

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
AQUICULTURA

**MORFOMETRIA DE *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae* (CHONDRICHTHYES,  
CHARCHARINIDAE) UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA  
PARA DETERMINAÇÃO DO *STATUS* ESPECÍFICO**

**ANA CECÍLIA MAMEDE GARCIA**

Recife, PE  
Fevereiro - 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
AQUICULTURA

**MORFOMETRIA DE *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae* (CHONDRICHTHYES,  
CHARCHARINIDAE) UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA  
PARA DETERMINAÇÃO DO *STATUS* ESPECÍFICO**

Mestranda: Ana Cecília Mamede Garcia

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura..

Orientador: Rosângela P. T. Lessa, Dr<sup>a</sup>.

Recife, PE

Fevereiro – 2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

MORFOMETRIA DE *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae* (CHONDRICHTHYES,  
CHARCHARINIDAE) UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA  
PARA DETERMINAÇÃO DO *STATUS* ESPECÍFICO

Por: Ana Cecília Mamede Garcia

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de **Mestre em Recursos  
Pesqueiros e Aquicultura** e aprovada em \_\_/\_\_/\_\_\_\_ pelo Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em sua forma final.

---

Prof. Dr. Paulo Travassos  
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Rosângela Paula Teixeira Lessa - Orientadora  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Thierry Frédou - Membro externo  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza - Membro externo  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes - Membro interno  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Sigrid Neumann Leitão - Membro Suplente  
Universidade Federal de Pernambuco

*Ao meu avô Diógenes Mamede, por me mostrar o mundo através do conhecimento, por me abrir janelas cada vez que me eram fechadas as portas, por todos os momentos de imensa alegria e paz e por todo o seu amor. E por continuar olhando por mim.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus;

Aos meus pais e meus dois irmãos, pelo apoio desde que inicie essa jornada, pelo imenso amor e por nunca me deixarem desistir;

As minhas avós Noêmia e Altina pelo incentivo, pelas orações e infinito amor em todos momentos;

Ao meu marido Gerald Huesch, por estar sempre presente em todos os momentos, mesmo com um oceano de distância, pelo suporte, por me ajudar a realizar esse trabalho e pelo amor incondicional. Sem você isso não seria possível!

À Profa. Dra. Rosangela P. T. Lessa pela valorosa orientação, pelo exemplo de amor ao trabalho, pelos ensinamentos, pelas valiosas discussões, pelo apoio (pelas broncas também) e pela amizade durante todo esse período;

Ao Professor, Jules M. R. Soto, Curador Geral, Chefe da Seção de Museus do Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí, Universidade do Vale do Itajaí (SC), pela atenção e envio das medidas dos exemplares. Ao Dr. George Burges, Curador do Museu de História Natural da Flórida e Dr. Robert Robins, Coordenador da coleção ictiológica do Museu de História Natural da Flórida pelo apoio e pela importante ajuda dispensada na realização deste trabalho;

Ao Museu de História Natural de Paris, Museu de História Natural do Rio de Janeiro e ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (em especial ao Prof. Dr. José Lima de Figueiredo), por permitirem a análise do material depositado em suas coleções;

Aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e pelos valiosos comentários e ajuda para aprimoramento deste trabalho;

Ao meu amigo Paulo José Duarte-Neto pela importante ajuda para realização do trabalho, pela paciência (e pela falta dela também) me ajudando com as várias e repetidas análises e acima de tudo pela grande amizade;

Aos companheiros Felipe Pinto Teixeira e Rodrigo Panda pela maravilhosa convivência, ajuda mútua, brincadeiras e momentos muito bons nessa nossa jornada.

A Christiane Albuquerque pela contribuição e disponibilidade, e pelos ensinamentos com Análise Multivariada; Ao Francisco Marcante e pelos palpites, descontração e ajuda.

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura, em nome do coordenador Paulo Travassos e da secretária Selma Santiago pelo apoio logístico;

A minha parceira, Rizzia Froes, companheira de todas as horas, que esta sempre comigo, não importa a distância.

A Danielli Matias, Goretti, Suely Bezerra pela amizade e companherismo. Aos amigos do mestrado pela excelente convivência e experiências compartilhadas momentos divididos, em especial a Fernando Kim, José Carlos, Wanessa Mello, Danielle Viana, Diogo Bessa, Ugo , Aprígio Neto, Reginaldo Junior, João Neto e Aline Rocha;

Agradeço a todos aqueles que contribuíram de uma forma direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, seja com sugestões ou críticas, estímulo, apoio ou amizade.

## RESUMO

O *status* atual de *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae* quanto a constituírem espécies distintas ainda não é bem definido. A identificação das espécies que compõe um recurso pesqueiro é imperativa não somente pela importância ecológica, mas também do ponto de vista da gestão do recurso. A análise multivariada de um conjunto de caracteres fenotípicos é um dos métodos apropriados para esclarecer relações morfológicas de diferentes populações de diferentes espécies. Os padrões de discriminação morfológica entre *Rhizoprionodon porosus* e *Rhizoprionodon terraenovae* foram estudados através de técnicas de análise estatística multivariada, com o objetivo de avaliar o *status* das espécies e determinar se os caracteres morfométricos podem ser usados na discriminação. Com base em uma amostra de 79 indivíduos coletados em 3 localidades (Pernamuco e Rio Grande do Norte, Brasil e Flórida, EUA) e 67 parátipos de ambas as espécies depositados nos Museus MN/UFRJ, MZUSP, MOVI, MNHN e FMNH, análises multivariadas foram realizada com base em 64 medidas morfométricas. Os resultados indicaram diferenças significativas entre exemplares de *R. porosus* e *R. terraenovae*. Grupos distintos de ambas espécies foram formados tanto na análise de agrupamento quanto na análise discriminante, exemplares com classificação divergente da análise são em maioria provenientes da América Central. Os resultados indicam que *R. terraenovae* e *R. porosus* podem ser consideradas espécies distintas, simpátricas apresentando miscigenação na área da América Central.

*Palavras-chave:* Análise Multivariada, *Rhizoprionodon porosus*, *Rhizoprionodon teraaenovae*, discriminação morfológica.

## ABSTRACT

The *status* of the two distinct the species *Rhizoprionodon porosus* and *Rhizoprionodon terraenovae* is not yet ascertained. The identification at the species level of fishery resources is imperative not only for their own ecologic value, but also under the point of view of their management. Multivariate analyses of a set of phenotypic characters can be considered as an appropriate method to elucidate morphologic relations between different species or populations. The morphologic discrimination standards between *Rhizoprionodon porosus* and *Rhizoprionodon terraenovae* has been studied through techniques of multivariate analysis with the aim to evaluate the *status* of the species and to determine which morphometric characters can be used in the discrimination. On basis of 79 individuals collected in 3 localities (Pernamuco e Rio Grande do Norte, Brasil e Flórida, EUA) and 67 paratypes of both species deposited in the Museums MN/UFRJ, MZUSP, MOVI, MNHN and FMNH, Multivariate analyses have been carried out on the basis of 64 morphometric measurements. The results indicate differences between *Rhizoprionodon porosus* and *Rhizoprionodon terraenovae*. Distinct groups of both species formed clusters and were analyzed by discriminant analyzes. Units with divergent classification correspond to the region of Central America. Overall, differences suggested that they are two distinct simpatricas species highly miscegenated in the area of Central America.

*Key words:* Multivariate analyze, *Rhizoprionodon porosus*, *Rhizoprionodon teraaenovae*, morphologic discrimination



## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1</b> – Lista da quantidade de exemplares de <i>Rhizoprionodon porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> por área de coleta e provenientes de parátipos de museus.	43
<b>Tabela 2</b> – Origem geográfica dos espécimes coletados e parátipos analisados de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> e quantidade de indivíduos por região.	44
<b>Tabela 3</b> – Estatísticas descritivas (médias, desvios-padrões, valores mínimos e máximos) das proporções significativamente distintas ( $F(34,117) = 15,145$ $p < 0,0000$ ) entre de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> ..	49

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Exemplar fêmea de <i>Rhizoprionodon porosus</i> capturado no litoral de Pernambuco, Brasil.	15
<b>Figura 2.</b> Exemplar fêmea de <i>Rhizoprionodon terraenovae</i> capturado no litoral da Flórida, Estados Unidos.	15

<b>Lista de Figuras do Artigo Científico</b>	Página
<i>Figura 1a</i> - Principais medidas longitudinais	45
<i>Figura 1b</i> – Medidas da cabeça e da nadadeira peitoral	45
<i>Figura 1c</i> - Medidas das nadadeiras dorsais, pélvica e anal	45
<i>Figura 1d</i> - Medidas da nadadeira caudal	45
<i>Figura 1e</i> - Medidas de altura	45
<i>Figura 1f</i> - Medidas de largura	45
<i>Figura 1g</i> - Medidas da boca e espaço internarial	45
<i>Figura 1h</i> - Medidas do Clasper	45
<i>Figura 2</i> - Dendrograma baseado nas distâncias euclidianas mostrando a Análise de Agrupamento entre os espécimes de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> analisados.	50
<i>Figura 3</i> – Representação gráfica da porcentagem de variância explicada por cada autovalor na análise de componentes principais com os dados da amostra de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> analisados.	50
<i>Figura 4A-E</i> - Gráficos do componente principal 1 contra componente principal 2, componente principal 3, componente principal 4, componente principal 5, componente principal 6, componente principal 7.	51
<i>Figura 5</i> - Discriminação dos exemplares de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> baseado na freqüência dos escores da variável canônica (VC1).	52

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
<b>2.1 Morfometria</b> .....	21
<b>2.2 Analise Multivariada</b> .....	23
2.2.1 Análise de Agrupamento.....	25
2.2.2 Análise de Componentes Principais.....	26
2.2.3 Análise de Correlação Canônica .....	27
2.2.4 Análise Discriminante.....	28
<b>2.3 Aplicações das técnicas multivariadas em morfometria</b> .....	30
<b>2.4 Gênero Rhizoprionodon</b> .....	32
<b>3. ARTIGO A SER SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO</b> .....	38
<b>3.1 ARTIGO</b> .....	39
<b>Morfometria de duas espécies do gênero Rhizoprionodon para determinação do status específico</b>	
Resumo.....	39
Sinopsy .....	40
Introdução.....	40
Material e Métodos .....	43
Resultados .....	48
Discussão E Conclusão.....	51
Agradecimentos.....	58
Lista do material analisado .....	58
Literatura Citada.....	58
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	64
<b>6. ANEXOS</b> .....	85

*Diretrizes para autores - Environmental Biology of Fishes*

## INTRODUÇÃO

Os tubarões, que juntamente com as raias formam o grupo dos elasmobrânquios estão entre os vertebrados de maior sucesso evolutivo, com uma história de vida que se iniciou a cerca de 400 milhões de anos atrás, ainda no período Devoniano (CASTRO, 1987).

Segundo a Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL, 2005), na costa brasileira são conhecidas 85 espécies de tubarões já descritas ou em revisão taxonômica, enquanto outras 55 espécies são contabilizadas entre as raias, incluindo aquelas em processo de descrição ou revisão.

Em resposta ao que diz respeito sobre sustentabilidade das populações de tubarões em escala global, a United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) desenvolveu um plano Internacional de Ação para Conservação e manejo de tubarões que propõe a todas as nações participantes da pesca de tubarões a desenvolver e implementar seus próprios planos nacionais de ações assegurando a conservação e manejo dos estoques (FAO, 1998) . Para agir com o plano da FAO diretamente, os Estados Unidos recentemente desenvolveram o próprio

Plano Nacional de Ação para Conservação e Manejo de Tubarões (National Marine Fisheries [NMFS] 2001).

A maior e recorrente recomendação tanto pelos planos da FAO e E.U.A é coleta de dados das capturas, desembarques, e avaliação dos estoques em uma base específica a nível de espécie (FAO, 1998; 2000; NMFS 2001). Esta recomendação tem origem em (1) ausência de dados históricos confiáveis de captura, no nível de espécie, gerando a impossibilidade de avaliar estoques e identificar populações e espécies inclusive as sobre-exploradas e potencialmente ameaçadas e (2) o reconhecimento que espécies individuais diferem em sua característica de história de vida e, portanto na sua susceptibilidade a exploração (BONFIL, 1994; SMITH et al., 1998; CASTRO et al., 1999).

O maior obstáculo para obtenção dos dados sobre capturas e comercialização de tubarões em nível de espécie, contudo, é a dificuldade de identificação das espécies mais comumente exploradas. Espécies de famílias economicamente importantes, Carcharhinidae e Lamnidae, por exemplo, podem diferir apenas minimamente em sua morfologia e são comumente confundidos (CASTRO, 1993; BONFIL, 1994; CASTRO et al. 1999).

A Ordem Carcharhiniformes apresenta o maior número de gêneros, espécies, abundância e biomassa. Os membros da Família Carcharhinidae são os que mais influenciam as atividades humanas (COMPAGNO, 1984). Como muitas das espécies atingem grande porte e são abundantes em águas tropicais e subtropicais, estes tubarões representam parte significativa da pesca mundial (produção de carne, óleo, couro, nadadeiras), bem como, para fins recreativos (pesca esportiva) e turísticos (mergulho e fotografia), o que resulta em alto valor econômica (NELSON, 1990).

