares e não lineares ajustados foram bastante semelhantes entre as regiões. Assim, o modelo de Von Bertalanffy para cada uma das duas regiões resultou em parâmetros muito semelhantes, sendo o comprimento máximo estimado em 48 mm no Sudeste e 46 mm no Sul, valores um pouco inferiores aos obtidos por Bellucco *et al* (2004) para indivíduos coletados na região entre Santos e o Cabo de Santa Marta Grande. Esta semelhança também foi obtida para a relação entre o peso e o comprimento, embora não fossem esperadas, levando em conta as diferenças encontradas para elas nas análises de variância preliminares. Por outro lado, as regressões entre a Área e o Perímetro dos otólitos em relação ao comprimento, peso e idade, mostraram que os otólitos dos peixes da região Sul crescem de maneira diferenciada em relação ao Sudeste, apresentando otólitos maiores para um mesmo comprimento, peso ou idade.

Acreditamos que as diferentes variáveis dos otólitos, revelaram aspectos diferentes de seu crescimento; assim, enquanto as medidas de Ro e Zo representam um único eixo dentro da dimensão dessas estruturas, a área da projeção sagital em 2D representa todos os possíveis eixos desta dimensão e devem, portanto, melhor representar o crescimento do otólito. Alguns autores sugerem que as medidas da Área e do Perímetro devem ser utilizadas para complementar os estudos de crescimento dos otólitos (Megalofonou, 2006; Tuset *et al.*, 2003). Nossos resultados coincidem com tais estudos, pois mostraram que, para uma mesma idade, os peixes são diferenciados entre as regiões quanto à Área e o Perímetro dos otólitos mas, não quanto ao tamanho do *rostrum*, por exemplo. Assim, representar o tamanho dos otólitos em relação à medida de um único eixo pode ocasionar em perda de informação e, deste modo, a área e perímetro dos otólitos devem ser utilizadas para uma melhor compreensão do processo de crescimento.

Kristoffersen (2007), investigando o crescimento de *Maurolicus muelleri*, identificou um efeito da taxa de crescimento na relação tamanho do indivíduo *versus* tamanho do otólito, constatando que, em peixes adultos, taxas maiores de crescimento resultavam em um menor tamanho relativo do otólito. O tamanho relativo dos otólitos era negativamente correlacionado com a taxa de crescimento e, segundo o autor, algumas previsões poderiam ser feitas em relação ao tamanho do peixe pelo tamanho do otólito sob o efeito da taxa de crescimento: 1- Em populações constituídas por diversas classes etárias, uma regressão agrupando todas as classes etárias resultaria em um maior coeficiente angular e em um menor intercepto do que para cada classe em separado; 2- entre os grupos etários, o intercepto aumenta com a idade e 3- entre populações, a que tiver uma maior taxa de c0rescimento apresentará um menor coeficiente angular e, em média, menores otólitos para um dado comprimento. Campana (1990) ressalta que a presença do efeito da taxa de crescimento pode ocasionar erros no coeficiente angular para as regressões entre o tamanho do otólito e o tamanho do peixe. Devido a este fato, o retrocálculo para os comprimentos dos peixes é sistematicamente subestimado para os peixes juvenis, e é conhecido como o fenômeno de Lee (Kristoffersen op cit).

Lagardère *et al.* (1995) concluem que a formação do sulco acústico e a evolução da margem foram os processos mais importantes que afetaram a morfologia do otólito *saggitae*, durante a transição do estágio larval para o juvenil, resultando na formação das características morfológicas espécie-específicas. Investigações morfológicas têm demonstrado também que é possível estabelecer relações entre o tamanho do sulco acústico, a forma e a formação de irregularidades nas margens dos otólitos em função das células da mácula (Popper, 1983 *apud* Lagardère *et al.*,1995). Para a maioria das espécies de peixes, as mudanças na forma dos otólitos durante a ontogenia ou as diferenças entre espécies tendem a diminuir para os juvenis e indivíduos menores (Ponton, 2006), resultado também obtido neste estudo. Como conseqüência, antes de comparar a forma dos otólitos entre as espécies ou populações, é necessário determinar a extensão destas mudanças ontogenéticas.

Identificar como a forma dos otólitos difere entre regiões é complexo (Tracey, 2006). Infelizmente, a análise da forma não apresenta resolução adequada para identificar se o indivíduo foi classificado incorretamente por imprecisão da metodologia, variabilidade individual ou migração dos peixes entre suas áreas de ocorrência (Campana & Casselman, 1993). Além disto, a maioria dos estudos tendem a ignorar as mudanças ontogenéticas no crescimento dos otólitos devido a alta correlação entre o tamanho do peixe e o tamanho do otólito (Hare & Cowen, 1994). Assim a compreensão da variação espacial e ontogenética da morfologia dos otólitos, objetivos deste estudo, tornam-se essenciais para a resolução destas

imprecisões e também para avaliar uma possível migração dos indivíduos de *M. stehmanni* entre as duas regiões deste estudo.

No presente estudo foi possível analisar a evolução da silhueta do otólito ao longo do crescimento do peixe. O aspecto arredondado dos otólitos, presente nas larvas, é alterado ao longo do tempo resultando em um padrão geral caracterizado pelo alongamento dos eixos postero-superior, onde foi obtido a medida de Raio dos Otólitos, e ventral que, somado ao aumento do Rostrum, gera o aspecto triangular do formato dos otólitos *sagittae* de *Maurolicus stehmanni*, caráter possivelmente espécie-específico (Fig 96 e 97). Constatou-se uma considerável variabilidade individual, em peixes de uma mesma classe de comprimento, quanto às irregularidades na linha de contorno dos otólitos, no tamanho do Raio e principalmente no tamanho do *rostrum*, sendo demonstrado que esta variabilidade no formato é maior na região Sul, e indica que diferenças no crescimento podem estar ocorrendo entre os peixes desta região e da Sudeste.

Os índices usados para a caracterização do formato dos otólitos, como o fator de forma e a Circulariedade, têm sido eficientes quanto à discriminação de populações de espécies (Ponton, 2006; Tuset et al. 2003) e, neste estudo, pudemos verificar que, tanto a área como o perímetro dos otólitos, estão diretamente relacionadas ao comprimento do peixe, crescendo proporcionalmente, como revelam as regressões lineares. Já o Fator de Forma, que varia de 0 a 1, apresentou uma relação inversa do Ro e Zo indicando que este índice responde à formação de irregularidades na estrutura dos otólitos. Otólitos de peixes pequenos tem margem mais arredondada, e valores do fator de forma próximos de 1. Com o crescimento da estrutura e a evolução da margem, os valores deste índice diminuem em resposta à alterações da área e do perímetro. Já para a Circulariedade o inverso ocorre, mostrando que este índice tende a aumentar em resposta ao desenvolvimento ontogenético do otólito da espécie aqui analisada. A interpretação qualitativa do formato pode ser diferente da extraída dos índices, pois diferentes formatos podem resultar em valores muito semelhantes destas medidas, revelando uma perda de informação na conversão do formato em um índice.

A tendência comum para o aumento da variação e da complexidade no formato dos otólitos, nos peixes maiores, também foi demonstrada em outros estudos que utilizaram índices calculados a partir da área e do perímetro desta estrutura (Stransky & MacLellan, 2005; Tuset *et al.*, 2003; Gauldie & Crampton, 2002; Bolles & Begg, 2000), mostrando que a circulariedade é maior nos peixes grandes, resultado confirmado neste estudo. Está documentado em estudos anteriores que o formato do otólito varia em resposta a taxa de crescimento somático (Galley *et al.* 2006; Cardinale *et al.*, 2004; Campana & Casselman, 1993).

As figuras 96 e 97 evidenciam ainda que, apesar das alterações ontogenéticas presentes durante o crescimento e de toda variabilidade individual, os índices de forma são bastante semelhantes entre as duas regiões, para todas as classes de comprimento analisadas e, assim, estes índices podem ser representativos do formato geral do otólito, possivelmente em função do padrão filogenético da espécie. Para melhor averiguar este fato, seria necessário comparar estes resultados com outras espécies do gênero, estudos que ainda não estão disponíveis na literatura. Lombarte & Cruz (2007), comparando os otólitos de diferentes espécies e ambientes, concluira em que os aspectos relacionados à filogenia como, por exemplo, a mistura das simplesiomorfias e sinapomorfias compartilhadas pelo grupo taxonômico, são características adaptativas relacionadas a especialização para a comunicação acústica, e podem ser mais importantes que os fatores exógenos na determinação do tamanho e formato dos otólitos.

Monteiro *et al.* (2005) observaram que as diferenças no formato dos otolitos entre e dentro de espécies de scianídeos, não eram inequivocavelmente relacionados aos postulados fatores ambientais mas, em alguns aspectos, a um padrão filogenético independente. A variação intraespecífica da morfologia do otólito é dependente também do estagio ontogenético do indivíduo, sendo que certas características morfológicas são adquiridas cedo na ontogenia e são bastante conservativas dentro das espécies (Gago, 1993). Além disso, foi verificado que os otólitos direito e esquerdo de um mesmo indivíduo podem ser perfeitamente simétricos, se tal simetria ocorre entre estruturas pareadas que crescem completamente separadas, isto implica em um alto grau de determinação genética para o formato dos otólitos (Gauldie & Crampton, 2002), resultado corroborado posteriormente com a identificação de um gene regulador agindo na formação dos otólitos (Söllner *et al.*, 2003).

## 5- Considerações Finais

O presente estudo aponta para a existência de variação espacial do crescimento entre os indivíduos de *Maurolicus stehmanni* do Sudeste e do Sul do Brasil. Variações significativas foram detectadas na comparação de amostras entre estas regiões, sendo demonstrado que no Sudeste os peixes são significativamente maiores em tamanho e massa, são mais velhos, e possuem, em média, a espessura dos 15 microincrementos consecutivos analisados, significativamente maiores do que na região Sul, elementos considerados como indício de uma maior taxa de crescimento no Sudeste. Tal fato pode ser atribuído à maior temperatura das águas naquela região, e à influencia que a temperatura exerce sobre o crescimento.

Outras evidências reforçam a hipótese de diferenciação espacial no crescimento da espécie: foi demonstrado que, para peixes de mesma idade, o Raio, a Área e ao Perímetro dos otólitos são, em média, maiores na região Sul. Estes resultados podem ser explicados pela existência do "efeito da taxa de crescimento" identificado por Kristoffersen (2007) para *Maurolicus mulleri*, pelo qual taxas maiores de crescimento levam a um tamanho relativo menor do otólito.

Os resultados indicam que, ao menos no período inicial do crescimento, avaliado pelas espessuras de 15 microincrementos, os indivíduos poderiam permanecer perto de seus locais de nascimento, sendo que fenômenos oceanográficos como os vórtices da corrente do Brasil, presentes nas duas regiões, atuariam sobre a separação espacial dos mesmos. Por outro lado, a considerável distancia entre as regiões comparadas, o tamanho relativamente pequeno e o ciclo de vida curto da espécie, agiriam como fatores de separação entre os "grupos" de peixes. Entretanto, considerando todos os fatores que podem influir sobre a microestrutura e a morfologia dos otólitos, e levando em conta as variações oceanográficas e ecológicas encontradas entre as duas regiões, são surpreendentes as semelhanças detectadas no crescimento de *Maurolicus stehmanni*, evidenciadas principalmente, pelas relações entre o Peso e o Comprimento Padrão, entre o Comprimento Padrão e a Idade, e pela ontogenia dos otólitos.Estas semelhanças poderiam ser explicadas pela ocorrência de mistura entre indivíduos nascidos nas duas áreas, que realizariam extensa dispersão latitudinal. A hipótese dessa dispersão estaria condicionada ao movimento das diferentes massas da água, AT e ACAS que atuam na região sudeste-sul.. No entanto, considerando todas as variações encontradas, não é provável que esta extensa migração esteja ocorrendo.

Outras hipóteses, além da migração, podem ser levantadas para justificar as semelhanças encontradas e não esperadas: os modelos utilizados neste estudo não explicaram cerca de 30 % da variação observada para as variáveis utilizadas. Esta variabilidade é comum em todos os estudos sobre o crescimento, devido à grande complexidade deste fenômeno (Villamor et al. 2004). Deste modo, as semelhanças detectadas podem ser atribuídas a tal variabilidade. Não podemos desconsiderar, também, a herança filogenética, a influência endógena do crescimento, que uma espécie como *Maurolicus stehmanni*, *r* estrategista, com ciclo de vida relativamente curto, pode ser um fator importante em gerar estas semelhanças.

As hipóteses apresentadas não são excludentes, sendo possível que as semelhanças encontradas sejam resultado de uma combinação dos fatores: dispersão latitudinal, variabilidade individual e herança filogenetica. Assim, os presentes resultados não nos permitem ser conclusivos com relação à hipótese da dispersão latitudinal. Para melhor avaliar esta hipótese seriam necessários outros estudos, utilizando metodologias que permitam rastrear diretamente os cardumes ou indiretamente como, por exemplo, pela análise do fluxo gênico (Suneetha & Nævdal, 2001) ou pela composição elementar dos otólitos (Campana & Thorrold, 2001; Secor, 1999).

Quando estudamos o fenômeno do crescimento individual e a ontogenia estamos lidando com a escala de tempo ecológica que é comparativamente muito menor que a escala de tempo dos processos evolutivos. Deste modo, é importante ter em mente que as características de um organismo são resultado tanto de uma quanto de outra. Tem sido demonstrado que os processos ontogenéticos estão intrinsecamente relacionados aos processos evolutivos, pois mudanças nas características morfológicas requerem mudanças nos processos de desenvolvimento que produzem tais características, sendo as mesmas a base para que haja a seleção natural

O método de sobreposição dos formatos, utilizado neste trabalho, permitiu a comparação do formato dos otólitos para as duas regiões, e possibilitou visualizar qualitativamente os padrões ontogenéticos bidimensionais da morfologia dos otólitos, apresentando uma amostra quantificada da variabilidade individual, que são, provavelmente, devidas à plasticidade fenotípica desta estrutura, resultantes das complexas interações do genótipo com as flutuações ambientais. No entanto, apesar desta variabilidade e das alterações resultantes do crescimento desta estrutura, pode-se perceber a existência de um padrão similar para o formato dos otólitos desta espécie ao comparar as duas regiões, possivelmente resultado da herança filogenética mencionada.