Pertencente à Família Carcharhinidae, os tubarões do gênero *Rhizoprionodon* Whitley, 1929 são caracterizados pela presença de sulco labial superior desenvolvido, origem da segunda nadadeira dorsal sobre a metade da base da nadadeira anal e cristas pré-anais, mais visíveis em exemplares adultos (GADIG, 2001). Apresentam como forma de reprodução a viviparidade placentária (PARSONS, 1983); os embriões nutrem-se das substâncias contidas nos sacos vitelínicos, e após algum tempo, a obtenção de energia passa ser realizada via conexão placentária com a mãe (HAMLLET & KOOB, 1999).

No Brasil, são conhecidas apenas duas espécies do Gênero *Rhizoprionodon*: *R. lalandii* e *R. porosus*, que segundo Gadig (2001), junto com *Carcharhinus leucas* e *C. limbatus*, são as únicas espécies de tubarões no país que exibem um padrão tipicamente costeiro, apresentando distribuição contínua ao longo de toda a plataforma continental, não havendo aparente barreira zoogeográfica que interrompa sua distribuição.

*R. porosus* (Poey, 1861) (figura 1), apresenta distribuição apenas no Oceano Atlântico, na costa oriental do continente americano, desde o Caribe até o Uruguai, especialmente no norte e nordeste do Brasil (MATTOS, 1998; SILVA, 2000). Habita principalmente águas rasas de regiões tropicais, podendo alcançar profundidades moderadas e regiões temperadas (SPRINGER, 1964; COMPAGNO, 1984).



Figura 1 – Exemplar fêmea de *Rhizoprionodon porosus* capturado no litoral de Pernambuco, Brasil.

Uma terceira espécie, *R. terraenovae* (Richardson, 1836) (figura 2), ocorre na costa Atlântica oeste no Hemisfério Norte, distribuindo-se à partir de Nova Brunswick até o Golfo do México.



Figura 2 – Exemplar fêmea de *Rhizoprionodon terraenovae* capturado no litoral da Flórida, Estados Unidos.

A problemática que envolve *R. porosus* e *R. terraenovae* se deve ao fato da dúvida sobre o status específico dessas espécies, se elas constituem espécies distintas ou não. Compagno, (1984) e Soto (2004), sugerem que *R. porosus* e *R. terraenovae* sejam a mesma espécie e Gadig (2001) supõe que esta possivelmente habite águas brasileiras, sendo os

exemplares capturados identificados como *R. porosus* devido à falta de caracteres taxonômicos externos. Nas chaves para identificação a diferenciação é feita basicamente pela contagem de vértebras pré-caudais (de 58 a 66 em *R. terraenovae* e de 66 a 75 em *R. porosus*) (Springer, 1964; Compagno, 1984) e não apresentam outras características consistentes para a separação das espécies.

É muito provável que a maior parte das identificações sejam feitas unicamente com base no critério geográfico. Mas, a distinção de *R. porosus* como uma subespécie do hemisfério sul é ainda pendente até que aspectos da dinâmica populacional e comparações morfométricas e merísticas sejam realizadas.

Diversas ferramentas são utilizadas na identificação de espécies, populações, unidades de estoque: caracterização morfométrica e merística, parâmetros biológicos, caracteres bioquímicos e moleculares (estruturas de proteínas e de DNA) (BEGG et al., 1999) dados de captura, marcação e recaptura, morfologia, citogenética, imunogenética, abordagens adicionais, como mensuração de isótopos estáveis (ROELKE & CIFUENTES, 1997), análise da forma do otólito (CAMPANA & CASSELMAN, 1993), entre outros.

Apesar da diversidade de técnicas utilizadas para diferenciar os táxons, considera-se que uma visão holística seja desejável para a abordagem dessa problemática, com a concorrência das diversas técnicas, quando necessário (BEGG et al., 1999).



## **REVISÃO DE LITERATURA**

Ao longo de sua evolução, os tubarões desenvolveram aparato mandibular que aliado ao seu sistema sensorial, confere-lhes eficiente capacidade predatória, posicionando a maioria das espécies nos níveis superiores das cadeias tróficas marinhas (CAMHI et al. 1998). Possuem um papel crítico para a diversidade marinha, sendo que o declínio das populações pode acarretar sérias conseqüências para a estrutura e função do ecossistema marinho, que podem ser ecológica e economicamente significantes, podendo persistir por longos períodos (STEVENS et al., 2000; BAUM et al., 2003; MYERS & WORM, 2003).

Os tubarões apresentam um conjunto de problemas que dizem respeito à administração da pesca e sua conservação (CAMHI et al., 1998). Possuem características biológicas que os tornam altamente vulneráveis às pressões cada vez mais intensas exercidas pela pesca. A maioria das espécies é K-estrategista, ou seja, apresentam ciclo de vida longo, com crescimento lento, baixa fecundidade relativa e maturidade sexual tardia (HOENIG &

GRUBER, 1990). Essas características constituem fator que dificulta a reposição populacional em face da mortalidade excessiva imposta às suas populações pela pesca, sobretudo em decorrência da estreita relação entre a população explorada (estoque) e as classes etárias que incluem indivíduos recrutados (HOLDEN, 1974) o que os tornam recursos pesqueiros frágeis, e susceptíveis a sobrepesca (LESSA et al., 1999).

A exploração pesqueira constitui-se na maior ameaça a biodiversidade desse grupo com o agravante de que mundialmente o manejo é complicado pela falta de informação básica. A pesca, dirigida ou acidental envolve o paradoxo de que tubarões e raias têm baixo valor econômico, e contribuem apenas modestamente no volume total capturado pela pesca mundial quando comparados com peixes ósseos, economicamente mais valiosos. Isso lhes confere baixa prioridade quando se considera recursos financeiros destinados à pesquisa e conservação, ao passo que a demanda por subprodutos como barbatanas é muito alta, estimulando o aumento da exploração (BONFIL, 1994). Além disso, modelos utilizados para a administração de pescarias tradicionais, não se aplicam a elasmobrânquios, tornando o gerenciamento desses recursos extremamente difícil (BONFIL, 1994). Entretanto, não é apenas a falta de conhecimento biológico que impede o manejo e conservação dos tubarões, tal fato também é influenciado pela tradicional imagem negativa dos tubarões, como responsáveis por ataques a seres humanos e competidores por recursos pesqueiros (CAMHI et al., 1998).

É essencial a diferenciação de unidades, que devem constituir unidades administrativas (ou de manejo) (BEVERTON & HOLT, 1957; BEGG et al., 1999; VOOREN & KLIPPEL, 2005). Essas unidades podem ser formadas por táxons como espécies, populações de uma mesma espécie, ou agrupamentos populacionais que refletem as características do meio onde estão inseridas.

Considerando a importância de identificar a estrutura do estoque de uma espécie, é surpreendente que haja uma escassez de avaliações que executam realmente as exigências de identificação requeridas. A maioria dos métodos de avaliação modela a dinâmica de populações fechadas e supõem características homogêneas da história de vida (BEEG, 1999).

A identificação assim como a manutenção de estoques diferenciados são fundamentais pela sua relação direta com a produtividade total e uso sustentável dos recursos (CARVALHO & HAUSER, 1994). Além de um número de razões incluindo alocação alocamento do predador entre competidores e proteção do berçário e áreas de desova, e para o desenvolvimento de estratégias e monitoramento (BEEG, 1999).

A identificação de estoque é um campo em desenvolvimento, multidisciplinar que abrange muitas técnicas (CADRIN & FREIDLAND, 1999), e continuará a evoluir com exigências de manejo e de conservação. Em grande proporção dos recursos pesqueiros ocorre mistura de estoque, as técnicas devem continuar a ser desenvolvidas e modificadas, e usadas para identificar e quantificar os vários componentes que compreendem estas misturas (BEGG et al., 1999).

Caracteres merísticos e morfométricos são os dois tipos de caracteres fenotípicos empregados mais frequentemente para delinear estoques. Os caracteres merísticos são os números de estruturas discretas, em série repetidas, estruturas contáveis como as vértebras e raios da nadadeira. Os caracteres morfométricos são caracteres contínuos que descrevem aspectos da forma do corpo. Esta distinção entre os dois tipos de caracteres é talvez mais aparente do que real (SWAIN & FOOTE, 1999).

Os caracteres morfométricos descrevem aspectos da forma do corpo. Ao contrário dos caracteres merísticos, que são estabelecidos nos estágios iniciais de vida, caracteres morfométricos mostram tipicamente mudanças ontogenéticas associadas com o crescimento alométrico (GOULD, 1966) e podem ser lábeis às influências ambientais durante toda a vida (WAINWRIGHT et al., 1991).

Segundo Barlow (1961, *apud* SWAIN & FOOTE, 1999) os ictiologistas tenderam a assumir posições extremas na fonte das diferenças entre populações com relação aos caracteres morfológicos. Trabalhos iniciais tenderam a considerar tais diferenças, particularmente as merísticas, como indicador de divergência genética.

Com a descoberta que estes caracteres poderiam ser alterados manipulando o ambiente (TAËNING, 1944 *apud* SWAIN & FOOTE, 1999), houve uma mudança de pensamento tendendo para o oposto e diferenças interpopulacionais passaram a ser consideradas como ambientalmente induzidas. Barlow (1961 *apud* SWAIN & FOOTE, 1999), entretanto sugeriu que as diferenças morfológicas entre populações eram "conseqüências de modificações ambientais acopladas com mudanças genéticas adaptáveis".

Mesmo quando uma base genética para diferenças merísticas entre populações é assumida ou demonstrada, esta diferença é frequentemente atribuída não à seleção que age diretamente no fator merísticos, mas a uma correlação entre caracteres merísticos e processos fisiológicos adaptáveis (BARLOW, 1961 *apud* SWAIN & FOOTE, 1999). Os padrões da variação morfológica entre populações são frequentemente congruentes com os aqueles esperados em resposta às diferenças preditas na seleção natural (RIDDELL & LEGGETT,

1981; BEACHAM, 1984; Carl & HEALEY, 1984; McPHAIL, 1984; LAVIN & McPHAIL, 1986; SWAIN & HOLTBY, 1989). Estes padrões são às vezes tomados como a evidência para a divergência genética entre as populações (FLEMING & GROSS, 1989). Alternativamente, poderiam refletir a plasticidade fenotípica adaptável mais do que a diferenciação genética (SWAIN et al., 1991; SWAIN & HOLTBY, 1989).

Apesar da sensibilidade ao ambiente, taxas ontogenéticas influenciam a taxa de crescimento de uma população e a resposta do estoque à exploração (GARROD & HORWOOD, 1984 *apud* SWAIN & FOOTE, 1999). Conseqüentemente, grupos intra-específicos com diferenças estáveis na história de vida necessitam ser identificados, a fim de se obter modelos de dinâmica de populações precisos para avaliação de estoques e manejo, independentemente de diferenças ou similaridades genéticas (CARVALHO & HAUSE, 1994). A identificação baseada na morfometria pode discriminar tais grupos pela focalização em características que mudam com o desenvolvimento ou maturação.

## **2.1 Morfometria**

A morfometria em uma de suas definições mais clássicas designa qualquer análise quantitativa da variação morfológica dos organismos (MORAES, 2003). Atualmente costuma ser definida como o estudo da forma e do tamanho, e de como estas variáveis se relacionam entre si. Esse conjunto de técnicas tem evoluído ao longo dos séculos desde o estabelecimento de proporções entre as diversas partes do corpo, ainda hoje utilizadas nas descrições taxonômicas, até as sofisticadas técnicas estatísticas que utilizam modelos matemáticos complexos para explicar diferenças na forma ou tamanho (MORAES, 2003).

A morfometria é a análise da forma corporal em relação ao tamanho por meio de métodos numéricos. É uma análise usual em biologia evolutiva, além de propiciar a

interpretação e comparação precisa dos padrões de variação de caracteres quantitativos (CAVALCANTI e LOPES, 1990). Estuda a variação e covariação de medidas de distância, sejam estas entre pares de pontos anatomicamente homólogos, ou entre pontos de tangência ou extremos de estruturas. Ou seja, é como e quanto estas medidas variam, e de como e quanto estão relacionadas entre si.

Diversas áreas do conhecimento têm se interessado pelos estudos morfométricos por motivos diversos. Os taxonomistas utilizam a morfometria para mensurar as diferenças existentes entre espécies, criando assim, referências para comparações. Os ecólogos discutem que a forma e o tamanho (de um organismo) devem caracterizar mais precisamente aspectos como alimentação, microhabitat, pressão seletiva, competição e predação, visto que a morfometria de um organismo é o resultado final de sua evolução. Já os geneticistas se preocupam em estimar a hereditariedade de caracteres morfométricos, pois podem quantificar e separar as influências genóticas das ambientais sob o fenótipo de uma população (PERES, et al., 1995).