As interações entre as espécies podem ser visualizadas como redes ecológicas, estando seus componentes, direta ou indiretamente, unidos por meio de espécies intermediárias (Montoya *et al.*, 2006). Considerando que *Maurolicus stehmanni* é um elo intermediário fundamental no ecossistema de Quebra de Plataforma e Talude da região Sudeste e Sul, pois dela dependem as espécies de grande porte e com maior valor comercial, o estudo do seu crescimento vem contribuir para a compreensão da estrutura deste ecossistema e para o entendimento da complexidade do mesmo.

Acreditamos que este estudo cumpriu com seus objetivos, mostrando aspectos inéditos de grande relevância para a compreensão do crescimento da espécie na região Sudeste e Sul do Brasil e, também, para o conhecimento de como a ontogenia e o ambiente influenciam o formato geral dos otólitos de *Maurolicus stehmanni*.

## 6-Referências

- Adams, P. B. 1980. Life history patterns in marine fishes and their consequences for fisheries management. Fish. Bull. 78 (1): 1-12.
- Almeida, E. M. 2001. Estrutura da população, crescimento e reprodução de Maurolicus stehmanni Parin & Kobyliansky, 1993 (Teleostei: Sternoptychidae) na Zona Econômica Exclusiva do Sul e Sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 118 p.
- Almeida, E. M. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. R. 2007a. *Maurolicus stehmanni* Parin & Kobyliansky, 1993 (Sternoptychidae): Length of first maturation and spawning seasons in the South-Southeast Brazilian Region. Brazilian Journal of Oceanography. 55 (4): 309-322.
- Almeida, E. M. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. R. 2007b. Fish, Sternoptychidae, *Maurolicus stehmanni* Parin & Kobyliansky, 1993: Occurrence and distribution in south and southeastern Brazilian waters. Check List 3(4): 321-329.
- Anken, R. H. 2006. On the role of the central nervous system in regulating the mineralisation of inner-ear otoliths of fish. Protoplasma. 229: 205-208.
- Ankenbrandt, L. 1985. Food habits of bait-caught skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the southwestern Atlantic Ocean. Fish. Bull. 83(3): 379–393.
- Arnold, S. F. 1990. Mathematical statistics. Prentice- Hall. New York. 1168 p.
- Bailey, M. C. & Heath, M.R. 2001. Spatial variability in the growth rate of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) larvae at the shelf edge west of the UK. Fish. Res. 50: 73-87
- Barnett-Johnson, R.; Grimes, C. B.; Royer, C. F. & Donohoe, C. J. 2007. Identifying the contribuition of wild and hatchery Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) to the ocean fishery using otolith microstructure as natural tag. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64: 1683-1692.
- Bassot. J.M. 1966. On the comparative morphology of some luminous organs. *In*: F.H. Johnson (Ed.): *Bioluminescence in progress*. Princeton University, p. 557-610.

- Bellucco, A. C.; Hara, A.; Almeida, E. M.; Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. 2004.
  Growth Parameters Estimates of *Maurolicus Stehmanni* Parin & Kobyliansky, 1993 (Teleostei: Sternoptychidae) from South and Southeastern Brazilian Waters.
  Brazilian Journal of Oceanography. 52 (3/4): 195-205.
- Begg, A. G. 2005. Life history parameters. In: Cadrin, S. X., Friedland, K. D. & Waldman, J. R. (eds.). *Stocks identifications methods, aplications in fisheries science*. Academic press, San Diego. 735 p.
- Begg, A. G.; Campana, S. E.; Fowler, A. J. & Suthers, I. M. 2005. Otolith research and application: current directions in innovation and implementation. Marine and Freshwater Research. 56: 477-483.
- Bergenius, M. A. J.; Begg, A. G. & Mapstone, B. D. 2006. The use of otolith morphology to indicate the stock structure of common coral trout (*Plectropomus leopardus*) on the great Barrier Reef, Australia. Fish. Bull. 104: 498-511.
- Bertalanffy, L. V. 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol. 10: 181-213.
- Bertalanffy, L. V. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. The Quarterly Review of Biology, 32 (3): 217-231.
- Bervian, G.; Fountoura, N. F. & Haimovici, M. 2006. Statistical model of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). J. Fish. Biol. 68: 196-208.
- Beverton, R. J. H. & Holt, S. J., 1957. On *the dynamics of exploited fish populations*. UK Agric. Fish., Fish. Invest. (Ser. 2) 533p.
- Bigelow, K. A.; Jones, J. T.; Dinardo, G. T. 1995. Growth of the Pacific pomfret, *Brama japonica*: A comparison between otolith and lengh-frequency (MULTIFAN) analysis. Can. J. of Fish. Aquat. Sci., 52 (12): 2747-2756.
- Bolle, L. J.; Hunter, E.; Rijnsdorp, A.D.; Pastoor, M. A.; Metcalfe J. D. & Reynolds, J.D. 2005. Do tagging experiments tell the truth ? Using eletronic tags to evaluated conventional tagging data. ICES J. Mar. Sci. 62: 236-246.
- Bolles, K. L. & Begg, G. A. 2000. Distinction between silver hake (*Merluccius bilinearis*) stocks in U.S. waters of the northwest Atlantic based on whole otolith morphometrics. Fish. Bull. 98: 451-462.

- Bonecker, A. C. T. & Hubold, G. 1990. Distribution abundance of larval Gonostomatidae fishes in the Southwest Atlantic. Meeresforsch, 33: 38-51.
- Bonecker, F. T.; Bonecker, A. C. T.; Castro, M. S.; Namiki, C. A. P. & Barros, F. B. A.
  G. 2006. Stomiiformes: Gonastomatidae, Sternoptychidae, Phosichthydae,
  Stomiidae. *In*: Bonecker, A. C. T.; Castro, M. S. (Eds.). *Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Rio de Janeiro: Museu
  Nascional. Série Livros/Documentos REVIZEE score Central n. 19, 216 p.
- Bookstein, F. L. 1989. Size and shape: a comment on semantics. Syst. Zool. 38 (2): 173-180.
- Bookstein, F. L. 1999. *Morphometric tools for landmark data*. Cambridge University Press. New York. 435 p.
- Borges, L. 2000. Age and growth of the snipefish, *Macroramphosus* ssp., in Portuguese continental waters. J. Mar. Biol. Ass. U K. 80: 147-153.
- Braga, A. C.; Costa, P. A. S.; Lima, A. D. ; Nunan, G. W.; Olavo, G.; Martins, A. S. 2007. Padrões de distribuição de teleósteos epi e mesopelágicos na costa central (11-22°) brasileira. In: *Biodiversidade da fauna marina profunda na costa central brasileira*. Costa, P. A. S.; Olavo, G.; Martins, A. S. (Eds.). Rio de Janeiro: Museu Nascional. Série Livros/Documentos REVIZEE score Central n. 24, 184 p.
- Brickle, P.; Arkhipkin, A. I. & Shcherbich, Z. N. 2005. Age an growth in a temperate euryhaline notothenioid, *Eleginops maclovinus* from Falkland Islands. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 85: 1217-1221.
- Brothers, E. B.; Mathews, C. P. & Lasker, R. 1976. Daily Growth Increment in Otoliths from larval and adult fishes. Fish. Bull., 74: 1-8.
- Bussab, W. O. & Morettin, P. A. 2006. *Estatística Básica*. Ed. Saraiva. 5 ed. 526p.
- Caldrin, S. X. & Friedland, K. D. 1999. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. Fish. Res. 43: 129-139.
- Caldeira, F. G. (2001). Os processos físicos de enriquecimento de mesoescala e as acumulações biológicas observadas por método hidroacústico no ambiente pelágico da região. Tese de mestrado. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. 96p.

- Caley, M. J.; Carr, M. H.; Hixon, M. A.; Hughes, T. P.; Jones, G. P. & Menge, B. A. 1996. Recruitment and local dynamics of open marine population. Annu. Rev. Ecol. Syst. 27: 477-500.
- Callihan, J. L.; Takata, L. T.; Woodland, R. J. & Secor, D. H. 2008. Cohort spliting in bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in U S mid-Atlantic Bight. Fish. Oceanogr. 17 (3): 191-205.
- Campana, S. E. 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths ? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 2219-2227.
- Campana, S. E. 1992. Measurement and interpretation of the microstructure of fish otolith, *In*: Stevenson, D. K. & Campana, S. E. eds. Otolith microstructure examination and analisys. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 117: 59-71.
- Campana, S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. J. Fish. Biol., 59: 197-242.
- Campana, S. E. & Neilson, J. D. 1985. Microstructure of fish otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1014-1032.
- Campana, S. E. & Casselman, J. M. 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1062-1083.
- Campana, S. E. & Jones, C. M. 1992. Analysis of otolith microstructure data. *In*: Stevenson, D. K. & Campana, S. E. eds. Otolith microstructure examination and analisys. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 117: 73-100.
- Campana, S. E. & Thorrold, S. R. 2001. Otoliths, increments, and elements: Keys to a comprehensive understanding of fish population ? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 30-38.
- Campos, E. J. D.; Gonçalves, J. E. & Ikeda, Y. 1995. Water mass structure and geostrophic circulation in South Brazil Bight- summer of 1991. J. Geophys. Res. 100 (C9): 18537-18550.
- Campos, E. J. D.; Ikeda, Y.; Castro, B. M.; Gaeta, S. A.; Lorenzetti, J. A. & Stevenson,M. R. 1996a. Experiment studies circulation in Western South Atlantic. EOS. 77 (27): 253-259.

- Campos, E. J. D.; Velhote, D. & Silveira, I. C. A. 2000. Shelf Break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. Geophys. Res. Letters. 27 (6): 751-754.
- Cardinale, M.; Doering-Arjes, P.; Kastowsky, M. & Mosegaard, H. 2004. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 158-167.
- Castro, B.M.; Lorenzzetti, J. A. A. ; Silveira, I. C. A. A. & Miranda, L. B. 2006. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. Org: Rossi-Wongtschowski, C.L.D. & Madureira, L.S.P. Edusp. SP. 11-120 p.
- Chang, J. S. Y.; Popper, A. N. & Saidel, W. N. 1992. Heterogeneity of sensory hair cells in a fish ear. J. Comp. Neur. 324: 324: 621-640.
- Chen, H. L. & Tzeng, W. N. 2006. Daily growth increment formation in otoliths Pacific tarpon *Megalops cyprinoides* during metamorphosis. Mar. Ecol. Prog. Ser. 312: 255-263.
- Chen, S. Y. Y., Lestrel, P. E., Kerr, W. J. S. & McColl, J. H. 2000. Describing shape changes in the human mandible using ellipitical Fourier functions. Eur. J. Orthodont. 22, 205-216.
- Clarke, T. A. 1983. Sex ratio e sexual differences in size among mesopelagic fishes from the central Pacific Ocean. Mar. Biol. 73: 203-209.
- Cleusen, L. A. W.; Bekkevold, D.; Hatfield, E. M. C. & Mosegaard H. 2007. Application and validation of otolith microstructure as a stock identification method in mixed Atlantic herring (*Clupea harengulas*) stocks in the North Sea and western Baltic. ICES J. Mar. Sci. 64: 377-385
- Cock, A. G. 1966. Genetics aspects of metrical growth and form in animals. The Quarterly Review of Biology. 41 (2): 131-190.
- Correia, A. T.; Antunes, C.; Wilson, J. M. & Coimbra, J. 2006. An evaluation of the otolith characteristics of *Conger conger* during the metamorphosis. J. Fish. Biol. 68: 99-119.
- Cushing, D. H. 1995. *Populations production and regulation in the sea*. Cambrigde University Press. UK. 354 p.

- Cuvier, G. 1828. Le Regne Animal Distribue d'apres Son Organisation. 2 ed edn, Fortin, Paris.
- Czarnoleski M. & Kozlowski, J. 1998. Do Bertalanffy's growth curves result from optimal resource allocation ? Ecol. Lett. 1, 5-7.
- Day, T. & Taylor, P. D. 1997. Von Bertalanffy's growth equation should not be used to model age and size at maturity. Amer. Nat. 149 (2): 381-393.
- Degens, E. T.; Deuser, W. G.; Haedrich, R. L. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. Mar. Biol. 2: 105-113.
- Denit, K. & Sponaugle, S. 2004. Growth variation, settlement, and spawning of gray snapper across a latitudinal gradient. Trans. Amer. Fish. Soc. 133: 1339-1355.
- DeVries, D. A.; Grimes, B. C. & Prager. M. H. 2002. Using otolith shape analyses to distinguish eastern Golf of Mexico and Atlantic Ocean stock of king mackerel. Fish. Res. 52: 51-62.
- Dunkelberger, D. G.; Dean, J. M. & Watabe, N. 1980. The ultrastructure of the otolith membrane and otolith in the juvenile mummichog, *Fundulus heteroclitus*. J. Morphol. 163: 367-377.
- Emílsson, I. 1961. The shelf and coastal waters off southern Brasil. Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo, 11 (2): 101-112.
- Ekau, E. & Blay, J. 2000. Validation of daily increment deposition and early development in the otoliths of *Sarotherodon melanotheron*. J. Fish Biol. 57: 1539-1549.
- Enger, P. S. 1964. Ionic composition of the cranial and labyrinthic fluids and saccular potencial in fish. Comp. Biochem. Physiol. 11: 131-137.
- Fey, D. P. 2006. The effect of temperature and somatic growth on otolith growth: discrepancy between two clupeid species from similar environment. J. Fish. Biol. 69: 794-806.
- Figueiredo, J. L.; Santos, A. P.; Yamaguti, N.; Bernardes, R. A. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. 2002. Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil. Levantamento com rede de meia água. São Paulo, Edusp. 242p.