As primeiras abordagens ao estudo da variação da forma compararam várias medidas, uma a uma (MORAES, 2003). Porém, notou-se que mesmo várias medidas que descreviam qualquer estrutura não eram suficientes para descrever a forma como um todo, já que os organismos são multidimensionais (MONTEIRO & REIS, 1999). Foi desta necessidade que surgiram todos os métodos multivariados usados atualmente, que levam em consideração, simultaneamente, os diferentes níveis de variação e covariação entre as medidas (MORAES, 2003).

## **2.2 Análise Multivariada**

Os seres vivos são multidimensionais, sendo no mínimo necessários três vetores para descrever sua forma. Como esta é o resultado de diversas respostas alométricas (alterações nas proporções de um organismo) durante o desenvolvimento, os estudos morfológicos devem ser desenvolvidos através de ferramentas multivariadas (CAVALCANTI e LOPES, 1993).

Segundo Hair et al. (2005) análise multivariada refere-se a todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto sob investigação. A análise de dados envolve a participação, a identificação e a medida de variação em um conjunto de variáveis, seja entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes.

A Análise Multivariada objetiva detectar e descrever padrões estruturais, espaciais e temporais que são úteis na ordenação dos dados morfométricos. Permite que parâmetros biológicos subjacentes às relações morfológicas entre indivíduos, ou grupos, possam ser mais facilmente detectados e interpretados através de técnicas que evidenciam e hierarquizam os fatores responsáveis pela variabilidade dos dados e da estrutura do sistema estudado (CAVALCANTI e LOPES, 1993; REIS, 1988; VALENTIN, 2000).

Os complexos padrões de variação morfométrica dos organismos requerem o uso de técnicas, que permitam considerar simultaneamente a variação dos diversos caracteres quantitativos. Estas técnicas são extremamente úteis na ordenação dos dados morfométricos

Há dois tipos básicos de dados: não-métricos (qualitativos) e métricos (quantitativos). Dados não-métricos são atributos, características ou propriedades categóricas que identificam

ou descrevem um objeto, descrevendo diferenças em tipo ou espécie, indicando presença ou ausência de uma característica ou propriedade. Medidas de dados métricos são tomadas de modo que os indivíduos podem ser identificados como diferenciados em quantia ou grau (HAIR et al., 2005).

Com a disponibilidade de softwares estatísticos, estes têm contribuído para tornar as técnicas de análise estatística multivariada ainda mais acessíveis aos pesquisadores envolvidos em estudos de morfometria aplicados às várias áreas da biologia evolutiva e sistemática (MORAES, 2003),

Os objetivos gerais, para os quais a análise multivariada conduz são:

- Redução de dados ou simplificação estrutural: o fenômeno sob estudo é representado da maneira mais simples possível, sem sacrificar informações valiosas e tornando as interpretações;
- Ordenação e agrupamento: agrupamento de objetos (tratamentos) ou variáveis similares, baseados em dados amostrais ou experimentais;
- Investigação da dependência entre variáveis: estudos das relações estruturais entre variáveis muitas vezes é de interesse do pesquisador;
- Predição: relações entre variáveis devem ser determinadas para o propósito de predição de uma ou mais variáveis com base na observação de outras variáveis;
- Construção e teste de hipóteses.

As técnicas estatísticas constituem-se uma parte integrante da pesquisa científica e devido à crescente facilidade de acesso às técnicas computacionais, as técnicas multivariadas tradicionais já são amplamente usadas em estudos de ecologia, sistemática e evolução e



incluem métodos bem estabelecidos, como Análise de Agrupamento, Análise de Componentes Principais, Análises Discriminantes e Variáveis Canônicas.

### *2.2.1 Análise de Agrupamento*

Análise de Agrupamento é um conjunto de técnicas multivariadas com finalidade primária de agregar objetos com base nas características que eles possuem. É uma técnica para agrupar observações, indivíduos ou objetos em grupos, de modo que as observações de um mesmo grupo pareçam-se mais entre si do que com as observações de outros grupos. É uma técnica exploratória, descritiva, uma vez que não determina testes de significância. As variáveis envolvidas na análise podem ser métricas ou categóricas ou combinações delas (HAIR et al., 2005).

Os algoritmos de agrupamento podem ser do tipo hierárquico ou não hierárquico. O critério principal é o de maximizar as diferenças entre grupos com relação à variação dentro dos grupos. Os procedimentos hierárquicos resultam em uma árvore (dendrograma) hierárquica e podem ser aglomerativos ou divisórios. Nos métodos aglomerativos cada observação começa como seu próprio grupo e depois os dois elementos mais próximos são agrupados, sendo a seguir agregados com o grupo mais próximo e assim por diante, até a obtenção de um grupo único. Nos métodos divisórios, parte-se de um grupo único e separa-se as observações mais dissimilares, até que as observações sejam cada uma um grupo único. Existem diversos processos de ligação das observações para o aglomeramento, tais como: Método do vizinho mais próximo, Método do vizinho mais afastado, Método de Ward, Método do centróide (HAIR, 2005).

A técnica de agrupamento hierárquico interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma onde as amostras semelhantes, *segundo as variáveis escolhidas*, são agrupadas entre si. A suposição básica de sua interpretação é esta: quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras. Os dendrogramas são especialmente úteis na visualização de semelhanças entre amostras ou objetos representados por pontos em espaço com dimensão maior do que três, onde a representação de gráficos convencionais não é possível (Moita Neto & Moita, 1998).

### 2.2.2 *Análise de Componentes Principais*

Análise de Componentes Principais é uma técnica de transformação de variáveis. Esta análise faz parte da Análise Fatorial que é um nome genérico dado a uma classe de métodos estatísticos multivariados cujo propósito principal é definir a estrutura subjacente em uma matriz de dados, sendo uma técnica de interdependência na qual todas as variáveis são simultaneamente consideradas, cada uma relacionada com todas as outras (HAIR et al., 2005). A Análise Fatorial analisa a estrutura das correlações entre um grande número de variáveis, definindo um conjunto de dimensões, chamadas fatores. A análise de componentes principais consiste em reescrever as variáveis originais em novas variáveis denominadas componentes principais, através de uma transformação de coordenadas. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais.

Se cada variável medida pode ser considerada como um eixo de variabilidade, estando usualmente correlacionada com outras variáveis, esta análise transforma os dados de tal modo a descrever a mesma variabilidade total existente, com o mesmo número de eixos originais, porém não mais correlacionadas entre si. Graficamente pode ser descrita como a rotação dos pontos existentes num espaço multidimensional originando eixos, ou

componentes principais, que dispostos num espaço a duas dimensões representem variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado (REYMENT, R.A. & JÖRESKOG, K.G., 1996). Esta análise fornece uma visão clara de quais variáveis podem ficar juntas e quantas variáveis podem ser consideradas impactantes para o estudo.

Este método permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras pois, embora a informação estatística presente nas n-variáveis originais seja a mesma dos n-componentes principais, é comum obter em apenas 2 ou 3 das primeiras componentes principais mais que 90% desta informação. O gráfico da componente principal 1 *versus* a componente principal 2 fornece uma janela privilegiada (estatisticamente) para observação dos pontos no espaço n-dimensional. A análise de componentes principais também pode ser usada para julgar a importância das próprias variáveis originais escolhidas, ou seja, as variáveis originais com maior peso na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais importantes do ponto de vista estatístico (Moita Neto & Moita, 1998).

### *2.2.3 Análise de Correlação Canônica*

A análise de Correlação Canônica explora as relações entre múltiplas variáveis dependentes e independentes, podendo utilizar tanto dados métricos quanto não-métricos para as mesmas. Representa a única técnica disponível para examinar a relação com múltiplas variáveis dependentes (HAIR et al., 2005). Esta análise fornece uma descrição das diferenças entre grupos especificados a priori em um conjunto de dados multivariados. Estes grupos tanto podem representar os indivíduos de populações de uma mesma espécie ou de espécies diferentes. O que interessa é verificar a relação da magnitude de diferenças entre os grupos, relativa àquela dentro dos grupos (Monteiro e Reis, 1999). O objetivo é encontrar um ou mais

eixos sobre os quais se projetarão os grupos de tal modo que seja maximizada a soma de quadrados entre os grupos relativamente à soma de quadrados dentro os grupos (MONTEIRO e REIS, 1999).

Como nesta análise os grupos são definidos a priori, os autovalores e autovetores, dos quais são deduzidas as direções de maior variação nos dados originais que permitem a redução da dimensionalidade e a explicação da variação em termos de variáveis latentes, são obtidos a partir de duas matrizes.

Segundo Hair *et al.* (2005), uma vez determinado o conjunto de variáveis independentes e o outro de variáveis dependentes, a correlação canônica aborda uma vasta gama de objetivos:

- Determinar se dois conjuntos de variáveis são independentes um do outro ou determinar a magnitude das relações entre eles;
- Determinar um conjunto de pesos para cada conjuntos de variáveis de modo que as combinações lineares de cada um deles sejam maximamente correlacionadas.
- Explicar as relações existentes entre os conjuntos de variáveis dependentes e independentes, geralmente pela medida da contribuição relativa de cada variável às funções canônicas extraídas.

#### *2.2.4 Análise Discriminante*

Análise Discriminante é a técnica estatística apropriada quando a variável dependente é categórica (nominal ou não-métrica) e as variáveis dependentes são métricas. É aplicável em situações nas quais a amostra total pode ser dividida em grupos baseados em uma variável dependente não-métrica que caracteriza diversas classes conhecidas. Os objetivos primários

são entender diferenças de grupos e prever probabilidade de que um indivíduo pertença a uma classe ou grupo em particular com base em diversas variáveis independentes métricas (HAIR, 2005).

É uma técnica de Análise Multivariada freqüentemente utilizada com o objetivo de diferenciar populações e/ ou classificar objetos em populações pré-definidas quando a variável dependente é categórica (nominal ou não-métrica) e as variáveis independentes são métricas. Uma das diferenças entre análise discriminante e análise de agrupamento é que nesta, deseja-se formar  $k$  grupos homogêneos na amostra, sem o conhecimento a priori da alocação dos objetos nos grupos.

Na Análise Discriminante, conhece-se a priori a quais populações pertencem os objetos da amostra. Para a aplicação de uma análise de agrupamentos é necessário ter uma amostra para a qual foram observadas  $p$  variáveis aleatórias. Para a Análise Discriminante, uma amostra de cada uma de  $g$  populações é coletada e além das  $p$  variáveis observadas para cada objeto das amostras é preciso saber de que população cada amostra provém.

Segundo Hair (2005) os principais objetivos da Análise Discriminante são:

- discriminação: encontram-se funções das variáveis observadas que possam explicar as diferenças entre as  $g$  populações;
- classificação ou alocação: determinam-se funções das variáveis observadas que permitam classificar novos objetos em uma das populações.

### 2.3 Aplicações das técnicas multivariadas em morfometria.

Diferenças morfológicas têm sido frequentemente verificadas na diferenciação de espécies (REIS et al., 1987; BARROS e ROSA, 1998; GARAVELLO, REIS e STRAUSS, 1991; BEMVENUTI, 2000; RIGA et al., 2001; KASAM, SATO e YAMAOKA, 2002; SHIBATTA e HOFFMANN, 2005; SHIBATTA e ARTONI, 2005). Vários trabalhos utilizaram análises morfométricas associadas com análise multivariada para identificar táxons, dimorfismo entre indivíduos, entre outros (FORTUNER & MAGGENTI, 1991; MAPATUNA-YASANTHA, 2002; PERUQUETTI, 2002). Creech S. (1992) usou análise multivariada para diferenciar *Atherina boyeri* e *A. presbyter* como duas espécies distintas, Karakousis *et al.* (1993) estudaram diferenças morfológicas entre populações de *Barbus peloponnesius*, *B. Meridionalis meridionalis* e *B. meridionalis peteny* usando análise multivariada morfométrica para identificar se os grupos eram populações ou espécies distintas, Cavalcanti *et al.* (1997), utilizando 21 caracteres morfométricos externos, identificaram corretamente espécimes de *Rhinoptera bonasus* (Mitchill, 1815) e *Rhinoptera brasiliensis* (Müller & Henle, 1841) pela análise de funções discriminantes, podendo ser separadas com uma acurácia média de 80%, com base apenas em seis caracteres morfométricos.