- Filiz, H.; Bilge, G.; Irmak, E.; Togulga, M.; Uckun, D. & Akalin, S. 2006. Age and growth of the hollowsnout grenadir, *Caelorinchus caelorinchus* (Riso, 1910), in the Aegean Sea. J. Appl. Ichthyol. 22: 285-287.
- Fink, W. L. & Weitzman, S. H. 1982. Relationships of the stomiiform fishes (Teleostei), with a description of *Diplophos*. Bull. Mus. Comp. Zool. 150 (2): 31-93.
- Francis, R.I.C.C. 1995. The analysis of otolith data- a mathematician's perspective (What, precisely, is your model?). *In: Recent Development in Fish Otolith Researsh*. Secor, :D. H., dean, J. M. & Campana, S. E., eds, Columbia: University of South Carolina Press. p. 81-95.
- Franco, B. C.; Muelbert, J. H. & Mata, M. M. 2005. O ictioplâncton da quebra da plataforma da região Sudeste-Sul do Brasil e sua relação com as condições ambientais. Série Documentos Revizee- Score Sul. Instituto Oceanográfico-Usp. São Paulo. 40p.
- Frisk, G. M. & Miller, T. J. 2006. Age, growth, and latitudinal patterns of two Rajidae species in the northwestern Atlantic: little skate (*Leucoraja erinacea*) and winter skate (*Leucoraj aocellata*). Can. J. Fish. Aqua. Sci. 63: 1078-1091.
- Gaemers, P. A. M. 1984. Taxonomic position of the *Cichlidae* (pisces: Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. Neth. J. Zool. 34: 566-595.
- Gago, J. F. 1993. Morphology of saccular otoliths of six species of lanternfishes of the genus *Symbolophorus* (Pisces: Myctophidae). Bull. Mar. Sci. , 52 (3): 949-960.
- Galley, E. A.; Wright, P. J. & Gibb, F. M. 2006. Combined methods of otolith shape analysis improve indentification of spawning areas of Atlantic cod. ICES Journal of Marine Science, 63: 1710-1717.
- Gasalla, M. A.; Velasco, G.; Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B.; Haimovici, M. & Madureira, L. S. P. 2007. *Modelo de biomassa do ecossitema da plataforma continental externa, talude e região oceânica adjacente do Sudeste/Sul do Brasil, entre 100 e 1000 m*. Série Documentos Revizee: Score Sul. São Paulo, Instituto Oceanográfico da USP, 56p.
- Garcia, R. E.; Potts, J. C.; Rulifson, R. A. & Manooch III, C. S. 2003. Age and growth of yellowtail snapper, *Ocyurus chrysurs*, from the Southeastern United States. Bull. Mar. Sci. 72 (3): 909-921.

- Gartner, J. V. 1991. Life histories of three species of lantern fishes (Pisces: Myctophidae) from the eastern Gulf of Mexico. I. Morphological and microstructural analysis of sagittal otoliths. Mar. Biol. 111: 11-20
- Gartner, J. V. 1991. Life histories of three species of lantern fishes (Pisces: Myctophidae) from the eastern Gulf of Mexico. II. Age and growth patterns. Mar. Biol. 111: 21-27.
- Gartner, J. V. 1993. Patters of reproduction in the dominant lanternfish species (Pisces: Myctophidae) of the eastern Gulf of Mexico, with a review of reproduction among tropical-subtropical myctophidae. Bull. Mar. Sci. 52(2): 721-750.
- Gaughan , D. J. ; Fletcher, W. J. & White, k. V. 2001. Growth rate of larval Sardinops sagax from ecosystems with different levels of productivity. Mar. Biol. 139: 831-837.
- Gauldie, R. W. 1999. Ultrastructure of lamellae, mineral, and matrix components of fish otolith twinned aragonite crystal: implications for estimating age in fish. Tissue & Cell. 31(2): 138-153.
- Gauldie, R. W. & Crampton, J. S. 2002. An eco-morphological explanation of individual variability in the shape of the fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus atlanticus* with other species by deph. J. Fish. Biol. 60: 1204-1221.
- Gauldie, R. W.; West, I. F. & Coote, G. E. 1995. Evaluating otolith age-estimates for *Hoplostetus atlanticus* by comparing patters of check, cycle in microincrement width, and cycles in strontium and calcium composition. Bull. Mar. Sci. 56: 76-102.
- Gauldie, R. W. & Radtke, R. L. 1990. Microincrementation: facultative and obligatory precipitation of otolith crystal. Comp. Biochem. Physiol. A 97 (2): 137-144.
- Geffen, A. J. 1992. Validation of otolith increment deposition rate. *In*: Stevenson, D.K. & Campana, S. E. eds. Otolith microstructure examination and analisys. Can.Spec. Publ. Aquat. Sci. 117: 101-113.
- Gilliers, C.; Amara, R.; Begeron, J. P. & Le Pape, O. 2004. Comparison of growth and condition indices of juvenile flatfish in different coastal nursery grounds. Environ. Biol. Fish. 71 (2): 189-198.

Gibbs, R. H., Jr. 1986. The stomioid fish genus *Eustomias* and the oceanic species concept. Pelagic biogeography, UNESCO. Tec. Pap. Mar. Sci. 49: 98-103.

Giovanni, NASA. 2007. giovanni.gsfc.nasa.gov

- Gjøsæter, J. 1981. Life history and ecology of *Maurolicus mulleri* (Gonostomatidae) in Norwegian waters. Fiskeridirektorates Skrifter serie Havundersøkelser 17: 109-131.
- Goto, A. & Arai, T. 2006. Diverse migratory histories of Japanese *Trachidermus* and *Cottus* species (Cottidae) as inferred from otolith microchemistry. J. Fish. Biol. 68: 1731-1741.
- Green, R. H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. J.Wiley & Sons, New York, 257p.
- Greic, A. B. 2000. Determinação da distribuição e estimativa da abundância de *Maurolicus mulleri* (Gmelin, 1789); (Teleost: Sternoptychidae) por método hidroacústico na região Sudeste-Sul do Brasil, para a primavera de 1997. Dissertação de Mestrado. Rio Grande, Fundação Universidade do Rio Grande. 104 p.
- Grey. M. 1960. A preliminary review of family Gonastomatidae, with a key to the genera and the description of a new species from the Tropical Pacific. Bull. Mus. Comp. Zool. 122: 55-125.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of life contingences. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 115: 515-585.
- Gould, S. J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. Biol. Rev. 41: 587-640.
- Gould, S. J. 1977. *Ontogeny and phylogeny*. Harvord University Press, Cambrigde (Mass.). 520 p.
- Goodson, M. S.; Giske, J. & Rosland, R. 1995. Growth and ovarian development of *Maurolicus mulleri* during spring. Mar. Biol. 124: 185-195.
- Goodwin, B. C. 1999. D'Arcy Thompsons and the problem of biological form. *In.* Chaplain, M. A. J.; Singh, G. D. & Mclachlan, J. C. (eds.). *On growth and form: spatio-temporal patterns formation in biology*. John Wiley & Sons. 403 p.

- Haimovici, M.; Martins, A. S.; Figueiredo, J. L. & Vieira, P. C. 1994. Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the southern Brazil subtropical convergence ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser. 108 (1-2): 59-77.
- Hale, R. & Swearer, S. E. 2008. Otolith microstructural and microchemical changes associated with settlement in the diadromous fish *Galaxias maculatus*. Mar. Eco. Prog. Ser. 354: 229-234.
- Hare J. A. & Cowen, R. K. 1994. Ontogeny and otolith microstructure of bluefish *Pomatomus saltatrix* (Pisces: Pomatomidae). Mar. Biol. 118: 541 -550.
- Harold, A. S. & Weitzman, S. H. 1996. Interrelationships of stomiiform fishes. *In: Interrelationships of fish.* Stiassny, M. L. J.; Parenti, R. L. & Johnson, D. G. (eds.).San Diego. Academic Press. 496 p.
- Harris, P. J.; Wyansky, D. M.; White, D. B. & Mikell, P. P. 2007. Age, growth, and reproduction of greater Amberjack off the Southeastern U.S. Atlantic Coast. Trans. Am. Fish. Soc. 136: 1537-1545.
- Helfman, G. S.; Collete, B. B. & Facey, D. E. 1997. *The diversity of fishes*. Blackwell Science. 528 p.
- Higgins, O. P. 1999. Ontogeny and phylogeny: some morphometric approaches to skeletal growth and evolution. *In:* Chaplain, M. A. J. ; Singh, G. D. & Mclachlan, J. C. (eds.) *On growth and form: spatio-temporal patterns formation in biology*. John Wiley & Sons. 403 p.
- Hilborn, R. & Walters, C. J. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics & Uncertarnty*. Chapman & Hall. New York. 570 p.
- Humphrey, C.; Klumpp, D. W. & Pearson, R. G. 2003. Early development and growth of the eastern rainbowfish, *Melanotaenia splendida splendida*. II. Otolith development, increment validation and larval growth. Marine and Freshwater Research. 54 (2): 105-111.
- Hunter, E.; Metcalfe J. D.; Arnold, G. P. & Reynolds, J. D. 2004. Impacts of migratory behavior on population structure in North Sea plaice. J. Anim. Ecol. 73: 377-385.
- Hussy, K.; Mosegaard, H.; Hinrichsen, H. H. & Bottcher, U. 2003. Factors determining variations in otolith microincrement width of demersal juvenile Baltic cod *Gadus morhua*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 258: 243-251.

- Huxley, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. Nature 14: 896-897.
- Hwang, S. D.; Song, M. H.; Lee, T. W.; Mcfarlane, G. A. & King, J. R. 2006. Growth of larval Pacific anchovy *Engraulis japonicus* in the Yellow Sea as indicated by otolith microstructure. J. Fish. Biol. 69: 1756-1769.
- Joh, M.; Takatsu, T.; Nakaya, M.; Higashitani, T. & Takahashi, T. 2005. Otolith microstructure and daily increment validation of marbled sole (*Pseudopleuronectes yokohamae*). Mar. Biol. 147 (1): 59-69
- Johnson, R. K. 1986. Polytypy, boundary zones and the place of broadly distributed species in mesopelagic zoogeography. Pelagic Biogeography. UNESCO tech. Pap. Mar. Sci. 49: 156-165.
- Jones, C. M. 1992. Development and application of the otolith increment technique, p. 1-11. *In:* D. K. Stevenson and s. E. Campana (ed.) Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. fish. Aquat. Sci. 117p.
- Joyeux, J. C.; Miller, J. M.; Aliaume, C. & Zerbi, A. 1995. Growth sand whiff *Citharichthys arenaceus* and bay whiff *Citharichthys spilopterus* (Pleuronectiformes: Bothidae) in Puerto Rico( Greater Antilles) and North Carolina (USA), with comments on growth rate comparisons. Neth. J. Sea. Res. 34 (1-3): 211-220.
- Kaartvedt, S.; Knutsen, T. & Holst, J. C. 1998. Schooling of the vertically migrating mesopelagic fish *Maurolicus muelleri* in light summer nights. Mar. Ecol. Prog. Ser., 170: 287 - 290.
- Kalish, J. M. 1989. Otolith microchemistry: validation of the effects of physiology, age and environment on otolith composition. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 132: 151-178.
- Kalish, J. M.; Beamish, R. J.; Brothers, E. B.; Casselman, J. M.; Francis, R. I. C. C.; Mosegaard, H.; Panfili, J.; Prince, E. D.; Thresher, R. E.; Wilson, C. A. & Wright, P. J. 1995. Glossary for otolith studies. In *Recent Development in Fish Otolith Researsh* (Secor, :D. H., Dean, J. M. & Campana, S. E., eds), Columbia: University of South Carolina Press. p. 723-729.
- Kanak, M. K. & Tachihara. 2006. Age and growth of *Gerres oyena* (Forsskal, 1775) on Okinawa Islans, Japan. J. Appl. Ichthyol. 22: 310-313.

- Katsanevakis, S. 2006. Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. Fish Res. 81: 229-235.
- Katsuragawa, M.; Muelbert, J. H. & Dias, J. F. 2006. O ictioplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). *In: O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. Org: Rossi-Wongtschowski, C.L.D. & Madureira, L.S.P. Edusp. São Paulo. 359-446 p.
- Kellermann, A. K.; Gauldie, R. W. & Ruzicka, J. J. 2002. Otolith microincrements in the Antarctic fishes *Notothenia coriiceps* and *Pseudochaenichthys georgianus*. Polar Biology. 25 (11): 799-807.
- Kendall, D. 1977. The diffusion of shape. Advances in Applied Probability. 9: 428-430.
- Klingenberg, P. C. 1998. Heterocrony and allometry: the analyse of evolucionary change in ontogeny. Biol. Rev. 73: 79-123.
- Kingsford, M. J. & Hugles, J. M. 2005. Patterns of growth, mortality and size of the tropical damselfish *Acanthochromis polyacanthus* across the continental shelf of the Great Barrier Reef. Fish. Bull. 103: 561-573.
- Koç, H. T.; Erdogan, Z.; Tinkci, M. & Treer, T. 2007. Age, growth and reproductive characteristics of chub, *Leuciscus cephalus* (L., 1758) in the Ikizcetepeler dam lake (Balikesir), Turkey. J. Appl. Ichthyol. 23: 19-24.
- Kristoffersen, J. B. 2007. Growth rate and relative otolith size in populations of adult Müller pearlside *Maurolicus muelleri*. J. Fish. Biol. 71: 1317-1330.
- Kristoffersen, J. B. & Salvanes, A. G. V. 2001. Sexual size dimorfism and sex ratio in Müller's pearlside (*Maurolicus muelleri*). Mar. Biol. 138: 1087-1092.
- Kristoffersen, J. B. & Salvanes, A. G. V. 1998. Life history of *Maurolicus muelleri* in fjordic and oceanic environments. J. Fish. Biol., 53: 1324 1341.
- La Mesa, M.; Ashford, J.; Larson, E. & Vacchi, M. 2004. Age and growth of Scotia Sea icefish, *Chaenocephalus aceratus*, from the South Shetland Islands. Antar. Sci. 16 (3): 253-262.
- Lagardère, F. ; Chaumilion, G.; Amara, R.; Heineman, G. & Lago, J. M. 1995. Examination of otolith morphology and microestructure using laser scanning microscopy. In: Secor, D. H., dean, J. M. & Campana, S. E. (eds). *Recent*

Development in Fish Otolith Research, Columbia: University of South Carolina Press. p. 7-26.

- Landaeta, M. F. & Castro, L. R. 2002. Spring spawning and early nursery zone of the mesopelagic fish *Maurolicus parvipinnis* at coastal upwelling zone off Talcahuano central Chile. Mar. Eco. Prog. Ser. 226: 179-191.
- Lele, S. 1999. Invariance and Morphometrics: A critical appraisal of statistics techniques for landmark data. *In.* Chaplain, M. A. J.; Singh, G. D. & Mclachlan, J. C. (eds.). *On growth and form: spatio-temporal patterns formation in biology*. John Wiley & Sons. 403 p.
- Lessa, R. & Duarte-Neto, P. 2004. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Equatorial Atlantic, using dorsal fin spines. Fish. Res. 69: 157-170.
- Lester, N. P.; Shuter, B. J. & Abrams, P. A. 2004. Interpreting the von Bertalanffy model of somatic growth in fishes: the cost of reproduction. Proc. R. Soc. Lond. 271: 1625-1631.
- Lleonart , J. Salat, J. & Torres, G. J. 2000. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. J. Theor. Biol. 205: 85-93.
- Lima, A. T. 2005. Os peixes da Família Sternoptychidae (Teleostei, Stomiformes) do talude e plataforma continental brasileira entre 11º e 23º S. Dissertação de Mestrado. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 85 p.
- Linkowski, T. B. 1996. Lunar rhythms of vertical migrations coded in otolith microstructure of North Atlantic lanternfishes, genus *Hygophum* (Myctophidae). Mar. Biol. 124: 495-508.
- Linkowski, T. B. 1991. Otolith microstructure and growth patterns during the early life history of lanternfishes (family Myctophidae). Can. J. Zoo. 69: 1777-1792.
- Linkowski, T. B.; Radtke, R. L. & Lenz, P. H. 1993. Otolith microstructure, age and growth of two species of *Ceratoscopelus* (osteichthyes: Myctophidae) from the eastern North Atlantic. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 167: 237-260.
- Lochet. A.; Jatteau, P.; Tomás, J. & Rochard, E. 2008. Retrospective approach to investigating the earlt life history of a diadromous fish: allis shad *Alosa alosa* (L.) in the Gironde-Garonne-Dordogne watershed. J. Fish. Biol. 72: 946-960.

- Lombarte, A. 1992. Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. Environ. Biol. Fish. 33: 405-410.
- Lombarte, A. & Cruz, A. 2007. Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. J. Fish. Biol. 71: 53-76.
- Longhurst, A. R. & Pauly, D. 2007. Ecologia dos Oceanos Tropicais. Edusp. 419 p.
- Lv, Q. & Pitchford, J. W. 2007. Stochastic von Bertalanffy models, with applications to fish recruitment. J. Theor. Biol. 244: 640-655.
- MacCarthy, J. J. 2002. Biological responses to nutrients. *In:* Robinson, A. R.; McCarthy J. J. & Rothschild, B. J. (eds.) *The Sea*, Vol. 12, John Wiley & Sons. NY. 219-244 p.
- Macllwain, J. L.; Claereboudt, M. R.; Al-Oufi, H. S.; Zaki, S. & Goddard, J. S. 2005. Spatial variation in age and growth of the Kingfish (*Scomberomorus commerson*) in the coastal waters of the Sultanate of Oman. Fish Res. 73: 283-298.
- Madureira, L. S. P.; Vasconcelos, M. C. ; Weigert, S. C.; Habiaga, R. P.; dePinho, M. P.; Ferreira, C. S.; Duvoisin, A. C.; Soares, C. F. & Bruno, M. A. 2005. Distribuição, Abundância e interações ambientais de espécies pelágicas na região sudeste-sul do Brasil, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). *In*: Madureira, L. S. P. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (eds.) *Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da região sudeste e sul do Brasil: hidroacústica e biomassas*. Série Documentos Revizee: Score Sul. Instituto Oceanográfico-Usp. São Paulo. 144p.
- Magnussen, E. 2007. Interpopulation comparison of growth patterns of 14 fish species on Faroe Bank: are all fishes on the bank fast-growing ? J. Fish. Biol. 71: 453-475.
- Manley, G. A. & Clack, J. A. 2004. An outline of the evolution of vertebrate hearing organs. In: Manley, G. A.; Popper, A. N.; & Fay, R. R. (eds.). *Evolution of the vertebrate auditory system*. Springer: New York. 1-26.
- Maillet, G. L. & Checkley, D. M. Jr. 1990. Effects of starvation on the frequency of formation and width of growth increments in sagittae of laboratory-reared Atlantic menhaden (*Brevoortia tyrannus*) larvae. Fish. Bull. 88: 155-165.

- Mauri, M.; Arai, T.; Miller, M. J.; Jellyman, D. J. & Tsukamoto, K. 2001. Comparison of early life history between New Zealand temperate eels and pacific tropical eels revealed by otolith microstructure and microchemistry. Mar. Ecol. Prog. Ser. 213: 273-284.
- Mayer-Gostan, N.; Kossmann, H.; Watrin, A.; Payan, P. & Boeuf, G. 1997.
  Distribution of ionocytes in the saccular epithelium of the inner ear of two teleosts (*Oncorhynchus mykiss* and *Scophkalmus maximus*). Cell Tissue Res. 289: 53-61.
- Megalofonou, P. 2006. Comparison of otolith growth and morphology with somatic growth and age in young- of-the-year bluefin tuna. J. Fish. Biol. 68: 1867-1878.
- Miranda, L. B. 1982. Análise das Massas de Água da Plataforma Continental e da Região Oceânica Adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP). Tese de Livre Docência. Instituto Oceanográfico, USP. 194 p.
- Molony, B. W. & Sheaves, M. J. 2002. Otolith increment widths as tools to record and asses environmental changens in stuarine areas. Mar. Tec. Soc. J. 36 (1): 44-51.
- Moksness, E. & Fossum, P. 1992. Daily growth rate and hatching-date distribution of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). ICES J. Mar. Sci., 49: 217-221.
- Monteiro, R. L. ; Di Beneditto, A. P. M.; Guillermo, L. H. & Rivera, L. A. 2005. Allometric changes and shape differentiation of saggitta otoliths in sciaenid fishes. Fish. Res. 74: 288-299.
- Montoya, J. M.; Pimm, S. L. & Solé, R. V. 2006. Ecological networks and their fragility. Nature. 442: 259-264.
- Morales-Nin, B. 2000. Review of the growth regulation process of otolith daily increment formation. Fish Res. 46: 53-67.
- Mosegaard, H. & Morales-Nin, B. 2000. Otolith physiology and morphology. Fish. Res. 46: 3-4.
- Mugiya, Y. & Uchimura, T. 1989. Otolith resorption induced by anarobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. J. Fish Biol. 35: 813-818.
- Muto, E. Y.; Silva, M. H. C.; Vera, G. R.; Leite, S. S. M.; Navarro, D. G. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. 2005. *Alimentação e relações tróficas de peixes demersais*

*da plataforma continental externa e talude superior da região Sudeste-Sul do Brasil.* Serie Documentos Revizee: Score Sul. Instituto Oceanográfico da USP. São Paulo. 64p.

- Neilson, J. D. 1992. Sources of error in otolith microstructure examination. In Stevenson, D. K. & Campana, S. E. eds. Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 117: 115-125.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world .John Wiley & Sons, Inc. New York. 4 ed. 622p.
- Nolf, D. 1993. A survey of perciform otoliths and their interest for phylogenetic analysis, with an iconographic synopsis of the percoidei. Bull. Mar. Sci. 52 (1): 220-239.
- Norton, S. F.; Luczkovich, J. J. & Motta, P. J. 1995. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. Environ. Biol. Fish. 44: 287-304.
- Ohshimo, S. 2004. Spatial distribution and biomass of pelagic fish in the East China Sea in summer, based on acoustic surveys from 1997 to 2001. Fish. Sci. 70: 389-400.
- Oozeki, Y. & Watanabe, Y. 2000. Comparison of somatic growth and otolith increment growth in laboratory-reared larvae of pacific saury, *Cololabis saira*, under different temperature conditions. Mar. Biol. 136 (2): 349-359.
- Otterlei, E.; Folkvord, A. & Nyhammer, G. 2002. Temperature dependent otolith growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). ICES J. Mar. Sci. 59: 851-860.
- Oxman, S. D.; Barnett-Johnson R.; Smith, M. E.; Coffin, A.; Miller, D. L.; Josephson,
  R. & Popper, A. N. 2007. The effect of vaterite deposition on sound reception,
  otolith morphology, and inner ear sensory epithelia in hatchery-reared Chinook
  salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64: 1469-1478.
- Oyadomari, J. K. & Auer, N. N. 2007. Influence of rearing and feeding regime on otolith increment deposition in larval ciscoes. Trans. Am. Fish. Soc. 136 (3): 766-777.
- Packard, G. C. & Boardman, T. J. 1988. The misuse of ratios, indices and percentagens in ecophysiological research. Physiol. Zool. 61: 1-9.

- Pannella, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodic patterns. Science, 173: 1124-1127.
- Pannella, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperated and tropical fishes. In: Begenal, T. B. ed. *Ageing of fishes*. London. Unwin Bros. Ltd. P. 28-39.
- Parin, N. V. & Kobyliansky, S. G. 1993. Rewiew of the genus *Maurolicus* (Sternoptychidae: Satomiiformes), with re-establishing validity of five species considered junior synonyms of *Maurolicus Muelleri* and descriptions of nine new species. Trudy Inst. Okeanol. 128: 69 – 107.
- Parin, N. V. & Kobyliansky, S. G. 1996. Diagnoses and distribution of fifteen species recognized in genus *Maurolicus* (Sternoptychidae, Stomiiformes), with a key to their indentification. Cybium, 20 (2): 185-195.
- Parisi-Baradad, V,; Lombarte, A.; García-Ladona, E.; Cabestany, J.; Piera J & Chic, O. 2005. Otolith shape contour analysis using affine transformation invariant wavelet transforms and curvature scale space representation. Marine and Freshwater Research. 56: 795-804.
- Parmentier, E.; Lagardère, F. & Vandewalle, P. 2002. Relationships between inner ear and saggita growth during ontogenesis of three Carapini species, and consequences of life-history events on the otolith microstructure. Mar. Biol. 141: 491-501.
- Payan, P.; De Pontual, H.; Boeuf, G. & Mayer-Gostan, N. 2004. Endolymph chemistry and otolith growth in fish. C. R. Palevol. 3: 535-547.
- Petursdottir, G.; Begg, G. A. & Marteinsdottir, G. 2006. Discrimination between Iceland cod (*Gadus morhua* L.) populations from adjacent spawning areas based on otolith growth and shape. Fish. Res. 80: 182-189.
- Piera J.; Parisi-Baradad, V.; García-Ladona, E.; Lombarte, A.; Recasens, L. & Cabestany, J. 2005. Otolith shape feature extraction oriented to automatic classification with open distributed data. Marine and Freshwater Research. 56: 805-814.
- Pitcher, T. J. & Hart, P. J. B. 2000. *Fisheries Ecology*. Kluwer Academic Publisher. The Netherlands. 414 p.

- Ponton, D. 2006. Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species? J. Morphol. 267: 750-757.
- Popper, A. N. & Lu, Z. 2000. Structure-function relationships in fish otolith organs. Fish. Res. 46: 15-25.
- Popper, A. N. ; Ramcharitar, J. & Campana, S. E. 2005. Why otoliths ? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. Marine and Freshwater Research. 56: 497-504.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. 2007. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. UK. 537p.
- Ribeiro, M. R. 1996. Estudos sobre o desenvolvimento larval, abundância e distribuição de ovos e larvas de *Maurolicus muelleri* (Gmelin, 1789) (Teleostei: Sternoptychidae), e possíveis potencialidades ao largo da costa sudeste brasileira, compreendida entre 23º S. (Cabo Frio-RJ) e 29º S (Cabo de Santa Marta Grande-SC). Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 160 p.
- Rigton, D. & Mills, M. C. 2008. Reconstructing the movements of free-ranging demersal fish in the North Sea: a data-matching and simulation method. Mar. Biol. 153: 507-521.
- Rose, M. R. 1991. Evolutionary biology of aging. Oxford University Press. UK. 221p.
- Ruzicka, J. J. 1996. Comparison of two alternative early life-history strategies of the Antarctic fishes *Gobionotothen gibberifrons* and *lepidonotothen larseni*. Mar. Ecol.-Prog. Ser. 133 (1-3): 29-41.
- Ruzzante, D. E.; Mariani, S.; Bekkevold, D.; André, C.; Mosegaard, H.; Clausen, L. A.
  W.; Dahlgren, T. G.; Hutchinson, W. F.; Hatfield, E. M. C.; Torstensen, E.;
  Brigham, J.; Simmonds, E. J.; Laikre, L.; Larsson, L. C.; Stet, R. J. M.; Ryman, Nils & Carvalho, G. R. 2006. Biocomplexity in a highly migratory pelagic marine fish, Atlantic herring. Proc. R. Soc. B. 273: 1459-1464.
- Santana, F. M. ; Morize, E. & Lessa, R. Age and growth of the spotted goatfish, *Pseudupeneus maculatus* (Block, 1793) in Brazil, validated through marginal increment and oxytetracycline dyes in the saggitae. J. Appl. Ichthyol. 22: 132-137.

- Santos, R. A. & Haimovici, M. 1997. Food and Feeding of the short-finned squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern Brazil. Fish. Res. 33: 139-147.
- Savanes, A. G. V. & Stockley, B. M. 1996. Spatial variation of growth and gonadal developments of *Murolicus muelleri* in the Norwegian Sea and in Norwegian fjord. Mar. Biol. 126 (2): 321-332.
- Schmidt-Nielsen, K. 1999. *Animal physiology- Adaptation and environment*. Cambridge University Press. UK. 600p.
- Schnute, J. 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38. 1128-1140.
- Secor, D. H. 1999. Specifying divergent migrations in the concept of stock: the contingent hypotesis. Fish. Res. 43: 13-34.
- Secor, D. H.; Dean, J. M. & Campana, E. S. (eds.). 1995. *Recent Development in Fish Otolith Research*. Columbia: University of South Carolina Press.
- Secor, D. H.; Dean, J. M. & Laban, E. H. 1992. Otolith removal and preparation for microstructural examination. *In*: Stevenson, D. K. & Campana, S. E. eds. Otolith microstructure examination and analyses. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 117: 19-57.
- Silva, A. ; Carrera, P.; Massé, J.; A. Uriarte; Santos, M. B.; Oliveira, P. B.; Soares, E.;Porteiro, C. & Stratoudakis, Y. 2008. Geographic variability of sardine growth across the northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea. Fish. Res. 90: 56-69.
- Sirois, P.; Lecomte, F. & Dodson, J. J. 1998. An otolith-based back-calculation method to accont for time-varying growth rate in rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae. Can J. Fish. aquat. Sci. 55 (12): 2662-2671.
- Smith, P. J. 1987. Maximum likelihood estimates of the distribution of length at age. Biometrics. 43 (3): 601-615.
- Söllner, C.; Burghammer, M.; Busch-Nentwich, E.; Berger, J.; Schwarz, H.; Riekel, C.
  & Nicolson, T. 2003. Control of crystal size and lattice formation by starmaker in otolith biomineralization. Science. 302: 282-286.
- Sponaugle, S.; Denit, K. L.; Luthy, S. A.; Serafy, J. E. & Cowen, R. K. 2005. Growth variation in larval *Makaira nigricans*. J. Fish. Biol. 66 (3): 822-835.