Além de identificação de táxons as técnicas utilizando morfometria e análise multivariada foram empregadas com as mais diversas finalidades, Currens et al. (1989) usaram caracteres morfométricos para comparar forma do corpo de salmões submetidos a diferentes regimes alimentares, Cavalcanti *et al.* (1999) usou análise multivariada e morfometria geométrica para estudar seis espécies de serranídeos, Silva (2000) utilizou análise estatística multivariada para comparar morfometricamente *Thunnus albacares* coletados em três áreas oceânicas do Atlântico Sul, sugerindo que as capturas da Venezuela,

Nordeste do Brasil e Golfo da Guiné pertencem a diferentes unidades de estoques, Piorski e Nunes (2000) utilizaram morfometria geométrica para identificar o dimorfismo sexual e a tendência alométrica da raia *Urotrygon microphthalmum* (DELSMAN, 1941), Berojikian et al (2000) e Hard *et al.* (2000) estudaram a variação morfométrica entre o salmão (*Oucorhynchus kisutch*) selvagem e o criado em cativeiro usando métodos geométricos baseados na análise dos marcos anatômicos e análise multivariada, Loy *et al.* (2000) usou morfometria geométrica combinada com análises das características da anatomia interna para correlacionar a forma do corpo com as características anatômicas internas de *Dicentrarchus labrax* e Silva (2003) usou combinação de análise multivariada e morfometria geométrica para estudar populações adjacentes e distantes do estoque de sardinha na região dos Açores e Mediterrâneo.

No Brasil, a morfologia da raia *Dasyatis guttata* na Enseada de Mucuripe, Fortaleza, Ceará foi analisada por Furtado-Neto *et al.* (2002). Domingues (2005) descreve diferenças morfológicas em diferentes populações da espécie *Astyanax altiparanae* do Alto Rio Tibagi e Alto Rio Iguaçu, Duarte Neto (2005) para reavaliar a estrutura do estoque de *Coryphaena hippurus* na costa do Brasil, analisou as diferenças fenotípicas do otólito inteiro, técnicas multivariadas de classificação e discriminação, encontrando uma base fenotípica para a separação de estoques ao longo da costa do Brasil, o que parece confirmar a hipótese de 2 circuitos migratórios de *C. hippurus* propostos por Lessa (2003). Monteiro et al. (2004) analisaram alometria e variação interespecífica na forma do otólito sagitta de cinco espécies de scianídeos que ocorrem simpatricamente no estado do Rio de Janeiro usando combinação de análise multivariada e morfometria geométrica e Lima Filho *et al.* (2006) ao analisar os padrões de diferenciação morfológicos entre as espécies do gênero *Selene*, obteve êxito ao utilizar técnicas de análise multivariada e análise de deformações relativas, por sua vez,

Maciel (2006) utilizou essas técnicas para avaliar as variações da forma no peixe voador *Hirundichthys affinis* (Günther, 1866) ao longo do desenvolvimento ontogenético na costa do Rio Grande do Norte. Lima (2007) estudou as variações na forma das espécies *Rhinobatos percellens* e *R. lentiginosus* de Caiçara do Norte (RN), através de técnicas de morfometria geométrica, e análise multivariada.

Menezes (1966) realizou estudos sobre a morfometria de embriões de tubarões da costa do Ceará. Nesta época aparecem os primeiros de uma longa série de estudos feitos por Sadowsky (1965; 1967a, 1967b, 1970a, 1970b, 1971a, 1971b e 1971c) sobre fauna, biologia, taxonomia e morfologia dos tubarões no litoral sul de São Paulo.

Os padrões de discriminação morfológica entre *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) foram estudados através de técnicas de Análise Estatística Multivariada por Cavalcanti et al. (1996), com o objetivo de determinar se as duas espécies podem ser discriminadas com base em 44 caracteres morfométricos externos.

## **2.4 Gênero *Rhizoprionodon***

*Rhizoprionodon porosus* é uma espécie de pequeno porte ocorrendo sobre a plataforma continental desde o Caribe até o Uruguai (COMPAGNO, 1984), sendo muito comum na costa brasileira (LESSA, 1986; FERREIRA, 1988; MATTOS *et al.*, 2001). É uma espécie placentária que gera de um a seis filhotes por parto. Alimenta-se de pequenos peixes ósseos, camarões e lulas. O tamanho máximo é de 110 cm; machos são maduros com 60 cm e fêmeas com 80 cm; os embriões nascem com cerca de 31-39 cm (COMPAGNO et al, 2005). Caracteriza-se por possuir corpo esbelto; focinho afilado; distância pré-nasal de 4,4 a 5,1% do comprimento total; sulco labial superior de 1,4 a 2,1% do comprimento total; comprimento da



primeira nadadeira dorsal maior que a margem anterior das nadadeiras peitorais em adultos; nadadeiras peitorais, quando comprimidas junto ao corpo, têm o seu ápice alcançando o primeiro terço anterior da base da primeira nadadeira dorsal, caráter mais evidente nos adultos; 24 a 25 dentes superiores, com cúspides oblíquas, destacadas da base e sem serrilhas ou margens irregulares, mesmo quando adultos, e forte chanfradura na borda comissural; machos adultos com cúspides mais longas que fêmeas adultas e que exemplares imaturos; dorso escuro, com tons metálicos esverdeados, bronzeados ou cobre; margem das nadadeiras dorsais e da nadadeira caudal um pouco mais escura, caráter mais evidente em neonatos e jovens; margem posterior e ápice das nadadeiras peitorais mais claros; ventre claro (GADIG, 2001).

*R. terraenovae* é muito semelhante a *R. porosus* na morfologia externa, padrão de coloração e tamanho máximo. É a espécie de tubarão costeiro numericamente mais importante capturada no Golfo do México e Atlântico Norte Ocidental (Cody & Avent, 1980); (Grace & Henwood, 1997); (Castillogéniz et al. 1998); os machos estão maduros com 65-80 cm e fêmeas com 85 -90 cm; os embriões nascem com cerca de 29 - 37 cm. (COMPAGNO *et al*, 2005). Segundo dados do SEDAR (2007) ciclo reprodutivo é anual com média de 4 filhotes por parto que ocorre no período de junho.

A nível mundial, vários estudos sobre a biologia das espécies do gênero foram realizados. Diversos aspectos da biologia e dinâmica populacional de *R. terraenovae* foram estudados por Parsons (1983, 1985, 2005), Branstetter (1987), Castro e Wourms (1993), Pratt (1993), Márques-Farias e Catillo-Géniz (1998), Gelsleichter *et al.* (1999), Carlson & Baremore (2003) e Loefer & Sedberry (2003). *R. taylori* foi estudado por Simfendorfer (1992, 1993). Aspectos sobre a pesca além da biologia e dinâmica de *R. acutus* foram estudados por

Kasim (1991). Sadowisky (1967), Lima et al (2000), Silva e Almeida (2001) estudaram aspectos da biologia de *R. porosus*.

Informações a respeito da dinâmica populacional de *Rhizoprionodon* estão disponíveis somente para algumas espécies. Parsons (1985) e Branstetter (1987) estudaram a idade e o crescimento de *R. terraenovae* no norte e oeste do Golfo do México respectivamente. Análises demográficas realizadas com *R. terraenovae* no Golfo do México (CORTÉS, 1995; MARQUES-FARIAS & CASTILLO-GENIZ, 1998) demonstraram que a espécie é muito vulnerável aos níveis atuais de exploração, principalmente exercidos sobre os indivíduos imaturos da população. Em Madras na Índia, Krishnamoorthi & Jagadis (1986) estimaram os parâmetros de crescimento e as taxas de mortalidade de *R. acutus*. Kasim (1991) conduziu estudos com esta mesma espécie. Simpfendorfer (1993) estudou a idade e o crescimento de *R. taylori* em Queensland, Austrália. A análise demográfica e as estimativas da mortalidade de *R. taylori* (SIMPENDORFER, 1999), revelaram que a espécie por ter um crescimento rápido, maturação precoce e baixa longevidade, é capaz de suportar níveis mais elevados de exploração quando comparada com a maioria dos elasmobrânquios. Dinâmica populacional de *R. porosus* e *R. lalandii* foi estudada por Mattos (1998) e Amado-Gama (1992).

Aspectos da reprodução de *R. porosus* já foram abordados em alguns pontos da costa norte-nordeste do Brasil: Queiróz & Amado-Gama (1991) na Bahia, Gadig (1994) no Amapá, HAZIN et al (1997) no talude continental nordestino, Mattos (1998) em Pernambuco, Lessa & El-Dier (1997), Motta et al. (1999) e Machado et al (2000) no Maranhão. Montealegre-Quijano (2002) afirmou que *R. porosus* matura com 1,7 anos, uma maturação relativamente rápida quando comparada a outros tubarões (CORTÉS, 2000). Castro & Wourms (1993) estudando alguns aspectos da reprodução de *R. terraenovae* na costa sudeste dos Estados

Unidos. As informações relacionadas à ontogenia e organização celular do cordão umbilical, placenta e outras estruturas presentes durante a vida intrauterina dos tubarões do gênero *Rhizoprionodon*, foram produzidas em pesquisas realizadas com *R. terraenovae* (e. g., HAMLLET et al. 1987, 1993a, 1993b e HAMLLET, 1993). Branstetter (1981) afirma que em *R. terraenovae* apenas o ovário esquerdo é funcional, o contrário do que se tem observado em outros carcarinídeos. No Golfo do México, PARSONS (1983) constatou que o crescimento embrionário de *R. terraenovae* é rápido durante o verão e outono, mas declina durante o inverno e a primavera. Verificou-se também que as fêmeas maiores produzem um maior número de filhotes e que existe uma relação inversa entre o número de embriões por útero e o tamanho dos embriões. Estudos realizados com outras espécies do gênero demonstraram haver relação significativa entre o aumento da fecundidade e o aumento do comprimento total das fêmeas, *R. terraenovae* (PARSONS, 1983; CASTILLO-GÉNIZ et al. 1998), *R. taylori* (STEVENS & MCLOUGHLIN, 1991; SIMPFENDORFER, 1992), *R. acutus* (STEVENS & MCLOUGHLIN, 1991) e *R. porosus* (FERREIRA, 1988; MATTOS, 1998).

Entre as espécies que ocorrem no Brasil foram feitos estudos sobre aspectos morfológicos por Barcellos (1963), Gomes e Reis (1991), Reis e Gomes (1991), Gomes e Fischer (1993), Cunha e Gomes (1994), Gomes e Siqueira (1995), Cavalcanti *et al* (1996) e Lima *et al.* (1997), reprodutivos (Ferreira, 1988; Lessa, 1988; Mattos *et al.*, 2001; Motta *et al.*, 2002), idade e crescimento (Pinto *et al.* 2000; Silva, 2001), hábitos alimentares foram estudados por Mattos e Queiroz (1988), Gama (1992), Lima *et al.*, 2000), Silva e Almeida (2001) e Namora *et al.* (2002).

Espécies do gênero *Rhizoprionodon* tiveram sua alimentação estudada: *R. lalandii* (NAMORA, 2003), *R. porosus* na costa oriental da Venezuela (FERMIN & BASHIRULAH,

1984), *R. acutus* e *R. taylori* na costa norte da Austrália (STEVENS & MCLOUGHLIN, 1991), *R. acutus* em estuários e águas adjacentes do Golfo da Carpentaria, Austrália (SALINI et al., 1992), *R. porosus* no litoral de Pernambuco (MATTOS, 1998), *R. taylori* na costa norte de Queensland, Austrália (SIMPENDORFER, 1998) e *R. terraenovae* costa central atlântica dos Estados Unidos (GELSLEICHTER et al., 1999). *R. longurio* na costa do Pacífico (CORTÉS, 1999) e *R. oligolinx* ocorre no Indo- Pacífico, da Índia ao Japão e Austrália (LAST & STEVENS, 1994).

Devido a sua ampla distribuição e hábitos associados à região litorânea, as espécies de *Rhizoprionodon* freqüentemente são alvos de pescarias costeiras realizadas em várias partes do mundo. Apesar disso, são poucos os trabalhos que dimensionaram a importância de algumas dessas espécies em capturas regionais (SADOWSKI, 1967; CODY & AVENT, 1980; LESSA, 1986a; KASIN, 1991; GRACE & HENWOOD, 1997; CASTILLO-GÉNIZ et al. 1998 e ARTHAUD & GADIG, 1999).

Estudos sobre anatomia e morfologia das espécies do gênero *Rhizoprionodon* encontradas em águas brasileiras foram realizados por Gomes & Reis (1991); Reis & Gomes (1991); Gomes & Fisher (1993); Cunha & Gomes (1994); Gomes & Siqueira (1995); Cavalcanti et al (1996); Lima et al. (1997); Kikuchi & Souza (1999); Moura & Souza (1999); Pantano & Souza (1999) e Souza et al. (1999a, 1999b).

Entre as espécies que ocorrem no Brasil foram feitos estudos sobre aspectos morfológicos por Barcellos (1963); Gomes & Reis (1991); Reis & Gomes (1991); Gomes & Fischer (1993); Cunha & Gomes (1994); Gomes & Siqueira (1995) e Lima *et al.* (1997).

Heist et al. (1996) analisou o DNA mitocondrial de exemplares de *R. terraenovae* capturados na costa sudeste atlântica dos Estados Unidos e também no Golfo do México. Mendonça (2007) estudou a estrutura populacional do gênero *Rhizoprionodon* na costa brasileira usando marcadores moleculares de DNA mitocondrial. Tood *et al.* (2004) usou polimorfismo conformacional para detectar haplóides originais e detectar a variação entre *R. porosus* e *R. terraenovae*.