- Sterkers, O.; Ferrary, E. & Amiel. C. 1988. Production of inner ear fluids. Physiol. Rev. 114A: 71-79.
- Stransky, C. & MacLellan, S. E. 2005. Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 2265-2276.
- Struhsaker, P. & Uchiyam, J. H. 1976. Age and Growth of the nehu, *Stolephus pupureus* (Pisces: Engraulidae), from Hawaiian Islands as indicated by daily growth increments of *saggitae*. Fish Bull. U.S. 74: 9-17
- Suneetha, B. K. & Nævdal, G. 2001. Genetic e morphological stock structure of the pearlside, *Maurolicus muelleri* (Pisces, Sternoptychidae), among Norwegian fjords and offshore area. Sarsia 86: 191-201.
- Sweeting, R. M.; Beamish, R. J. & Neville, C. M. 2005. Crystalline otoliths in teleosts: Comparison between and wild coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in the Strait of Georgia. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 14: 361-369.
- Szedlmayer, S. T. 1998. Comparison of growth rate and formation of otolith increments in age-0 red snapper. J. Fish. Biol. 53 (1): 58-65.
- Takasuka, A. & Aoki, I. 2006. Environmental determinants of growth rates for larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in different waters. Fish. Oceanogr. 15 (2): 139-149.
- Thompson, D. W. 1917. *On growth and form.* Abridged Edition, 1966. Cambridge: Cambridge University Press. 346p.
- Thrasher, R. E. 1999. Elemental composition of otolith as a stock delineator in fishes. Fish. Res. 43: 165-204.
- Tomás, J. & Geffen, A. J. 2003. Morphometry and composition of aragonite and vaterite otoliths of deformed laboratory reared juvenile herring from two populations. J. Fish. Biol. 63: 1383-1401.
- Tracey, S. R.; Lyle, J. M. & Duhamel, G. 2006. Application of ellipitical Fourier analysis od otolith form as a tool for stock identification. Fish. Res. 77: 138-147.
- Tuset, V. M.; Lozano, I. J.; González, J. A.; Pertusa, J. F. & Garcia-Díaz, M. M. 2003a. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). J. Appl. Ichthyol. 19: 88-93.

- Tuset, V. M.; Lombarte, A.; González, J. A.; Pertusa, J. F. & Lorente, M. J. 2003b. Comparative morfology of the saggital otolith in *Serranus* spp. J. Fish. Biol. 63: 1491-1504.
- Tuset, V. M.; González, J. A.; Lozano, I. J. & Garcia-Dias, M. M. 2004. Age and growth of the blacktail comber, *Serranus atricauda* (Serranidae), off the canary islands (Central-Eastern Atlantic). Bull. Mar. Sci. 74 (1): 53-68.
- Tuset, V. M.; Rosin, P. L. & Lombarte, A. 2006. Sagittal otoltih shape used in the identification of fishes of genus *Serranus*. Fish. Res. 81: 316-325.
- Vassilopoulo, V. & Ondrias, I. 1999. Age and growth of the four-sppoted megrim (*Lipidorhombus boscii*) in eastern Mediterranean waters. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 79: 171-178.
- Vaughan, D. S. & Kanciruk, P. 1982. An empirical comparison of estimation procedures for the von Bertalanffy growth equation. J. Cons. int. Explor. Mer. 40: 211-219
- Vaz-dos-Santos, A. M. 2006. Identificação de estoques da merluza, *Merllucius hubbsi* Marini, 1933 (Gadiformes: Merlucciidae) na região Sudeste-Sul do Brasil. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 196 p.
- Villamor, B.; Abaunza, P. & Fariña, C. 2004. Growth variability of mackerel (*Scomber scombrus*) off north and northwest Spain and a comparative review of growth patters in the northeast Atlantic. Fish. Res. 69: 107-121.
- Volkoff, M. C. & Titus, R. G. 2007. Use of the otolith microstructure to discriminate stocks of Juvenile Central Valley, California, fall-run Chinook Salmon. Trans. Am. Fish. Soc. 136 (1): 195-210.
- Wang, Y. T. & Tzeng, W. N. 1999. Differences in growth rates among cohorts of *Encrasicholina punctifer* and *Engraulis japonicus* larvae in the coastal waters off Tanshui River Estuary, Tawain, as indicated by otolith microstructure analysis. J. Fish Biol. 54: 1002-1016.
- Weiss, G.; Hubold, G. & Bonecker, A. C. T. 1988. Eggs and larvae of *Maurolicus muelleri* (Gmelin 1789) (Teleostei: Sternoptychidae) in the Southwest Atlantic. Meeresforsch. 32: 53-60.

- Weitzman, S. H. 1974. Osteology and evolutionary relationships of the Sternoptychidae, with a new classification of the stomiatoid families. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 153 (3): 327-478.
- Werner, E. E. & Gilliam, J. F. 1984. The ontogenetic niche and species interations in size-structured populations. Ann. Rev. Ecol. Syst. 15: 393-425.
- Wilson, D. T. & McCormick, M. I. 1999. Microstructure of settlement-marks in the otoliths of tropical reef fishes. Mar. Biol. 134: 29-41.
- Wootton, R. J. 1990. *Ecology of teleostei fishes*. London: Chapman and Hall. 404p.
- Woydack, A. & Morales-Nin, B. 2001. Growth patterns and biological information in fossil fish otoliths. Paleobiology. 27 (2): 369- 378.
- Wright, P. J.; Woodroffe, D. A.; Gibb, F. M. & Gordon, J. D. M. 2002. Verification of first annulus formation in the illicia an otoliths of white anglerfish, *Lophius piscatorius*, using otolith microstructure. ICES J. of Mar. Sci. 59 (3): 587-593.
- Wright, P. J.; Fallon-Cousins, P. & Armstrong, J. D. 2001. The relationship between otolith accretion and resting metobolic rate in juvenille Atlantic salmon during a change in temperature. J. Fish. Biol. 59: 657-666.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-hall, Inc. London. 4 ed. 660p.
- Zavala-Carmin, L. A. 1981. Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins (Osteichthyes- Teleostei) e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas da região sudeste e sul do Brasil. Tese de doutorado Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. 237p.
- Zelditch, M. L.; Swiderski, D. Z.; Sheets, D. H. & Fink, W. Z. 2004. *Geometric Morphometrics for Biologists*. Elsevier, Academic Press, USA, 443 p.
- Zengin, M.; Gümüs, A. & Bostanci, D. 2006. Age and Growth of the Black sea turbot, *Psetta maxima* (Linneaus, 1758) (Pisces: Scophthalmidae), estimated by reading otoliths and back-calculation. J. Apply. Ichthyol. 22: 374-381.



Figura 1: Espécime de Maurolicus stehmanni, Cp: 43 mm. MZUSP 78214.



Figura 2: A região Sudeste-Sul do Brasil. Os pontos representam a ocorrência de *M. stehmanni,* segundo Figueredo *et al.* (2002).



Figura 3: Mapa das estações de coleta cujos exemplares foram utilizados neste estudo. Estações azuis: Julho 96, vermelhas: Abril e Maio 97, verdes: Dezembro 97.



Figura 4: Perfis Verticais de Temperatura e Salinidade para as regiões Sudeste e Sul, durante o cruzeiro de Outono. Adaptado de Almeida (2001).



Figura 5: Perfis Verticais de Temperatura e Salinidade para as regiões Sudeste e Sul, durante o cruzeiro de Primavera. Adaptado de Almeida (2001).

## Inverno



Figura 6: Perfis Verticais de Temperatura e Salinidade para as regiões Sudeste e Sul, durante o cruzeiro de Inverno. Adaptado de Almeida (2001).



Figura 7: Plot das Temperaturas Médias Anuais (°C), resolução 9 X 9 Km, abrangendo a região Sudeste-Sul do Brasil entre 1987 e 1998. Adaptado de Castro *et al.* 2006.



Figura 8: Plot da concentração média de nitrato para a região Sudeste-Sul do Brasil entre Abril e Dezembro de 1997 (Giovanni, Nasa).


Figura 9: Plot da concentração média de clorofila para a região Sudeste-Sul do Brasil entre Abril e Dezembro de 1997 (Giovanni, Nasa).



Figura 10: Plot da profundidade média da Camada de Mistura para a região Sudeste-Sul do Brasil entre Abril e Dezembro de 1997 (Giovanni, Nasa).



Figura 11: Otólito *saggitae* direito de *M stehmanni*, mostrando os eixos adotados para medições do Raio (Ro) e do tamanho do *Rostrum* (*Zo*).Escala= 1mm.



Figura 12: Exemplo de extração da linha de contorno a partir do otólito direito. Escala= 1mm.



Figura 13: A: Exemplo da tomada de espessura de 15 microincrementos consecutivos, a partir de 30µm do *primordium*. B: exemplo da medida da distância entre o último incremento medido e o *primordium* (Yo).





Figura 14 : Distribuição de Comprimento padrão (CP) para a amostra total dos peixes coletados no Sudeste e no Sul, com ajuste da normal padrão, em azul.



Figura 15 : Distribuição de Comprimento padrão (Cp) para a amostra total dos peixes coletados em Cabo Frio (N= 940) e em Rio Grande (N=1507).



Figura 16: Box Plot da distribuição de Comprimento padrão (Cp), por região, da amostra total. A espessura dos retângulos são proporcionais ao tamanho da amostra.



Histograma Amostra Total: Cp x Região x Sexo

Figura 17: Distribuição do Comprimento padrão (Cp) por sexo para a amostra de indivíduos coletados nas Regiões Sudeste e Sul.

## Histograma: Cp x Região



Figura 18: Distribuição do Comprimento padrão (Cp) da subamostra de peixes que tiveram seus otólitos utilizados para a análise do crescimento.



Figura 19: Distribuição do Comprimento padrão separados por Região e Sexo, para subamostra de peixes que tiveram seus utilizados os otólitos na análise do crescimento.



Figura 20: Proporção de machos e fêmeas agrupando as amostras das regiões Sudeste e Sul

Proporção de Machos e Fêmeas por Região



Figura 21: Proporção de Machos e Fêmeas para as amostras do Sudeste e Sul, em separado.



Figura 22: Análise de Resíduos da variável Comprimento padrão- Cp (mm) para a amostra total considerando o fator Região

Análise de Resíduos - Cp (mm)



Figura 23: Análise de Resíduos da variável Comprimento padrão -Cp (mm) para a amostra total considerando o fator Sexo

117<sub>1</sub>



Figura 24: Plot do Intervalo de Confiança de Bonferroni para o Desvio Padrão, considerando os fatores: Região e Sexo. Ao lado, o teste de homocedasticidade para o Comprimento padrão (Cp) entre as Regiões e Sexos. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas.



Figura 25: Plot de interação para as médias de Comprimento padrão (Cp) por Região e por Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas.



Figura 26: Microestrutura dos otólitos *saggitae* de *M. stehmanni*. Área Central dos otólitos. Em A,C,E otólitos da Região Sudeste. Em B, D, F otólitos da Região Sul. Em B, D e E, exemplos de descontinuidade na região ao redor do *primordium*; as setas mostram os incrementos finos menores que 2µm. Escala= 50 µm.



Figura 27: Área marginal da microetrutura dos otólitos *saggitae*. Em A, C, E, otólitos da região Sul; Em B, D, F otólitos da região Sudeste.Em A e B, o ápice onde foi medido o Ro. Em C, D os incrementos vão ficando mais próximos e hialinos ao se aproximar da borda. Em B, C, F, D, a superfície curvada da margem do *saggitae* apresentando incrementos finos. Em E, presença de incrementos na região do *rostrum*. Escala= 50 μm



Figura 28: A estrutura bipartida dos microincrementos. Em A, C, e E otólitos da Região Sudeste. Em B, D e F otólitos da Região Sul. Em C, um exemplo da contagem de uma seqüência de incrementos. Em F, a *Zona D*, de aspecto mais escura e a *Zona L*, mais clara. Escala= 50 µm



Figura 29: A- presença de anéis subdiários indicados pelas setas. Bsobreposição dos incrementos em áreas côncavas.



Figura 30: Distribuição do Comprimento padrão (Cp) para a região Sul e Sudeste para a sub-amostra dos otólitos.



Figura 31: Distribuição do Comprimento Padrão (Cp) por região e por sexo para a sub-amostra dos otólitos. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas



Figura 32: Distribuição do Peso dos Peixes (Wt) por Região para a sub-amostra dos otólitos



Figura 33: Distribuição do Peso dos Peixes (Wt) por Região e por Sexo para a sub-amostra dos otólitos NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas



Figura 34: Distribuição da variável Raio dos otólitos (Ro) por Região.



Figura 35: Distribuição da variável Raio dos otólitos (Ro) por Região e por Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas



Figura 36: Distribuição da Variável Tamanho do *Rostrum* (Zo) dos otólitos por Região



Figura 37: Distribuição da Variável Tamanho do *Rostrum* (Zo) dos otólitos por Região e por Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas



Figura 38: Distribuição dos valores de espessura dos 15 microincrementos ( $\mu_1$ ..  $\mu_{15}$ ) por Região. 1- Sul; 2- Sudeste.



Figura 39: Intervalos de Confiança 95% para a médias de espessura dos 15 microincrementos ( $\mu_1$ ...  $\mu_{15}$ ) por Região. 1- Sul; 2- Sudeste.



Figura 40: Distribuição da média de espessura dos 15 incrementos (Média-µ) medidos nos otólitos por Região.



Figura 41: Distribuição da média geral de espessura dos 15 incrementos medidos (Média- $\mu$ ) nos otólitos por Região e por Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas.

# Boxplot: Média Espessuras x Região



Figura 42: Distribuição da Soma das espessuras dos 15 microincrementos mais 30 *micra* (Yo) dos otólitos por Região.



Figura 43: Distribuição da Soma das espessuras dos 15 microincrementos mais 30 *micra* (Yo) dos otólitos por Região e por Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas.



Figura 44: Distribuição da Área da projeção sagital (A) dos otólitos por Região



Figura 45: Distribuição da Área da projeção sagital (A) dos otólitos por Região e Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas.



Figura 46: Distribuição do Perímetro (P) dos otólitos por Região.



Figura 47: Distribuição do Perímetro (P) dos otólitos por Região e Sexo. NI: sexo não identificado, M: machos, F: fêmeas.

Boxplot: Idade x Região



Figura 48: Distribuição da Idade (dias) dos peixes por Região.



Figura 49: Distribuição da Idade (Dias) dos peixes por Região e por Sexo.



Figura 50: Análise de resíduos da ANOVA para o Raio dos otólitos (Ro).



Figura 51: Análise de resíduos da ANOVA para o Tamanho do Rostrum (Zo).

## Análise de Resíduos - Ro (mm)



Figura 52: Análise de resíduos da ANOVA para a média da espessura dos microincrementos (Média  $\mu$ ).