**ARTIGO A SER SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO**

*Environmental Biology of Fishes*

## **Morfometria de duas espécies do gênero *Rhizoprionodon* para determinação do *status* específico.**

Ana Cecília Mamede Garcia, Paulo José Duarte-Neto e Rosangela Paula Teixeira Lessa

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aqüicultura, R. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, CEP 52171-900. Fone: 81-3320-6504. Fax: 81-3320-6502. (e-mail: anaceciliamg@gmail.com)

*Palavras-chave:* Análise Multivariada, *Rhizoprionodon porosus*, *Rhizoprionodon terraenovae*, discriminação morfológica.

### **Resumo**

O *status* atual de *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae* quanto a constituírem espécies distintas ainda não é bem definido. A identificação das espécies que compõe um recurso pesqueiro é imperativa não somente pela importância ecológica, mas também do ponto de vista da gestão do recurso. A análise multivariada de um conjunto de caracteres fenotípicos é um dos métodos apropriados para esclarecer relações morfológicas de diferentes populações de diferentes espécies. Os padrões de discriminação morfológica entre *Rhizoprionodon porosus* e *Rhizoprionodon terraenovae* foram estudados utilizando-se técnicas de análise estatística multivariada, com o objetivo de avaliar o *status* das espécies e determinar se os caracteres morfométricos podem ser usados na discriminação. Com base em uma amostra de 79 indivíduos coletados em 3 regiões (Pernambuco e Rio Grande do Norte, Brasil e Flórida, EUA) e 67 parátipos de ambas as espécies depositados nos Museus MN/UFRJ, MZUSP, MOVI, MNHN e FMNH, análises multivariadas foram realizada com base em 64 medidas morfométricas. Os resultados indicaram diferenças significativas entre exemplares de *R. porosus* e *R. terraenovae*. Grupos distintos de ambas espécies foram formados tanto na análise de agrupamento quanto na análise discriminante, exemplares com classificação divergente da análise são em maioria provenientes da América Central. Os resultados indicam que *R. terraenovae* e *R. porosus* podem ser consideradas espécies distintas, simpátricas apresentando miscigenação na área da América Central.

*Key words:* Multivariate analyse, *Rhizoprionodon porosus*, *Rhizoprionodon teraaenovae*, morphologic discrimination

## **Synopsis**

The *status* of the two distinct the species *Rhizoprionodon porosus* and *Rhizoprionodon terraenovae* is not yet ascertained. The identification at the species level of fishery resources is imperative not only for their own ecologic value, but also under the point of view of their management. Multivariate analyses of a set of phenotypic characters can be considered as an appropriate method to elucidate morphologic relations between different species or populations. The morphologic discrimination standards between *Rhizoprionodon porosus* and *Rhizoprionodon terraenovae* has been studied through techniques of multivariate analysis with the aim to evaluate the *status* of the species and to determine which morphometric characters can be used in the discrimination. On basis of 79 individuals collected in 3 localities (Pernamuco e Rio Grande do Norte, Brasil e Flórida, EUA) and 67 paratypes of both species deposited in the Museums MN/UFRJ, MZUSP, MOVI, MNHN and FMNH, Multivariate analyses have been carried out on the basis of 64 morphometric measurements. The results indicate differences between *Rhizoprionodon porosus* and *Rhizoprionodon terraenovae*. Distinct groups of both species formed clusters and were analyzed by discriminant analyzes. Units with divergent classification correspond to the region of Central America. Overall, differences suggested that they are two distinct simpatricas species highly miscegenated in the area of Central America.

.

## **Introdução**

O gênero *Rhizoprionodon* Whitley, 1929 compreende sete espécies de tubarões de pequeno e médio porte que habitam águas costeiras de mares tropicais e subtropicais. *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861), distribui-se na costa oriental do continente americano, desde o Caribe até o Uruguai sendo especialmente comum no norte e nordeste do Brasil. (Mattos et al, 2001; Silva, 2000). A espécie *R. terraenovae* (Richardson, 1836) que ocorre no Atlântico norte ocidental, do sul dos EUA ao Golfo do México, é muito semelhante a *R.*



*porosus* na morfologia externa, padrão de coloração e tamanho máximo. Nas chaves para identificação disponíveis não são apresentadas características consistentes para a separação destas duas espécies. A diferenciação é feita basicamente pela contagem de vértebras pré-caudais (de 58 a 66 em *R. terraenovae* e de 66 a 75 em *R. porosus*) (Springer, 1964; Compagno, 1984). É muito provável que a maior parte das identificações sejam feitas unicamente com base no critério geográfico.

No contexto da exploração pesqueira é freqüente que populações de espécies com características muito próximas, incluindo a biologia e a forma, sejam exploradas em conjunto, e ocupem a mesma área geográfica durante a maior parte de seus ciclos vitais (Pereira da Silva, 2002). Embora apresentem grandes semelhanças, cada uma apresenta tolerâncias distintas aos fatores do meio ambiente, com propriedades essenciais comuns entre os membros de cada táxon. Para evidenciar diferenças entre os táxons (espécies, populações) é necessário primeiramente determinar o seu *status* específico. A falta de distinção entre os táxons leva à avaliações errôneas de biomassa exploráveis, gerando risco de sobre-exploração (Camhi et al, 1998).

A identificação das espécies que compõe um recurso pesqueiro é imperativo não somente pela importância científica que por si só representa, mas também do ponto de vista da gestão do recurso, já que espécies possuem características biológicas diferentes como, fecundidade, taxa de crescimento, tamanho de maturidade e outras características populacionais importantes (Lessa, 1986). Resultados errôneos podem ser produzidos, se considerarmos diversas populações isoladas ou uma espécie distintas como uma única população (Cadrin & Friedland, 1999), em conseqüência, um nível inerente da incerteza a respeito da estrutura do estoque real que está sendo modelada acaba prevalecendo nos modelos da avaliação.

Begg et al. (1999) sugerem uma aproximação holística para a identificação do estoque porque o efeito integrativo desta abordagem maximiza a probabilidade de definir corretamente o estoque. Cobrir toda a informação disponível de uma escala das técnicas permitiria padrões consistentes e definitivos da estrutura do estoque a ser desenvolvida, relativamente às necessidades do manejo da pesca.

A morfometria tem se mostrado uma técnica cada vez mais usada e útil para uma variedade de questões biológicas tais como discriminação de espécies ou de unidades biológicas, caracterização de populações, identificação de unidades de estoque. Variações morfométricas podem ser usadas para discriminar “estoques fenotípicos”, definido como grupos com taxas similares de crescimento, mortalidade e reprodução (Cadrin, 2000).

As técnicas de Análise Multivariada têm um grande potencial na investigação dos padrões de diferenciação morfológica e crescimento dos peixes. Também pode ser analisada a discriminação entre grupos intra-específicos ou populações geográficas, obtidas em conjunto analisado (Shibatta & Garavello, 1993; Campello & Bemvenuti, 2002). A morfometria multivariada foi escolhida como a técnica no presente estudo por representar uma ferramenta apropriada para avaliar relações distintas e fenotípicas entre táxons, variações geográficas e afinidades intraespecíficas (Thorpe, 1987).

Métodos numéricos têm sido empregados para discriminação de espécies de elasmobrânquios (Bass et al., 1973; Naylor, 1992, Naylor & Marcus, 1994; Cavalcanti et al., 1996). Diferenças morfológicas têm sido frequentemente verificadas na diferenciação de espécies (Reis et al., 1987; Barros & Rosa, 1998; Garavello et al., 1991; Bemvenuti, 2000; Riga et al., 2001; Kasam, Sato & Yamaoka, 2002; Shibatta & Hoffmann, 2005; Shibatta & Artoni, 2005).

Objetivou-se com o presente trabalho verificar se existem diferenças morfológicas entre *R. porosus* e *R. terraenovae* que justifiquem o presente *status* específico e determinar

quais caracteres possam ser usados na discriminação aplicando predominantemente técnicas de análise multivariada.

## Material e Métodos

Análises morfológicas foram conduzidas em 146 indivíduos, 108 *Rhizoprionodon porosus* e 38 *R. terraenovae*. Os exemplares de *R. porosus* provieram de coletas realizadas no Brasil (litoral dos estados de Pernambuco e do Rio Grande do Norte) e de espécimes depositados no Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN/UFRJ), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí (MOVI), Museu de História Natural de Paris (MNHN) e no Museu de História Natural da Flórida (FMNH). Os dados dos espécimes de *R. terraenovae* foram provenientes do Museu de História Natural da Flórida (FMNH) e um exemplar coletado no Golfo do México, Flórida, Estados Unidos (Tabela 1).

As áreas de distribuição compreendem desde a costa dos Estados Unidos (Atlântico Norte), até Santa Catarina, Brasil (Tabela 2).

Tabela 1 – Lista da quantidade de exemplares de *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae* por área de coleta e provenientes de parátipos de museus.

<i>Rhizoprionodon porosus</i>	
Origem	n
Pernambuco - BR (coleta)	53
Rio Grande do Norte – BR (coleta)	25
MN/UFRJ (parátipo)	3
MZUSP (parátipo)	8
MOVI (parátipo)	7
MNHN (parátipo)	2
FMNH (parátipo)	10
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	
Origem	n
FMNH (parátipo)	37
Golfo do México – Flórida –EUA (coleta)	1

Tabela 2 – Origem geográfica dos espécimes coletados e parátipos analisados de *R. porosus* e *R. terraenovae* e quantidade de indivíduos por região.

Espécie	Localização geográfica	Total
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	Santa Catarina (Brasil)	1
	São Paulo (Brasil)	4
	Rio de Janeiro (Brasil)	5
	Espirito Santo (Brasil)	1
	Bahia (Brasil)	9
	Pernambuco (Brasil)	53
	Rio Grande do Norte (Brasil)	25
	Martinica, Caribe	1
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	Honduras, Caribe	1
	Belize, Caribe	1
	Trinidade e Tobago, Caribe	2
	México, Caribe	3
	Colômbia, Caribe	1
	Desconhecida	1
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	Bahamas, Caribe	2
	Carolina do Norte (EUA)	2
	Flórida, Oceano Atlântico (EUA)	16
	Flórida, Golfo do México (EUA)	17
	Desconhecida	1
		146

Para cada exemplar foram registrados 64 caracteres morfométricos modificados de Compagno (1984) (Figuras 1a-h). Foi registrado o comprimento total com a nadadeira caudal totalmente esticada, o que minimiza os erros com relação a nadadeira caudal na “posição natural” (Garrick, 1982). Harris (1975) sugere que se o número de indivíduos menos o número de variáveis usado é maior que 30, então a amostra pode ser considerada grande suficiente para análise. No presente trabalho esse critério forneceu o valor 82, o que indica que o número de exemplares utilizados é adequado para o propósito.

Todas as variáveis morfométricas foram analisadas quanto a normalidade e homogeneidade de variâncias utilizado o Teste Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ) e devidamente transformadas, usando logaritmo neperiano, casos estes critérios não fossem atendidos. Só foram analisados exemplares com todas as variáveis mensuradas.

- 1 - comprimento total
- 2 - comprimento furcal
- 3 - comprimento pré-caudal

- Comprimento do fucinho à:
- 4 - narina
  - 5 - boca
  - 6 - olho
  - 7 - 1a fenda branquial
  - 8 - 5a fenda branquial
  - 9 - origem da 1a dorsal
  - 10 - origem da 2a dorsal

- comprimento do fucinho à:
- 11 - origem da nadadeira peitoral
  - 12 - origem da nadadeira pélvica
  - 13 - origem da nadadeira anal

- Distância entre as nadadeiras:
- 14 - 1a dorsal - 2a dorsal
  - 15 - 2a dorsal - caudal
  - 16 - peitoral - pélvica
  - 17 - pélvica - anal
  - 18 - anal - caudal

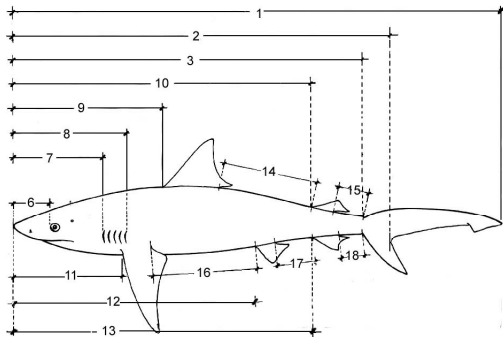


Fig. 1a - Principais medidas longitudinais

- 19 - diâmetro horizontal do olho
- 20 - distância entre a 1a e 5a fenda branquial
- 21 - comprimento da 1a fenda branquial
- 22 - comprimento da 5a fenda branquial

- Nadadeira peitoral:
- 23 - comprimento da base
  - 24 - comprimento da margem anterior
  - 25 - comprimento da margem posterior
  - 26 - comprimento da margem interna
  - 27 - altura

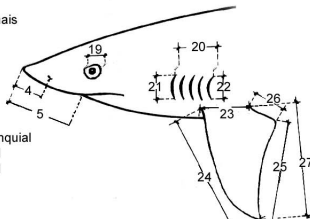


Fig. 1b - Medidas da cabeça e da nadadeira peitoral

- Largura
- 56 - tronco (fim da base da nad. peitoral)
  - 57 - rabo (entre pélicas)

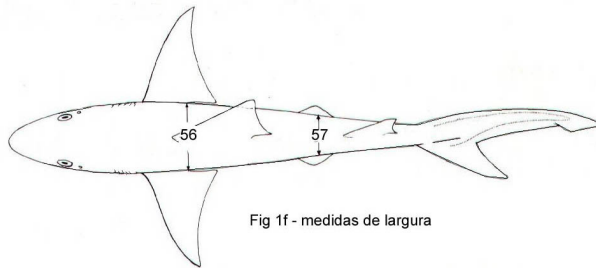


Fig 1f - medidas de largura

- 1a nadadeira dorsal:
- 28 - base
  - 29 - margem anterior
  - 30 - margem posterior
  - 31 - margem interna
  - 32 - altura

- 2a nadadeira dorsal:
- 33 - base
  - 34 - margem anterior
  - 35 - margem posterior
  - 36 - margem interna
  - 37 - altura

- Nadadeira pélvica:
- 38 - base
  - 39 - margem anterior
  - 40 - margem posterior
  - 41 - margem interna
  - 42 - altura

- Nadadeira anal:
- 43 - base
  - 44 - margem anterior
  - 45 - margem posterior
  - 46 - margem interna
  - 47 - altura

- Nadadeira Caudal
- 48 - margem dorsal superior
  - 49 - margem dorsal inferior (entre lobos)
  - lobo anterior
  - 50 - margem anterior
  - 51 - margem posterior
  - lobo posterior
  - 52 - margem anterior
  - 53 - margem posterior

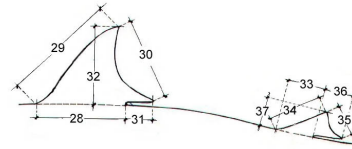


Fig 1c - Medidas das nadadeiras dorsais, pélvica e anal.