Figura 53: Análise de resíduos da ANOVA para a soma das espessuras dos 15 microincrementos mais 30 *micra* (Yo).

#### Análise de Resíduos- Media (µ)



#### Análise de Resíduos- A (mm2)

Figura 54: Análise de resíduos da ANOVA para a Área da projeção 2D (A) dos otólitos.



Figura 55: Análise de resíduos da ANOVA para o Perímetro (P) dos otólitos.



Figura 56: Análise de resíduos da ANOVA para a variável Idade (dias).



Figura 57: Relação entre o Raio dos otólitos (Ro) e o Comprimento padrão (Cp) por Região: Círculo –Sul ; Triângulo- Sudeste



Figura 58: Relação entre o Tamanaho do *rostrum* (Zo) e o Comprimento padrão (Cp) por Região: Círculo –Sul ; Triângulo- Sudeste



Figura 59: Relação entre Área da projeção 2D dos otólitos (A) e o Comprimento padrão (Cp) por Região: Círculo –Sul ; Triângulo- Sudeste



Figura 60: Relação entre Perímetro do otólito (P) e o Comprimento padrão (Cp) por Região: Círculo- Sul, Triângulo- Sudeste



Figura 61: Relação entre a Média de espessura dos 15 microincrementos (Média  $\mu$ ) e o Comprimento padrão por Região: Círculo –Sul ; Triângulo- Sudeste



Figura 62: Relação entre Soma dos 15 microincrementos mais 30 *micra* (Yo) e o Comprimento padrão (Cp) por Região: Círculo- Sul; Triangulo- Sudeste.



Figura 63: Relação entre o Raio do Otólito (Ro) e o Peso (Wt) por Região: Círculo - Sul ; Triângulo- Sudeste



Figura 64: Relação entre o Tamanho do *rostrum* (Zo) e o Peso (Wt) por Região: Círculo –Sul ; Triângulo- Sudeste



Figura 65: Relação entre Área da Projeção 2D dos otólitos (A) e o Peso (Wt) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 66: Relação entre o Perímetro dos Otólitos e o Peso (Wt) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 67: Relação entre a Média de espessura dos 15 microincrmentos (Média- $\mu$ ) e o Peso (Wt) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 68: Relação entre a Soma das espessuras dos 15 microincrementos mais 30 *micra* (Yo) e o Peso (Wt) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 69: Relação entre o Comprimento padrão (Cp) e Idade (dias) para as Regiões Sudeste (Triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 70: Relação entre o Peso (Wt) e a Idade (dias) para as Regiões Sudeste (Triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 71: Relação entre o Raio dos Otólitos e a Idade (dias) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 72: Relação entre o Tamanho do *Rostrum* (Zo) e a Idade (dias) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 73: Relação entre Área da Projeção 2D dos otólitos (A) e a Idade (dias) para as Regiões Sudeste (Triângulo) e Sul (Círculo) .


Figura 74: Relação entre Perímetro da linha de contorno dos otólitos (P) e a Idade (dias) paras as Regiões Sudeste (Triângulo) e Sul (Círculo)



Figura 75: Relação entre Perímetro e Área dos otólitos para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 76: Relação entre o Comprimento padrão (Cp) e o Peso (Wt) para as Regiões: Sudeste (triângulos) e Sul (Círculos).



Figura 77: Regressão linear entre o Raio dos Otólito (Ro) e o Comprimento padrão (Cp), com ajuste do modelo linear e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 78: Regressão linear entre o Tamanho do *Rostrum* (Zo) e o Comprimento padrão (Cp), com ajuste do modelo linear e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 79: Regressão linear entre a Área dos Otólitos (A) e o Comprimento padrão (Cp), com ajuste do modelo linear e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.

150



Figura 80: Regressão linear entre o Perímetro dos Otólitos (P) e o Comprimento padrão (Cp), com ajuste do modelo linear e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.





Figura 81: Regressão linear entre a Area (A) e o Perímetro (P) dos otólitos, com ajuste do modelo linear e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 82: Regressão não linear entre o Raio dos Otólitos (Ro) e o Peso (Wt), com ajuste do modelo logístico e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 83: Regressão não linear entre a Área dos otólitos (A) e o Peso (Wt), com ajuste do modelo logístico e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 84: Regressão não linear entre o Perímetro dos Otólitos (P) e o Peso (Wt), com ajuste do modelo logístico e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 85: Regressão não linear entre o Raio dos Otólitos (Ro) e a Idade dos peixes, com ajuste do modelo logístico e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 86: Regressão não linear entre a Área dos Otólitos (A) e a Idade dos peixes, com ajuste do modelo logístico e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 87: Regressão não linear entre o Perímetro dos Otólitos e a Idade dos peixes, com ajuste do modelo logístico e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 88: Regressão não linear entre o Comprimento padrão (Cp) e a Idade dos peixes, com ajuste do modelo de von Bertalanffy e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 89: Regressão não linear entre o Peso (Wt) e o Comprimento padrão (Cp), com ajuste do modelo de Huxley e o índice de explicação para o Sudeste (azul) e Sul (vermelho). Abaixo os gráficos dos resíduos para o ajuste das duas Regiões.



Figura 90: Análise de Resíduos para a ANCOVA, considerando Comprimento padrão x Idade x Região



Figura 91: Análise de Resíduos para a ANCOVA , considerando Peso x Idade x Região

#### Análide de Resíduos: Cp x Idade



Figura 92: Análise de Resíduos para a ANCOVA , considerando Raio dos Ótólitos x Idade x Região



#### Análise de Resíduos: Zo x Idade

Figura 93: Análise de Resíduos para a ANCOVA , considerando Tamanho do  $\mathit{Rostrum} \ x \ Idade \ x \ Região$ 

#### Análise de Resíduos Rox Idade



Figura 94: Análise de Resíduos para a ANCOVA , considerando Área dos Otólitos x Idade x Região



Análise de Resíduos: P x Idade

Figura 95: Análise de Resíduos para a ANCOVA , considerando Perímetro dos Otólitos x Idade x Região



Figura 96: Trajetória ontogenética do formato para os otólitos do Sudeste (externa) e Sul (interna) considerando os maiores valores de Cc (escala em cor) para cada classes de Cp (números maiores). No centro os gráficos de dispersão de superfície para a relação Ro x Zo x Cc para as duas regiões Escala 1mm.

163



Figura 97: Trajetória ontogenética do formato para os otólitos do Sudeste (externa) e Sul (interna) considerando os maiores valores de Ff (escala em cor), para cada classes de Cp (números maiores). No centro , os gráficos de dispersão de superfície Ro x Zo x Ff para as duas regiões. Escala 1mm.

Irão (Cp), e Peso do Corpo (Wg) para as duas Regiões do estudo. Q: quartil, CV: Coeficiente de Variação. Sudeste	iância Mínimo Q1 Mediana Q3 Máximo CV	5,849 22 41 44 48 59 9.18	1,423 18 34 36 40 50 27.63	07658 0,1 0,63 0,74 0,98 1,81 8.64	Sul	iância Mínimo Q1 Mediana Q3 Máximo CV	5,092 18 38 42 45 56 19.27	2,242 14 31 34 37 46 46.19	0729 $0,05$ $0,48$ $0,66$ $0,85$ $1,46$ $18.74$	
	Desvio Padrão Va	5,084 21	4,628 2	0,27673 0,		Desvio Padrão Va	6,789 4	5,678 3.	0,27 0,	
nento pa		Média	44,763	37,166	0,81626		Média	41,24	33,738	0,65444
mprir		Z	940	945	878		Z	1507	1643	1635
(LT), CO		variável	Ct (mm)	Cp (mm)	Wg (g)		variável	Ct (mm)	Cp (mm)	Wg (g)

Tabela I : Análise descritiva dos dados obtidos para a amostra total. Comprimento total

Tabela II : Análise descritiva dos dados obtidos sobre a microestrutura e a morfologia variância, o: desvio padrão, Q: quartil, CV: Coeficiente de variação, Amp: amplitde. dos otólitos para a região Sul (1) e Sudeste (2).N: Número amostral, X: média, o<sup>2</sup>:

			I.				$\sim$		2	$\sim$	6	~
	du	2	37	32	1,7	0,6,	0,8′	3,36	0,0(	1,4,	4,0'	163
	Α	1	27	23	1,19	0,42	0,54	7,61	0,11	1,06	2,38	100
	Δ	2	13,43	14,134	36,706	11,482	14,796	11,116	9,808	21,349	13,786	19.707
	C	1	15,11	15,661	45,683	12,594	15,036	19,841	15,11	19,317	11,625	21,335
-	3	2	48	40	0,95	0,83	1,022	7,166	0,14	1,19	5,035	126
-	ð	1	46	38	0,91	0,81	0,97	6,233	0,12	1,27	5,2	112
,	pa	2	45	37	0,75	0,79	0,95	6,5	0,13	1,1	4,78	111
	Me	1	43	36	0,67	0,75	6'0	5,58	0,11	1,14	4,83	94
	1	2	42	35	0,64	0,75	0,88	6,093	0,12	0,985	4,44	102
	Q	1	36	30	0,37	0,67	0,78	4,96	0,1	0,99	4,4	83.25
	2	2	36,25	27,72	0,089	0,008	0,02	0,544	0,0001	0,054	0,423	507,84
-	Ь	1	39,32	28,79	0,091	0,008	0,017	1,308	0,0002	0,047	0,307	432.47
_	•-	2	6,021	5,266	0,298	0,09	0,141	0,737	0,012	0,231	0,65	22,53
	0	1	6,271	5,366	0,302	0,093	0,131	1,144	0,017	0,216	0,554	2,079
		2	44,832	37,256	0,813	0,785	0,952	6,633	0,127	1,086	4,716	114,35
	$\overline{X}$	1	41,5	34,261	0,661	0,739	0,873	5,764	0,113	1,117	4,763	97.47
		2	191	191	191	191	150	129	129	125	125	187
	Z	1	186	191	191	191	135	161	160	111	111	188
	.		Ct (mm)	Cp (mm)	Wt (g)	Ro (mm)	Zo (mm)	$\mu$ (mm)	Yo (mm)	A (mm2)	P(mm)	Idade (Dias)

ANOVA: Cp x Região									
	GL	SQ	QM	F	P - valor				
Região	1	4783,4	4783,4	162,61	0,000				
Desvio	1175	34565,2	29,416						
Total	1176	39348,6							
	$R^2$ =12,16% $R^2(aj)$ =12,08%								

Tabela III : Análise de Variância (ANOVA): Um Fator. Teste para a igualdade entre as médias de Comprimento Padrão (Cp), entre o Sudeste e Sul.

Tabela IV : Análise de Variância (ANOVA): um Fator. Teste para igualdade das médias de Comprimento padrão (Cp), em mm, entre os Sexos

ANOVA: Cp x Sexo									
	GL	SQ	QM	F	P - valor				
Sexo	2	15065,87	7532,9	364,19	0,000				
Desvio	1174	24282,8	20,7						
Total	1176	39348,6							
R <sup>2</sup> =38, 29% R <sup>2</sup> (aj)=38, 18%									

Tabela V : Análise de Variância não Paramétrica: Teste Kruskal- Wallis: um Fator. Teste para igualdade das médias de Comprimento padrão (Cp) entre o Sudeste e o Sul.

Teste de Kruskal - Wallis : Cp x Região							
Ν	Mediana	Posto Médio	Ζ				
482	37,00	723,7	11,32				
695	35,00	495,6	-11,32				
1177		589					
H=21,04 GL=1 P-valor=0,000							
H=21,15 GL=1 P-valor=0,000 (aj)							
	Teste N 482 695 1177 H H=2	Teste de Kruskal     N   Mediana     482   37,00     695   35,00     1177   H=21,04 GL=     H=21,15 GL=1   H=21,15 GL=1	Teste de Kruskal - Wallis : Cp x F     N   Mediana   Posto Médio     482   37,00   723,7     695   35,00   495,6     1177   589     H=21,04 GL=1 P- valor=0,00     H=21,15 GL=1 P- valor=0,000	Teste de Kruskal - Wallis : Cp x Região   N Mediana Posto Médio Z   482 37,00 723,7 11,32   695 35,00 495,6 -11,32   1177 589 -   H=21,04 GL=1 P- valor=0,000   H=21,15 GL=1 P- valor=0,000 (aj)			

	Sexo Teste de Kruskal - Wallis : Ro X Região											
Sexo	Ν	Mediana	Posto Médio	Z								
F	429	37,00	725,8	10,46								
Μ	191	37,00	277,9	-19,8								
NI	382	31	699,2	8,18								
total	1177											
	H=393, 43 GL=2 P- valor=0,000											
	H=3	393,43 GL=1	P- valor=0,000	(aj)	H=393,43 GL=1 P- valor=0,000 (aj)							

Tabela VI : Análise de Variância não Paramétrica: Teste Kruskal- Wallis: um Fator. Teste para igualdade das médias de Comprimento padrão entre Sexos.

Tabela VII : Teste de Levene para a Homocedasticidade da variável Comprimento padrão (mm), considerando dois fatores: Região e o Sexo

Tes	Teste de Homocedasticidade: Cp (mm) versus Região; Sexo								
Intervalo de Confiança - IC de Bonferroni com 95% para o Desvio Padrão (DP)									
Região	Sexo	N	Inferior	DP	Superior				
0	F	234	2.88359	3.23870	3.68461				
Sul	M NI	224 24	3.09163 1.81589	3.48086 2.53526	3.97210 4.04473				
Sudeste	F M NI	195 189 311	3.34990 3.18365 5.88055	3.80230 3.62048 6.50783	4.38296 4.18337 7.27188				
Teste de Levene (qualquer distribuição)									
		T= 37,	12 P-valor=0,0	000					

Tabela VIII : Análise de Variância (ANOVA) para a variável Raio dos Otólitos (Ro), considerando o fator Região

ANOVA: Ro x Região								
	GL	SQ	QM	F	P - valor			
Região	1	0,20134	0,20134	23,96	0,000			
Desvio	380	3,19359	0,0084					
Total	381	3,39494						
	$R^2 = 5,93\%$ $R^2(aj) = 5,68\%$							

ANOVA: Zo X Região								
	GL	SQ	QM	F	P - valor			
Região	1	0,4520	0,4520	24,27	0,000			
Desvio	283	5,2712	0,0186					
Total	284	5,7231						
		R <sup>2</sup> =7,90%	R <sup>2</sup> (aj)=7,57%					

Tabela IX : Análise de Variância (ANOVA) para o Tamanho do Rostrum (Zo), considerando o fator Região

Tabela X : Análise de Variância (ANOVA) para a média da espessura de 15 microincrementos (Média (µ)), considerando o fator Região

ANOVA: Média (µ) X Região								
	GL	SQ	QM	F	P - valor			
Região	1	54,079	54,079	55,84	0,000			
Desvio	288	278,928	0,969					
Total	289	333,007						
$R^2 = 16,24 R^2(aj) = 15,95\%$								

Tabela XI : Análise de Variância (ANOVA) para a soma dos 15 microincrmentos mais 30 µm (Yo), considerando o fator Região

ANOVA:Y <sub>0</sub> X Região									
	GL	SQ	QM	F	P - Valor				
Região	1	0,013208	0,013208	56,68	0,000				
Desvio	287	0,066875	0,000233						
Total	288	0,080083							
	$R^2$ =16,49 $R^2$ (aj)=16,20%								

Tabela XII : Análise de Variância (ANOVA) para a Área da projeção 2D dos otólitos (A), considerando o fator Região

ANOVA: A X Região								
	GL	SQ	QM	F	P - Valor			
Região	1	0,0602	0,0602	1,19	0,275			
Desvio	234	11,7948	0,0504					
Total	235	11,8551						
$R^2=0.51\%$ $R^2(aj)=0.08\%$								

ANOVA: PX Região							
	GL	SQ	QM	F	P - Valor		
Região	1	0,132	0,132	0,36	0,550		
Desvio	234	86,145	0,368				
Total	235	86,277					
$R^2=0,15\%$ $R^2(aj)=0,00\%$							

## Tabela XIII : Análise de Variância (ANOVA) para o Perímetro da linha de contorno dos otólitos (P) em mm, considerando o fator Região

# Tabela XIV : Análise de Variância (ANOVA) para a Idade do peixe, considerando o fator Região

ANOVA: IDADE X Região						
	GL	SQ	QM	F	P - Valor	
Região	1	11903	11903	23,99	0,000	
Desvio	231	114630	496			
Total	232	126533				
$R^2 = 9,41\%$ $R^2(aj) = 9,01\%$						

## Tabela XV : Análise de Variância (ANOVA) para o Peso do peixe (Wt) da subamostra, considerando o fator Região

ANOVA: Wt X Região							
	GL	SQ	QM	F	P - Valor		
Região	1	2,2001	2,2001	24,38	0,000		
Desvio	380	34,2904	0,902				
Total	381	36,4904					
$R^2 = 6,03\%$ $R^2(aj) = 5,78\%$							

## Tabela XVI : Análise de Variância (ANOVA) para o Comprimento padrão (Cp) da subamostra, considerando o fator Região

		ANOVA: C	p X Região	1		
	GL	SQ	QM	F	P - Valor	
Região	1	856,5	856,5	30,31	0,000	
Desvio	380	10739,3	28,3			
Total	381	11595,8				
R <sup>2</sup> =7,39% R <sup>2</sup> (aj)=7,14%						

Tabela XVII : Teste de Levene para a igualdade das variâncias, entre as Regiões,das variáveis obtidas. Cp: Comprimento padrão, Wt: Peso, Ro: Raio do Otólito, Zo: tamanho do *rostrum*, Média (μ): média de espessura dos 15 microincrementos, Yo: soma das espessuras dos 15 microincrementos mais 30 μm, A: área da projeção 2D, P: perímetro da linha de contorno, Idade: idade dos peixes

TESTE DE HOMOCEDASTICIDADE						
TESTE L P - VALOR						
Cp (mm)	5,05	0,025				
Wt (g)	7,75	0,006				
Ro (mm)	4,92	0,027				
Zo (mm)	0,37	0,544				
Média(µ)	8,15	0,005				
Yo (mm)	0,76	0,385				
A (mm2)	0,42	0,517				
P (mm)	0,00	0,946				
Idade (Dias)	0,07	0,793				

Tabela XVIII : Teste de Anderson-Darling para a Normalidade das variáveis obtidas.

TESTE DE NORMALIDADE						
TESTE AD P - VALOR						
Cp (mm)	4,225	0,005				
Wt (g)	0,900	0,021				
Ro (mm)	3,984	0,005				
Zo (mm)	2,108	0,005				
Média(µ)	0,906	0,021				
Yo (mm)	5,704	0,005				
A (mm2)	1,170	0,005				
P (mm)	1,747	0,005				
Idade (Dias)	0,436	0,297				

Tabela XIX : Teste de Kruskal-Wallis para o Raio do otólito, considerando o fator Região

Teste de Kruskal - Wallis : Ro X Região							
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z			
Sul	191	0,7500	164,7	-4,74			
Sudeste	191	0,7900	218,3	4,74			
total	382		191,5				
H=22,51 GL=1 P-valor=0,000							
H=22,54 GL=1 P- valor=0,000 (aj)							

Teste de Kruskal - Wallis : Zo X Região								
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z				
Sul	135	0,9000	118,5	-4,76				
Sudeste	150	0,9500	165	4,76				
total	285		143					
H=22,61 GL=1 P-valor=0,000								
H=22,63 GL=1 P-valor=0,000 (aj)								

Tabela XX : Teste de Kruskal-Wallis para o tamanho do rostrum (Zo), considerando o fator Região

Tabela XXI : Teste de Kruskal-Wallis para a média de espessura dos 15 microincrementos (Média ( $\mu$ )), considerando o fator Região

Teste de Kruskal - Wallis : Média(µ) X Região								
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z				
Sul	161	5,5800	109,2	-8,24				
Sudeste	129	6,5000	190,8	8,24				
total	290		145,5					
H=67,90 GL=1 P-valor=0,000								
H=67,90 GL=1 P- valor=0,000 (aj)								

#### Tabela XXII :Teste de Kruskal-Wallis para a soma dos 15 microincremntos mais 30 *micra* (Yo), considerando o fator Região.

Teste de Kruskal - Wallis :Y <sub>o</sub> X Região							
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z			
Sul	160	0,1100	109,2	-8,10			
Sudeste	129	0,1300	189,4	8,10			
total	289		145				
H=65,64 GL=1 P-valor=0,000							
H=68,25 GL=1 P- valor=0,000 (aj)							

# Tabela XXIII : Teste de Kruskal-Wallis para área da projeção 2D dos otólitos (A), considerando o fator Região

Teste de Kruskal - Wallis: A X Região							
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z			
Sul	111	1,1400	123,7	1,11			
Sudeste	125	1,1000	113,9	-1,11			
total	236		118,5				
H=1,23 GL=1 P-valor=0,268							
H=1,23 GL=1 P- valor=0,268 (aj)							

Teste de Kruskal - Wallis: P X Região						
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z		
Sul	111	4,8300	121,7	0,68		
Sudeste	125	4,7800	115,7	-0,68		
total	236		118,5			
H=0,46 GL=1 P-valor=0,497						
H=0,46 GL=1 P- valor=0,497(aj)						

#### Tabela XXIV : Teste de Kruskal-Wallis para o perímetro, considerando o fator Região

Tabela XXV :Teste de Kruskal-Wallis para a variável Idade, considerando o fator Região.

	Tes	ste de Kruskal - V	Vallis:Idade X Reg	ião	
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z	
Sul	110	96,0000	94,3	-4,86	
Sudeste	123	111,0000	137,3	4,86	
total	233		117		
		H=23,61 GL=3	1 P- valor=0,000		
	]	Haj=23,62 GL=1	P-valor=0,000 (aj)		

Tabela XXVI :Teste de Kruskal-Wallis para o Comprimento padrão, considerando o fator Região.

	Те	ste de Kruskal -	Wallis : Cp X Regia	ão						
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z						
Sul	191	36,00	165,6	-4,59						
Sudeste	191	37,00	217,4	4,59						
total 382 191,5										
		H=21,04 GL=3	1 P-valor=0,000							
		H=21,15 GL=1	P- valor=0,000 (aj)							

Tabela XXVII : Teste de Kruskal-Wallis para o peso, considerando o fator Região.

	Te	ste de Kruskal -	Wallis : Wt X Regi	ão						
Região	Ν	Mediana	Posto Médio	Z						
Sul	191	0,6700	169	-3,98						
Sudeste	191	0,7500	214	3,98						
total 382 191,5										
		H=15,84 GL=3	1 P-valor=0,000							
		H=15,84 GL=1	P- valor=0,000 (aj)							

Tabela XXVIII :Matriz de Correlação entre as variáveis obtidas, utilizando-se a Correlação de Pearson. Cp: Comprimento padrão, Wt: Peso, Ro: Raio do Otólito, Zo: tamanho do *rostrum* (μ): média de espessura dos ea da projeção 15 micro

	nentos, Yo: soma das espessuras dos 15 microincrementos mais 30 μm, A: ár	2D, P: perímetro da linha de contorno, Idade: dos peixes
ans paara	ncrementos	
	<u>.</u>	

Cp_mm_Wt_g_Ro_mmZo_mm_ $\mu$ Y_0_mm_A_mm211,000000,9433840,8928990,8933060,0200850,0126850,8081420,9433841,0000000,8581260,8626680,0320630,01326520,7338100,8933060,8581261,0000000,8823440,0210650,0109670,8433970,8933060,8626680,8823441,0000000,0256250,0109670,8433970,8933060,8626680,8823441,0000000,0256250,0297930,8110830,0200850,0320630,0210650,0256251,0000000,935860-0,7048600,0126850,0182520,0109670,0256251,0000000,1096351,0000000,0126850,01282520,0109670,8311083-0,704860-0,1096351,0000000,0126850,0126850,0297930,9358601,0000000,9106351,0000000,814080,8201040,8433970,811083-0,704860-0,1096351,0000000,844080,8201040,8433970,866279-0,070889-0,1096351,0000000,844080,8201040,8760320,866279-0,070889-0,1096351,0000000,844080,830710,8662790,070889-0,109635-0,5946760,643241-0,6733770,7070090,0155180,039821-0,5946760,6703790,6864930,6727410,733559-0,036695-0,0642290,5910700,879448 <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>)</th> <th>Correlação de</th> <th>e l'erson</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>					)	Correlação de	e l'erson					
000000   0,943384   0,892899   0,893306   0,020085   0,012685   0,808142     943384   1,00000   0,858126   0,862668   0,032063   0,012652   0,783810     943384   1,00000   0,858126   0,862668   0,032063   0,011967   0,843397     943386   0,858126   1,000000   0,882344   0,021065   0,0110967   0,843397     93306   0,862668   0,882344   1,000000   0,025625   0,010967   0,843397     920085   0,032063   0,021065   0,022793   0,935860   1,000000   0,109635     12685   0,018252   0,010967   0,029793   0,935860   1,000000   0,109635     302142   0,783310   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     344086   0,820104   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     344086   0,820104   0,876032   0,866279   -0,070889   -0,109635   1,000000     344086   0,8201	Cp_mm_		Wt_g_	Ro_mm	Zo_mm_	$m = \frac{m}{2}$	$Y_{0\_}mm_{\_}$	A_mm2	P_mm_	Ef (	Cc	dade_dias
(943384   1,00000   0,858126   0,862668   0,032063   0,018252   0,783810     (892899   0,858126   1,00000   0,882344   0,021065   0,010967   0,843397     (892899   0,858126   1,00000   0,882344   0,021065   0,010967   0,843397     (893306   0,858126   1,000000   0,882344   1,000000   0,935660   0,704860     (1020085   0,032063   0,021065   0,025625   1,000000   0,935860   0,704860     (1012685   0,018252   0,010967   0,025625   1,000000   0,935860   0,109635     (1012685   0,018252   0,010967   0,029793   0,935860   1,000000   0,70635     (1012685   0,018252   0,010967   0,025625   0,035860   0,109635   1,000000     (808142   0,783310   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     (843241   0,632810   0,866279   -0,070889   -0,108311   0,972547     (643241   0,6386493	I	,00000	) 0,94338	4 0,89289	9 0,893306	0,020085	0,012685	0,808142	0,844086	-0,643241	0,670379	0,829448
),892899   0,858126   1,000000   0,882344   0,021065   0,010967   0,843397     ),893306   0,862668   0,882344   1,000000   0,025625   0,029793   0,811083     ),893306   0,862568   0,882344   1,000000   0,025625   0,029793   0,811083     ),020085   0,032063   0,021065   0,025625   1,000000   0,935860   -0,704860     ),012685   0,018252   0,010967   0,025625   1,000000   0,935860   -0,109635     ),012685   0,018252   0,010967   0,025625   0,0335860   -0,109635   1,000000     ),808142   0,783810   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     ),844086   0,820104   0,846279   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     ),844086   0,820104   0,8466279   0,070889   -0,109635   1,000000     ),844086   0,820104   0,8466279   0,0707889   -0,109635   1,000000     ),84433   0,672741   0	U	),943384	1,00000	0 0,85812	6 0,862668	0,032063	0,018252	0,783810	0,820104	-0,674764	0,686493	0,830221
0,893306   0,862668   0,882344   1,000000   0,025625   0,029793   0,811083     0,020085   0,032063   0,021065   0,025625   1,000000   0,935860   -0,704860     0,012685   0,0132053   0,021065   0,025793   0,935860   -0,704860     0,012685   0,018252   0,010967   0,227733   0,935860   -0,109635   1,000000     0,012685   0,018252   0,010967   0,227793   0,935860   -0,109635   1,000000     0,808142   0,783310   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     0,844086   0,820104   0,843397   0,811083   -0,704869   -0,109635   1,000000     0,844086   0,820104   0,876032   0,866279   -0,070889   -0,109635   1,000000     0,643241   -0,6773741   0,733559   -0,070889   -0,1054229   0,591070     0,670379   0,686493   0,672741   0,733559   -0,036695   -0,054676     0,670374   0,894471   0,817559	-	0,89289	) 0,85812	6 1,00000	0 0,882344	0,021065	0,010967	0,843397	0,876032	-0,613937	0,672741	0,894421
0,020085   0,032063   0,021065   0,025625   1,000000   0,935860   -0,704860     0,012685   0,018252   0,010967   0,029793   0,935860   1,00000   -0,109635     0,012685   0,018252   0,010967   0,029793   0,935860   1,00000   -0,109635     0,808142   0,783810   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     0,844086   0,820104   0,876032   0,866279   -0,070889   -0,108111   0,972547     0,643241   -0,674764   -0,613937   -0,7707009   0,015518   0,039821   -0,594676     0,670379   0,686493   0,672741   0,733559   -0,036695   -0,054229   0,591070     0,829448   0,830771   0,894471   0,733559   -0,0136695   -0,054229   0,591070		0,89330	5 0,86266	8 0,88234	4 1,000000	0,025625	0,029793	0,811083	0,866279	-0,707009	0,733559	0,812659
0,012685   0,018252   0,010967   0,029793   0,935860   1,00000   -0,109635   1,00000   -0,109635   1,00000   -0,109635   1,000000   -0,109635   1,000000   -0,109635   1,000000   -0,109635   1,000000   -0,109635   1,000000   -0,109635   1,000000   -0,22547   -0,844086   0,820104   0,875632   0,866279   -0,070889   -0,108111   0,972547   -0,77547   0,972547   -0,7757009   0,015518   0,039821   -0,594676		0,02008	5 0,03206	3 0,02106	5 0,025625	1,000000	0,935860	-0,704860	-0,070889	0,015518	-0,036695	0,012156
0,808142   0,783810   0,843397   0,811083   -0,704860   -0,109635   1,000000     0,844086   0,820104   0,876032   0,866279   -0,070889   -0,108111   0,972547     0,643241   -0,674764   -0,613937   -0,707009   0,015518   0,039821   -0,594676     0,670379   0,686493   0,672741   0,733559   -0,036695   -0,064229   0,591070     0,839448   0,830271   0,894421   0,733559   -0,0121645   0,591070		0,01268	5 0,01825.	2 0,01096	7 0,029793	0,935860	1,000000	-0,109635	-0,108111	0,039821	-0,642290	0,002834
0,844086 0,820104 0,876032 0,866279 -0,070889 -0,108111 0,972547 -0,643241 -0,674764 -0,613937 -0,707009 0,015518 0,039821 -0,594676 0,670379 0,686493 0,672741 0,733559 -0,036695 -0,064229 0,591070 0,829448 0,830721 0,894421 0,812659 0,012156 0,002834 0,765638		0,808142	2 0,78381	0 0,84339	7 0,811083	-0,704860	-0,109635	1,00000	0,972547	-0,594676	0,591070	0,765638
0,643241 -0,674764 -0,613937 -0,707009 0,015518 0,039821 -0,594676 0,670379 0,686493 0,672741 0,733559 -0,036695 -0,064229 0,591070 0,829448 0,830721 0,894421 0,812659 0,012156 0,002834 0,765638		0,84408	5 0,82010	4 0,87603.	2 0,866279	-0,070889	-0,108111	0,972547	1,000000	-0,716334	0,756697	0,783885
0,670379 0,686493 0,672741 0,733559 -0,036695 -0,064229 0,591070 0 829448 0 830221 0 894421 0 812659 0 012156 0 002834 0 765638		-0,64324	1 -0,67476	4 -0,61393	7 -0,707009	0,015518	0,039821	-0,594676	-0,716334	1,000000	-0,855166	-0,563954
0 829448 0 830221 0 894421 0 812659 0 012156 0 002834 0 765638		0,670379	) 0,68649.	3 0,67274	1 0,733559	-0,036695	-0,064229	0,591070	0,756697	-0,855166	1,000000	0,594246
		0,829448	3 0,83022	1 0,89442	1 0,812659	0,012156	0,002834	0,765638	0,783885	-0,594246	0,594246	1,000000