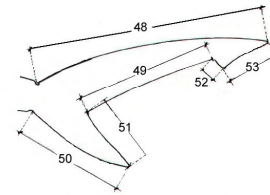


Fig 1d - Medidas da nadadeira caudal.

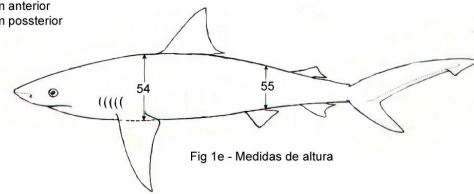
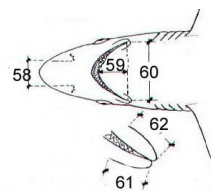


Fig 1e - Medidas de altura

- Altura
- 54 - tronco (fim da base da nad. peitoral ao dorso)
  - 55 - rabo (fim da base da pélvica ao dorso)



- 58 - espaço internasal
- boca
- 59 - comprimento
- 60 - largura
- comprimento da fenda labial
- 61 - superior
- 62 - inferior

Fig 1g - Medidas da boca e espaço internasal

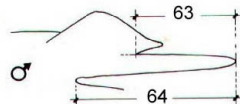


Fig 1h - Medidas do clasper

- Cláspes
- 63 - comprimento a partir da pélvica
  - 64 - comprimento a partir da cloaca

Figura 1a-h – Sequência das 64 medidas morfométricas mensuradas nos exemplares analisados de *R. porosus* e *R. terraenovae* (modificadas de Compagno, 1984).

Só foram considerados para a análise caracteres morfométricos com relação linear com comprimento total cujo  $r^2$  se apresentava acima de 0,70.

Para possibilitar a identificação entre as possíveis diferenças morfológicas entre os grupos, foram aferidas as proporções de todas as medidas do corpo para os grupos separadamente, calculadas a média, desvio padrão.

A amostra é composta de indivíduos neonatos, jovens e adultos e para remover a influência do tamanho e o efeito da alometria no tamanho do corpo entre os espécimes, todos os dados morfométricos foram padronizados de acordo com a fórmula de Lleonart (2000):

$$Y_i^* = Y_i [X_o / X_i]^b$$

Onde :  $Y_i$  = Variável para cada indivíduo,  $X_o$  = CT médio de todos exemplares,  $X_i$  = CT para cada indivíduo. O expoente  $b$  foi calculado através das curvas de regressão potencial de cada variável com comprimento total dos indivíduos.

A diferenciação dos caracteres morfométricos na interação entre espécies e entre sexo foi avaliada utilizando análise de variância multivariada (MANOVA). Posteriormente, foi aplicada análise de variância univariada (ANOVA) para examinar individualmente as variáveis morfométricas e explicar qualquer diferença detectada pela MANOVA tanto na matriz de dados transformados quanto na matriz das proporções.

Para reunir os espécimes em grupos semelhantes sem definição a priori, e detectar possíveis diferenças no padrão de agrupamento, diversos métodos da análise de agrupamento foram testados. Como apresentaram similaridade no padrão de agrupamento, a análise foi realizada através do critério de Ward, considerado o método mais robusto, que faz uso da Análise de Variância e tende a produzir grupos com o mesmo número de elementos, utilizando distância Euclidiana como indicador de similaridade.

Análise de Componentes Principais foi aplicada a fim de se reduzir a dimensionalidade dos dados, buscando um número mínimo de fatores necessários para explicar a parte máxima da variância representada no conjunto original de variáveis, permitindo a caracterização da variabilidade entre os grupos. Foram utilizados, como variáveis na análise multivariada entre os grupos, os escores do conjunto de componentes principais que apresentaram o máximo de informações em termos de variância total contidas nos dados iniciais.

A análise discriminante canônica foi realizada posteriormente a fim de detectar diferenças morfométricas entre os espécimes. Variáveis canônicas significantes ( $p < 0,05$ ) representaram as combinações ótimas de regiões e variáveis morfométricas que produziram a melhor discriminação geral entre os grupos. Coeficientes padronizados de cada variável significativa representaram a contribuição de cada variável morfométrica para a discriminação da amostra entre *R. porosus* e *R. terraenovae*. Caracteres com maiores valores absolutos dos coeficientes padronizados são os que têm maior contribuição para a separação dos grupos.

Na Análise Discriminante foi definida a função discriminante de Fisher, a Distância de Mahalanobis (D2) entre os grupos (definidos como na Análise de Correlação Canônica) e a partir dela, os espécimes foram classificados. Esta classificação segue a regra de que quanto maior a Distância de Mahalanobis entre os dois grupos, maior a possibilidade de classificar um novo indivíduo num dos grupos, com a máxima probabilidade de acerto.

O teste  $T^2$  de Hotelling foi usado para testar a igualdade dos vetores médios dos grupos, sendo considerado apropriado para comparar duas populações representadas por amostras independentes.

Para avaliar se a diferenciação entre os grupos ocorreu em função da área de distribuição, a amostra foi classificada pela origem geográfica dos exemplares (América do Norte, América Central, Norte e Nordeste do Brasil e Sudeste e Sul o Brasil) e todas análises

multivariadas descritas acima, considerando definição a priori desses grupos geográficos e desconsiderando classificação por espécie, foram realizadas.

## **Resultados**

A medida da fenda labial inferior foi excluída por apresentar relação linear com comprimento total cujo  $r^2$  abaixo de 0,70. A ausência da mensuração das larguras do tronco e do rabo em um grande número de indivíduos também resultou na exclusão das mesmas.

Não houve diferença significativa (MANOVA,  $p > 0,05$ ) entre os caracteres morfométricos entre machos e fêmeas, sendo todas as análises posteriores realizadas com sexos agrupados, o que resultou na desconsideração das medidas referentes ao cláster (medidas 63 e 64). De acordo com a MANOVA houve diferença significativa entre os caracteres morfométricos por espécie (teste-Wilks = 0,183249,  $F_{0,05} = 7,531$ ,  $df = 58$ ,  $p < 0,01$ ). Através da ANOVA ( $p < 0,05$ ) aplicada na matriz de dados transformados, e na matriz e proporções, diferenças foram detectadas em mais da metade de todas as variáveis mensuradas; nas principais medidas longitudinais (comprimento pré-caudal, comprimento do focinho até a boca, até olho, até nadadeira pélvica e até nadadeira anal, distância entre as nadadeiras dorsais e entre as nadadeiras peitoral e pélvica), no tamanho de todas as nadadeiras, na altura do corpo (tronco e rabo), espaço internasal e comprimento da boca.

Através da análise discriminante aplicada às proporções, 11 medidas morfométricas foram mais significantes e consideradas capazes de explicar a diferença entre os grupos (Tabela 3).



Tabela 3 – Estatísticas descritivas (médias, desvios-padrões, valores mínimos e máximos) das proporções significativamente distintas ( $F(34,117) = 15,145$   $p < 0,0000$ ) entre de *R. porosus* e *R. terraenovae*.

Características	<i>R. porosus</i> (n = 114)				<i>R. terraenovae</i> (n = 28)				p (nível)
	Média (%)	Desvio padrão	Mín.	Máx.	Média (%)	Desvio padrão	Mín.	Máx.	
Medida 52	2,73	0,40	1,78	4,35	3,03	0,34	2,16	3,71	<0,000001
Medida 43	4,33	0,40	3,33	5,35	4,81	0,40	3,94	5,85	0,000336
Medida 06	7,75	0,65	6,18	9,86	7,02	0,59	5,07	8,57	0,000377
Medida 60	7,15	0,62	6,09	10,81	7,33	0,51	6,01	8,57	0,003612
Medida 54	11,24	1,29	7,23	13,57	10,83	1,21	7,40	13,24	0,003936
Medida 50	10,19	0,59	8,65	11,85	10,69	0,59	9,27	11,81	0,006182
Medida 42	3,51	0,55	1,74	5,07	3,83	0,38	2,89	4,73	0,012160
Medida 27	10,71	1,06	7,63	13,89	12,58	1,02	11,03	14,40	0,013184
Medida 23	4,62	0,41	3,85	5,81	5,09	0,41	4,21	5,88	0,024672
Medida 18	8,45	0,56	7,18	9,99	8,48	0,55	7,01	9,50	0,026393
Medida 51	4,79	0,75	2,56	8,67	4,84	0,58	3,88	6,34	0,033630

A análise de regressão dos caracteres morfométricas com o comprimento mostrou que exemplares do MOVI se posicionaram mais distante da linha de tendência, apresentando maiores proporções na maioria das medidas.

Na análise de agrupamento, o dendrograma com a linha de fenon a 50% da distância máxima, mostra formação de quatro grupos (Fig. 2). Exemplares do Museu Oceanográfico (MOVI) provém de diferentes localidades do Brasil, todos foram alocados em um grupo separado, o grupo 1. O grupo 2 e grupo 4 são compostos por 88,12% de espécimes classificados como *R. porosus*, enquanto exemplares classificados como *R. terraenovae* foram alocados em sua maioria no grupo 3. Apesar da existência de quatro grupos, *R. porosus* e *R. terraenovae* se alocaram separadamente. Metade dos indivíduos de *R. porosus* provenientes da América Central foram alocados junto com *R. terraenovae* no grupo 3. Baseando-se nos resultados das regressões, a razão pela qual exemplares do Museu Oceanográfico se alocaram em um grupo separado, é atribuída a diferenças na mensuração das medidas que seguiram um diferente padrão. O caráter ontogenético não apresentou nenhuma influência indicando que o ajuste alométrico de Leonart (2000) foi eficiente para eliminar o efeito do tamanho.

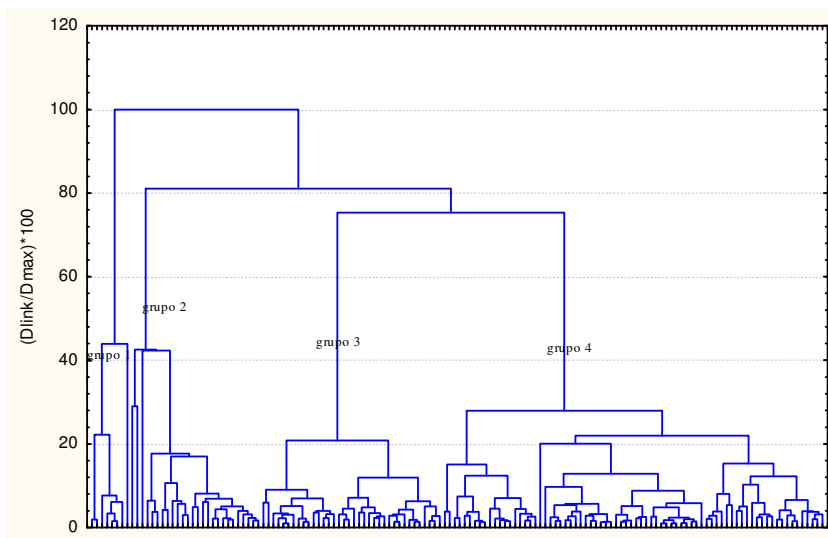


Figura 2 - Dendrograma baseado nas distâncias euclidianas mostrando a Análise de Agrupamento entre os espécimes de *R. porosus* e *R. terraenovae* analisados.