Tabela XXIX : Matriz de Correlação entre as variáveis obtidas, utilizando-se a Correlação de Spearman.

				Coi	rrelação de	Spearman					
	Ls_mm_	Wt	Ro_mm	Zo_mm_	$\mathfrak{m} \stackrel{n}{=}$	$Y_{0-}mm_{-}$	A_mm2	P_mm_	Ff (	Cc I	dade_dias
Cp_mm_	1,00000	0,949416	0,884243	0,851729	0,048850	0,030924	0,761387	0,796352	-0,625863	0,634422	0,802960
Wt_g_	0,949416	1,00000	0,880036	0,842832	0,038254	0,015484	0,763266	0,805357	-0,651114	0,666519	0,794266
Ro_mm	0,884243	0,880036	1,000000	0,824960	0,058081	0,051769	0,784688	0,816048	-0,619563	0,634678	0,885808
Zo_mm_	0,851729	0,842832	0,824960	1,000000	0,054856	0,059742	0,744447	0,813003	-0,727433	0,734136	0,749035
$\frac{\pi}{2}$	0,048850	0,038254	0,058081	0,054856	1,000000	0,946559	-0,032517	-0,037384	0,006643	0,002649	0,035236
$\dot{\mathrm{Y}}_{0-}\mathrm{mm}_{-}$	0,030924	0,015484	0,051769	0,059742	0,946559	1,000000	-0,086144	-0,086288	0,034009	-0,023109	0,026095
A_mm2	0,761387	0,763266	0,784688	3 0,744447	-0,032517	-0,086144	1,000000	0,962474	-0,563674	0,558046	0,713301
$P_{-}mm_{-}$	0,796352	0,805357	0,816048	3 0,813003	-0,037384	-0,086288	0,962474	1,000000	-0,742765	0,741437	0,725495
Ff	-0,625863	-0,651114	-0,619563	1 -0,727433	0,006643	0,034009	-0,563674	-0,742765	1,000000	-0,989767	-0,537647
Cc	0,634422	0,666519	0,634678	3 0,734136	0,002649	0,023109	0,558046	0,741437	-0,989767	1,000000	0,543503
Idade_dias	0,802960	0,794266	0,885808	3 0,749035	0,035236	0,026095	0,713301	0,725495	-0,537647	0,543503	1,000000

						-		
			Mod	elo linear:	$y = \alpha +$	βx		
			α			β		
		Inf	Sup	Média	Inf	Sup	Média	$R^2$
Rox Cn	Sudeste	0,18265	0,30085	0,24643	0,01302	0,01622	0,01451	0,7082
кохср	Sul	0,16895	0,23531	0,20256	0,01472	0,01664	0,01566	0,8187
ZoxCp	Sudeste	-0,01987	0,16517	0,08568	0,02135	0,02653	0,02362	0,7156
Zuxcp	Sul	0,10359	0,24901	0,17775	0,01833	0,02268	0,02045	0,7066
A x Cn	Sudeste	-0,32671	-0,02176	-0,16279	0,02987	0,03839	0,0339	0,7013
Ахср	Sul	-0,12455	0,13541	0,0065	0,02843	0,0363	0,0363	0,6818
PyCn	Sudeste	0,63609	1,54493	1,16588	0,08567	0,11101	0,09658	0,7299
тхср	Sul	1,47686	2,08978	1,7919	0,07775	0,09617	0,08657	0,7464
ΔνΡ	Sudeste	-0,61801	-0,46696	-0,54262	0,32831	0,36114	0,34473	0,927
11 X 1	Sul	-0,77795	-0,58154	-0,68009	0,35591	0,39894	0,37735	0,931

Tabela XXX: Análise de regressão linear: Ajuste do modelo linear com o cálculo do Intervalo de Confiança de 95% para os parâmetros do modelo, para as regiões Sudeste e Sul. Cp: comprimento padrão: Ro: raio do otólito, A: área da projeção 2D dos otólitos, P: perímetro da linha de contorno dos otólitos

Tabela XXXI: Análise de regressão não linear: Ajuste do modelo logístico com o cálculo do Intervalo de Confiança de 95% para os parâmetros do modelo, para as regiões Sudeste e Sul. Ro: raio do otólito, Wt: peso do peixes, A: área da projeção 2D dos otólitos, P: perímetro da linha de contorno dos otólitos, Idade: idade dos peixes.

			-	ilouelo lo	giotico. j	11/(1	P (174) 4				
			А			В			С		
_		Inf	Sup	Média	Inf	Sup	Média	Inf	Sup	Média	R <sup>2</sup>
Po v Wt	Sudeste	0,84183	0,92738	0,8977	0,81406	1,28528	1,03079	2,06531	3,51237	2,64158	0,7163
	Sul	0,81757	0,94239	0,89819	0,75266	0,911	0,84833	1,54273	2,98815	2,2978	0,8491
$\Lambda \sim 1 \Lambda 7 +$	Sudeste	1,20209	1,37879	1,31162	1,72068	3,24690	2,51278	3,47635	2,65944	4,44617	0,7428
AXW	Sul	0,8351	1,37495	1,30498	0,25029	2,25076	1,73781	1,76574	7,13829	4,34038	0,6326
$\mathbf{D} \sim \mathbf{W}^{\prime}$	Sudeste	5,12464	5,52881	5,37220	1,08661	1,55441	1,31034	2,58881	3,84936	3,16431	0,7787
r x vvt	Sul	4,76451	5,47133	5,29457	0,41288	1,07839	0,88093	1,86450	5,75288	3,83528	0,7866
Po v Idada	Sudeste	0,82402	0,98693	0,93924	0,67322	5,74040	3,91759	0,01827	0,03763	0,02698	0,7696
KU X Iudue	Sul	0,87952	0,99364	0,94620	1,56067	4,05645	3,31784	0,01859	0,03188	0,02614	0,7694
A v Idada	Sudeste	1,17172	1,49018	1,37961	-5,46683	24,0186	15,1901	0,02464	0,04946	0,03678	0,7428
A x luade	Sul	1,23773	1,44967	1,36518	-29,8835	19,9077	12,9790	0,02287	0,05606	0,04352	0,6326
P v Idada	Sudeste	5,02422	5,77563	5,50022	-2,75722	9,50144	6,29247	0,02153	0,04429	0,03336	0,7227
1 x iuaue	Sul	5,15135	5,67567	5,45190	-8,22423	7,62914	5,22017	0,01989	0,04915	0,03855	0,6852

Modelo logístico: y = A/(1+B(Exp(1-C(x))))

Tabela XXXII: Análise de regressão não linear: Ajuste do modelo de von Bertalanffy, com o cálculo dos Intervalos de Confiança de 95% para os parâmetros do modelo, para as regiões Sudeste e Sul. Cp: comprimento padrão, Idade: idade dos peixes.

		Modelo	de von I	Bertalanfi	fy: Cp = l	L <sub>∞</sub> [1- ex	p (-k (Ida	ade - t <sub>0</sub> )]		
		L∞			k			t <sub>0</sub>		
	Inf	Sup	Média	Inf	Sup	Média	Inf	Sup	Média	R <sup>2</sup>
Sudeste	35,7886	52,7743	48,0408	0,0063	0,0277	0,0164	7,3310	54,4039	21,2580	0,6307
Sul	41,3055	48,8017	46,1254	0,01322	0,02527	0,0194	15,6336	35,5689	24,0058	0,7310

Tabela XXXIII: Análise de regressão não linear: Ajuste do modelo de Huxley, com o cálculo dos Intervalos de Confiança de 95% para os parâmetros do modelo, para as regiões Sudeste e Sul. Cp: comprimento padrão

		Model	o de Huxl	ey: Wt = 4	$A(Cp)^{B}$		
		А			В		
	Inf	Sup	Média	Inf	Sup	Média	$R^2$
Sudeste	0,00002	0,00007	0,00005	2,5402	2,7753	2,6533	0,888
Sul	0,0001	0,0001	0,0001	2,9986	3,2236	3,1097	0,925

Tabela XXXIV: Análise de Covariância (ANCOVA) do Comprimento padrão vesrus Idade por Região

	1	ANCOVA:	Cp x Ida	de x Regiã	io	
	GL	SQ seq	SQ adj	QM adj	F	P-valor
Idade	1	7861,1	6987,9	6987,9	712,63	0,000
Região	1	7,5	7,5	7,5	0,77	0,381
Desvio	372	3647,8	3647,8	9,8		
Total	374	11516,5				
		R2 = 68,33	% R2 (adj	) = 68,16%		

	1	ANCOVA:	Wt x Ida	de x Regiã	0	
	GL	SQ seq	SQ adj	QM adj	F	P-valor
Idade	1	23,956	21,784	21,784	675,05	0,000
Região	1	0,088	0,088	0,088	2,72	0,100
Desvio	372	12,004	12,004	0,032		
Total	374	36,048				
		R2 =66,70	% R2 (adj	) =66,52 %		

Tabela XXXV: Análise de Covariância (ANCOVA) do Peso verus Idade por Região

Tabela XXXVI: Análise de Covariância (ANCOVA) do Raio dos Otólitos versus Idade por Região

ANCOVA: Ro x Idade x Região						
	GL	SQ seq	SQ adj	QM adj	F	P-valor
Idade	1	2,6003	2,4250	2,4250	1216,69	0,000
Região	1	0,0229	0,0229	0,0229	11,51	0,001
Desvio	372	0,7414	0,7414	0,0020		
Total	374	3,3646				
R2 = 77,96% R2 (adj) = 77,85%						

Tabela XXXVII: Análise de Covariância (ANCOVA) do Tamanho do Rostrum versus Idade por Região

1 0						
ANCOVA: Zo x Idade x Região						
	GL	SQ seq	SQ adj	QM adj	F	P-valor
Idade	1	3,6809	3,2166	3,2166	447,70	0,000
Região	1	0,0007	0,0007	0,0007	0,10	0,757
Desvio	277	1,9902	1,9902	0,0072		
Total	279	5,6718				
R2 = 64,91% R2 (adj) =64,66%						

Tabela XXXVIII: Análise de Covariância (ANCOVA) do Área da projeção 2D dos otólitos vesrus Idade por Região

ANCOVA: A x Idade x Região						
	GL	SQ seq	SQ adj	QM adj	F	P-valor
Idade	1	6,7937	7,8772	7,8772	506,38	0,000
Região	1	1,1283	1,1283	1,1283	72,53	0,000
Desvio	230	3,5779	3,5779	0,0156		
Total	232	11,4998				
R2 = 68,89% R2 (adj) = 68,62%						

Tabela XXXIX: Análise de Covariância (ANCOVA) do Perímetro da linha de contorno dos otólitos x Idade por Região

ANCOVA: P x Idade x Região						
	GL	SQ seq	SQ adj	QM adj	F	P-valor
Idade	1	51,968	58,957	58,957	526,86	0,000
Região	1	7,094	7,094	7,094	63,40	0,000
Desvio	230	25,738	25,738	0,112		
Total	232	84,800				
R2 = 69,65% R2 (adj) = 69,39%						

Tabela XL: Intervalos de Confiança de Tukey (95%) para as ANCOVA's. CF –Sudeste e RG - Sul

	IC(95%)
Ro <sub>CF</sub> -Ro <sub>RG</sub>	(-0,03;-0,01)
Área <sub>CF</sub> -Área <sub>RG</sub>	(-0,18;-0,11)
Perímetro <sub>CF</sub> -Perímetro <sub>RG</sub>	(-0,45;-0,27)