Cinquenta e oito componentes principais foram considerados significativos. Os 21 primeiros componentes principais totalizaram 80,60% da variância explicada. Entretanto, graficamente (Figura 3) nota-se que a partir do sétimo componente principal os autovalores se estabilizam. Desta forma, foram utilizados apenas os 7 primeiros componentes que explicam 53,86% da variação

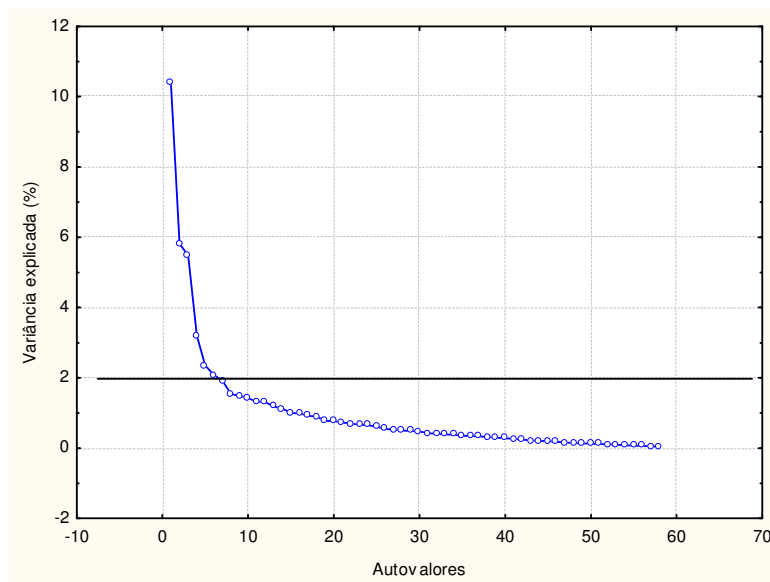


Figura 3 - Representação gráfica da porcentagem de variância explicada por cada autovalor na análise de componentes principais com os dados da amostra de *R. porosus* e *R. terraenovae* analisados.

Com exceção do fator 6, os outros componentes permitiram explicar a variação. Mesmo ocorrendo sobreposição pode-se visualizar a formação de dois grupos bem definidos (Figura 4A-F).

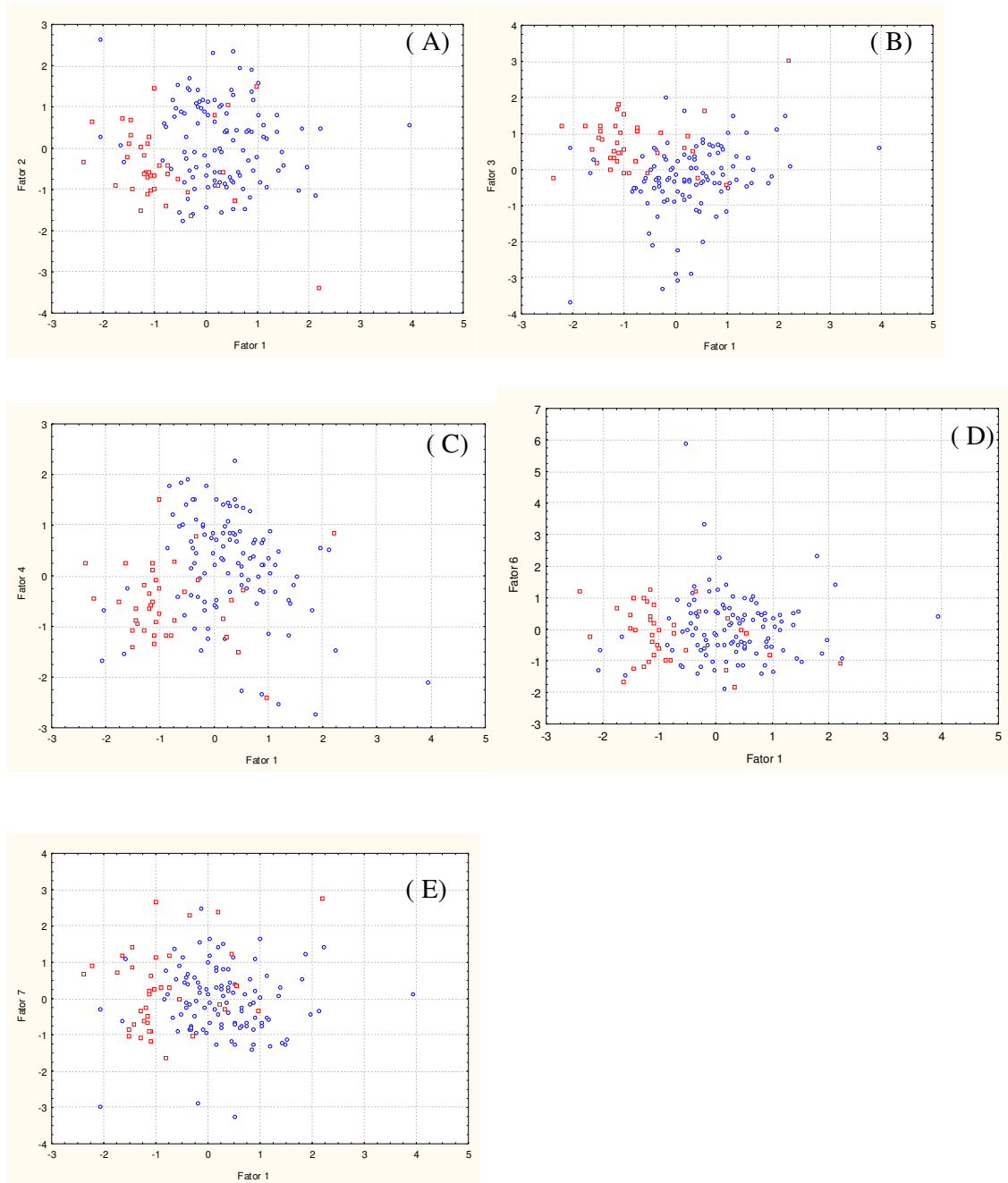


Figura 4A-E - Gráficos do componente principal 1 contra componente principal 2, componente principal 3, componente principal 4, componente principal 5, componente principal 6 e componente principal 7.  $\square$  = *R. terraenovae*;  $\bullet$  = *R. porosus*.

Com base na análise discriminante canônica evidenciou-se duas modas o que indica separação entre os exemplares de *R. porosus* e *R. terraenovae* (Figura 5). O fato de uma distribuição na análise canônica apresentar mais de uma moda é indício e heterogeneidade dos elementos constituintes da amostra.

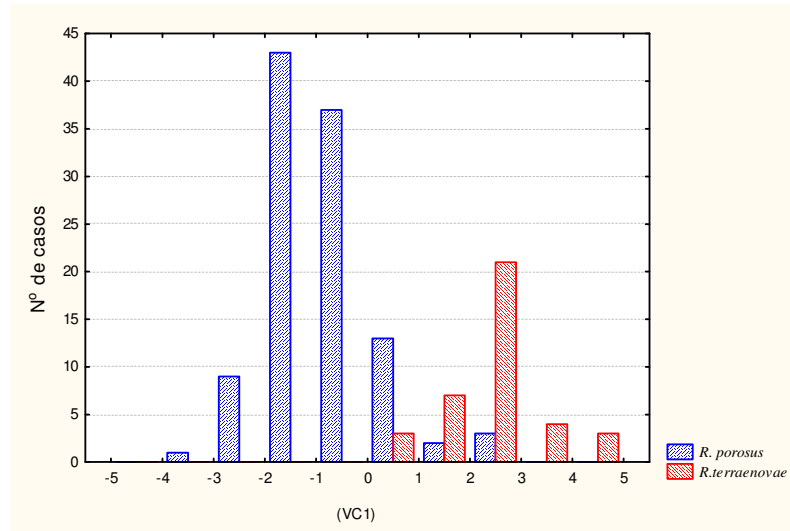


Figura 5 - Discriminação dos exemplares de *R. porosus* e *R. terraenovae* baseado na frequência dos escores da variável canônica (VC1).

O procedimento de classificação usando resultados da função discriminante aplicada a matriz de dados transformados alocou corretamente 95,37% dos indivíduos de *R. porosus* e 89,83% para *R. terraenovae*. Os espécimes classificados erroneamente como *R. porosus*, e considerados como *R. terraenovae* pela análise são todos provenientes da América Central.

As funções discriminantes encontradas para *R. porosus* e *R. terraenovae*, respectivamente, foram:

$$Y_p = -401,48 + 4,69a + 5,98b + 0,42c + 25,28d + 9,80e + 17,45f - 2,07g + 18,24h + 13,96i + 18,24j + 6,55l \quad (1)$$

$$Y_t = -426,87 + 6,32a + 8,02b - 0,54c + 28,57d + 13,43e + 15,69f - 3,87g + 21,05h + 12,78i + 17,74j + 7,38l \quad (2)$$

Em que:

$Y_p$  = função para *R. porosus*

$Y_t$  = função para *R. terraenovae*

a = medida 25; b = medida 41; c = medida 52; d = medida 21; e = medida 50; f = medida 4; g = medida 49; h = medida 58; i = medida 48; medida j = medida 16; l = medida 40.

Para identificar um exemplar, as duas equações devem ser calculadas, com os valores medidos no indivíduo a ser identificado, para os caracteres indicados. Se  $Y_p > Y_t$ , o indivíduo é provavelmente *R. porosus* (acurácia geral de 95,37%); caso contrário o indivíduo pertence provavelmente a *R. terraenovae* (acurácia geral de 89,83%).

A análise discriminante pôde claramente diferenciar exemplares por espécies mas o mesmo não foi observado na classificação por área, nenhuma das análises apresentou padrão que pudesse considerar a área geográfica como fator de variação principal entre os grupos.

A distância de Mahalanobis entre os dois grupos (9,65) foi significativa ( $F_{0,05} = 37,15$ ,  $df = 7,138$ ,  $p < 0,00$ ), assim como o valor de  $T^2$  do Teste de Hotelling ( $T^2 = 3575,354$   $F = 5363,031$   $p < 0,0001$ ) indicando grande diferença entre *R. porosus* e *R. terraenovae* e provendo suporte para a separação das espécies.

## **Discussão e Conclusão**

O presente estudo morfométrico revela evidências de significativa heterogeneidade entre as espécies *R. porosus* e *R. terraenovae*. A análise estatística multivariada das variações morfométricas entre estas espécies contradizem com as hipóteses de Campagno (1984) e Soto (2004), que sugeriram que *R. terraenovae-porosus* não são distintos e podem representar ampla variação clinal dentro de uma única espécie ou que *R. porosus* é uma subespécie e *R. terraenovae*.

Embora Springer (1964) tenha postulado que *R. terraenovae* e *R. porosus* não devem ser sinonimizados, falhou em identificar diferenças morfométricas entre as duas espécies. Com base nos dados verificou-se que as duas espécies divergem consideravelmente na

morfologia do corpo, reforçando o *status* específico atualmente aceito de que são espécies distintas.

Os resultados das análises multivariadas corroboram com as bases genéticas encontradas por Todd et al. (2004) que usou polimorfismo conformacional para detectar haplóides originais e detectou a variação entre *R. porosus* e *R. terraenovae*.

Os indivíduos foram alocados às suas respectivas espécies pela análise de função discriminante. A alta porcentagem de exemplares corretamente classificados foi um indicador da separação entre as espécies. Apesar de estreita semelhança entre as duas espécies na aparência, dimensões proporcionais e relativa dificuldade de identificação visual, os resultados obtidos na análise de funções discriminantes, descritos nas equações (1) e (2), evidenciaram que a variação morfométrica total entre *R. porosus* e *R. terraenovae*. Considerando-se os 64 caracteres simultaneamente, pode ser reduzida a onze coeficientes discriminantes que, combinados às respectivas variáveis nas equações, permitem discriminar completamente as duas espécies, com acurácia média de 92,8%.

Dois grupos foram também distinguidos pela análise de componentes principais. Os exemplares sobrepostos nos gráficos plotados, assim como indivíduos alocados erroneamente correspondem em sua maioria a exemplares provenientes da América Central. Isso leva a hipótese de que a América Central seja uma área de mistura onde ocorre a presença de ambas as espécies. Este resultado contraria estudos anteriores que consideram a área de ocorrência de *R. terraenovae* restrita à América do Norte, bem como os resultados de Springer (1964) que afirmou que as espécies não invadem o território da outra na costa da América Central.

O grau pelo qual as duas espécies divergem morfologicamente foi ilustrado pelo histograma dos escores dos componentes das variáveis canônicas e a presença de duas modas evidencia heterogeneidade entre grupos corroborando a confirmação de espécies distintas.

A área geográfica não foi considerada como fator principal de variação morfológica. As duas espécies foram discriminadas pela análise de covariância porque a covariância de diversos caracteres dentro das áreas não é igual entre as espécies.

Os resultados sugerem ainda que as espécies sejam simpátricas, ocorrendo na mesma área geográfica com superposição parcial de suas distribuições geográficas na América Central. Não é possível, contudo, afirmar com absoluta certeza que sejam simpátricas ou alopátricas nas outras áreas. Por outro lado, o fato de *R. terraenovae* ser encontrado na mesma área geográfica que *R. porosus* leva a supor que sejam eventualmente classificados erroneamente na América Central, visto que ambos ocorrem na mesma área.

Embora *R. terraenovae* seja considerado restrito ao hemisfério norte, limitando-se a ele pela linha do Equador, sendo atualmente aceito como espécie de distribuição contínua no hemisfério sul, é tendencioso considerar *R. porosus*, como espécie de distribuição discreta no hemisfério sul como sinonímia de *R. terraenovae* (Pawson e Ellis, 2000; Heist, E. J., et al., 1996). Segundo Gadig (2001) possivelmente *R. terraenovae* seja habitante das regiões Norte e Nordeste do Brasil e o seu registro depende apenas de coletas e amostragens mais intensas de *Rhizoprionodon* naquela área, que incluam o cuidado de serem efetuados estudos taxonômicos para definição do status específico do material coletado. A confirmação de que *R. terraenovae* possa ocorrer na América do Sul ou *R. porosus* na América do Norte ainda depende de novas investigações.

Segundo Springer (1964) a separação dessas duas espécies seria baseada na comparação do número de vértebras pré-caudais em espécimes com distribuição não sobreposta. Para determinar o número de vértebras de cada uma, o autor conduziu o estudo em 58 exemplares classificados *R. porosus* com distribuição das Bahamas até Uruguai, desconsiderando a possibilidade de *R. terraenovae* ocorrer na mesma área. Partindo do princípio que os resultados sugeriram que *R. porosus* e *R. terraenovae* sejam espécies

simpátricas na América Central, a classificação baseada no número de vértebras não deve ser utilizada como critério para identificação. Existe a possibilidade de Springer (1964) ter usado exemplares de *R. terraenovae* (que julgava ser *R. porosus*) na área da América Central, o que podem ter viciado a análise relativa a contagem das vértebras de cada espécie.

Organismos pelágicos potencialmente apresentam dispersão de longa distância, mas mecanismos oceanográficos e comportamentais podem restringir essa dispersão à áreas mais próximas com maior similaridade oceanográfica, tal como ocorre com América Central e América do Norte na região do Golfo do México e costa oriental sul dos Estados Unidos.

O padrão de variação morfométrica e as razões das variações não são completamente entendidos. Diferenças no tamanho total, tamanho de primeira maturação, entre outras, podem ser resultado de distintas condições oceanográficas entre as áreas, que poderiam causar diferenças nos parâmetros biológicos entre os grupos, tais como tamanho máximo, tamanho da maturidade e fecundidade (Parson, 1993; Lombardi-Carlson et al. 2003). Variações morfológicas no tamanho e na forma tem significado fisiológico, ecológico e taxonômico (Bookstein et al., 1985). Diferenças no hábito alimentar e na capacidade natatória considerando as diferenças ambientais, também podem ser acompanhadas pela aquisição de nova forma do corpo.

Embora o uso de caracteres morfológicos em estudos taxonômicos possa apresentar algumas desvantagens devido a sua herança poligênica e a considerável influência do ambiente, a análise multivariada de um conjunto de caracteres fenotípicos pode ser considerada como um método apropriado para esclarecer relações morfológicas de diferentes populações de diferentes espécies e para detectar semelhanças intraespecíficas (Thorpe, 1976, 1987).

O uso da morfometria anteriormente ao advento da genética considerou que influências ambientais no tamanho e na morfologia podem ser mais fortes do que efeitos



puramente determinados geneticamente. A variação alélica é frequentemente assumida para ser neutra à seleção, evoluindo em um ritmo constante que meça o tempo desde a divergência entre populações ou espécie (Gorman & Kim, 1977). No contraste, a variação morfológica é frequentemente assumida para refletir a adaptação. Assim, moldado pela seleção, a variação morfológica pode revelar diferenciação genética que não é ainda provável ser reconhecida pela variação em proteínas estruturais.

Apesar do consenso dos resultados entre as técnicas multivariadas indicarem existência de duas espécies distintas e a possibilidade de existir uma área de mistura entre as mesmas na América Central, pesquisas adicionais são requeridas com a combinação de métodos para identificar corretamente as espécies ao longo do gradiente longitudinal. Quando há pouca informação na estrutura da espécie, um grande número de amostra é necessário de toda extensão geográfica e em todas estações, principalmente de regiões geograficamente discretas (Cadrin, 2000).

Diferenças morfométricas podem ser influenciadas tanto por fatores ambientais quanto genéticos. Seria válido conduzir estudos na estrutura de ambas as espécies ao longo de toda sua distribuição. Especial atenção na América Central onde de acordo com resultados aqui encontrados é uma área de ocorrência de ambas espécies. Maiores dados morfométricos e merísticos devem ser coletados, assim como amostras para análise genética. A genética baseada na separação morfométrica não foi examinada, no entanto a aplicação de métodos genéticos baseado nos resultados encontrados será uma ferramenta importante no exame de componentes ambientais de separação fenotípica entre regiões geográficas. O acúmulo das informações morfométricas, merísticas, genética e história de vida permitirá melhor entendimento da estrutura populacional das espécies e facilitará o desenvolvimento de medidas de manejo.

## **Agradecimentos**

Nossos agradecimentos ao Prof. Dr. Jules M. R. Soto, Curador Geral, Chefe da Seção de Museus do Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí, Universidade do Vale do Itajaí (SC), pela atenção e envio das medidas dos exemplares. Ao Dr. George Burges, Curador do Museu de História Natural da Flórida e Dr. Robert Robins, Coordenador da coleção ictiológica do Museu de História Natural da Flórida pela ajuda e colaboração, e permitir análise do material da coleção ictiológica; Ao Museu de História Natural de Paris, Museu de História Natural do Rio de Janeiro e ao Prof. Dr. José Lima de Figueiredo do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, por permitirem a análise do material depositado em suas coleções.

## **Lista do material analisado**

Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) - Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 61145; 1-60555; 2-60555; 37301; 10154; 60555; 2-61145; 37301.

Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí (MOVI) - Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 156; 4889; 20311; 20312; 20313; 20314; 20315; 20316;

Museu de História Natural da Flórida (FMNH)- Parátipos de *Rhizoprionodon terraenovae*: FMNH 690; 4217; 6704; 7327; 7351; 14143; 19196; 26706; 30891; 31289; 35720; 39747; 46166; 47504; 47504; 58924; 58925; 79572; 89075; 89075; 89192; 89192; 89201; 89201; 101590; 103675; 103683; 109839; 111290; 111290; 111290; 111291; 111292; 113667; 119652; 147088; 160482; 161080; 163819; 164291; 166215; 212965; 222229; 103685-2; 103685-3; 103985-1; 45140-1; 45142-1; 45142-2. Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 101319; 101340; 103179; 103179; 147572; 147572; 28002; 46035-1; 46035-2; 46035-3

Museu de História Natural de Paris (MNHN) - Parátipos de *Rhizoprionodon terraenovae*: 129; 3467; 1070. Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 1143; 1984-27; 1984-31; 1989-135; 1994-003; 1994-006; 1994-007.

## **Literatura Citada**

Barros, F.L.R. de; Rosa, R.S. (1998). Variações morfológicas em populações de *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) das bacias costeiras do Rio Grande do Sul (Cyprinodontiformes: Poeciliidae: Cnesterodontini). Acta Biologica Leopoldensia, v.20, n.2, p.251-272.

Bass, A.J., D'Aubrey, J. D., Kitnasamy, N. (1973). Shark of east coast of southern Africa. I. The genus *Carcharhinus*. (Carcharhinidae). Invest. Rep. Oceanog. Res. Inst. Durban 33: 168p.

Beacham, T.D. (1984). Age and morphology of chum salmon in Southern British Columbia. Trans. Am. Fish. Soc. 113(6): 727-736.

Begg, G.A., Friedland, K., Pearce, J.B. (1999). Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research*, 43: 1-8.

Bemvenuti, M.A. (2000). Diferenciação geográfica do peixe-rei *Odontesthes argentinensis* (Atherinopsidae) no extremo sul do Brasil, através da morfometria multivariada. *Atlântica*, v.22, p.71-79.

Bookstein, F.L., Chernoff, B., Elder, R., Humphries, J., Smith, G., Strauss, R. (1985). *Morphometrics in Evolutionary Biology*. Special Publication.15. Philadelphia: Academy of Natural Sciences.

Cadrin, S.X., e Friedland, K.D. (1999). The utility of image processing techniques for morphometrics analysis and stocks identification. *Fisheries Research* 43, 129-139.

Cadrin, S.X. (2000). Advances in morphometric identification of fishery stock. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10, 91-112.

Camhi, M.; Fowler, S., Musick, J., Brautigam, A., Fordham, S. (1998). Sharks and their relatives, ecology and conservation. Occasional paper, Species Survival Commission, 39p.

Campello, F.D.; Bemvenuti, M.A. (2002). Diferenciação morfométrica e osteológica entre *Ramnogaster arcuata* (Jenyns) e *Platanichthys platana* (Regan) (Teleostei, Clupeidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, n.19, v.3, p.757-766.

Compagno, L.J.V. (1984). FAO species catalogue. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 Carcharhiniformes. FAO Fisheries Synopsis 4 (125), 251–655.

Calvacanti, M.J., Gomes, U.L. & Tomás, A.R.G. (1996). Discriminação morfológica entre *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) (Elasmobranchii, Carcharhiniformes, Carcharhinidae): Um estudo multivariado. *Acta Biologica Leopoldensia* 18 (2): 103-118.

Fleming, I.A., and M.R. Gross. (1989). Evolution of adult female life history and morphology in a Pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*). *Evolution* 43: 141–157.

Garavello, J.C.; Reis, S.F.; Strauss, R.E. (1991). Discrimination and body form variation in three species of *Leporinus Spix* from rio Meta, Colombia (Ostariophysi: Anostomatidae). *Zoologischer Anzeiger*, v.227, p.93-97.

Gorman, G.C., Kim, Y.J. (1977). Genotypic evolution in the face of phenotypic conservativeness: *Abudefduf* (Pomacentridae) from the Atlantic and Pacific sides of Panama. *Copeia* 1977, 694-697.

Harris, R.J. (1975). A primer o multivariate atatistic. Acaemic Press, New York, NY. 332p.

Heist, E. J.; Musick, J. A.; Graves, J. E. (1996). Mitochondrial DNA diversity and divergence among sharpnose sharks, *Rhizoprionodon terraenovae*, from the Gulf of Mexico and Mid-Atlantic Bight. *Fish Bull.* v. 94, No 44, p. 664-668.

Kasam, D.D.; Sato, T., Yamaoka, K. (2002). Landmark – based morphometric analysis of the body shape of two sympatric species, *Ctenopharynx pictus* and *Otopharynx* sp. “heterodon nankhumba” (Teleostei: Cichlidae), from Lake Malawi. *Ichthyological Research*, v.49, p.340-345.

Lessa, R. P. (1986). Levantamento Faunístico dos Elasmobrânquios (Pisces, Chondrichthyes) das Reentrâncias Maranhenses. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, São Luis, v. 7, p. 27-41.

Lleonart, J.; Salat, J. E Torres, G.J. (2000). Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology* 205, 85-93.

Mattos, S.M.G., Broadhurst, M.K., Hazin, F.H.V., Jonnes, D.M. (2001). Reproductive biology of the Caribbean sharpnose shark, *Rhizoprionodon porosus*, from northern Brazil. *Mar. Freshwater Res.* 52, 745–752.

Naylor, G. J. P. and Marcus, L. (1994). Identifying isolated shark teeth of the genus *Carcharhinus* to species: reference for tracking phyletic change through the fossil record. *American Museum Novitates*, 3109: 1-53.

Naylor, G. J. P. (1992). The phylogenetic-relationships among requiem and hammerhead sharks - inferring phylogeny when thousands of equally most parsimonious trees result. *Cladistics-the International Journal of the Willi Hennig Society*, 8 (4): 295-318.

Pereira da Silva. (2002). Especiação no ambiente marinho. Capítulo 2.35- 47. In: *Biologia Marinha*. eds. Renato Crespo Pereira & Abílio Soares-Gomes. Editora interciência, 382 p.

Prado, P. I., Lewinsohn, Thomas Michael, Carmo, R. L. & Hogan, D. J. (2002). Ordenação Multivariada na Ecologia e seu Uso em Ciências Ambientais. *Ambiente e Sociedade*, Campinas, SP: v.10, p. 69-83.

Reis, S.F.; Cunha, R.A.; Garavello, J.C.; ABE, A.S. (1987). Discriminação pela forma em relação ao tamanho: um exemplo com peixes do gênero *Leporinus*. *Ciência e Cultura*. v. 39, p.757-761.

Riga, F.; Trocchi, V.; Randi, E.; Toso. S. (2001). Morphometric differentiation between the Italian hare (*Lepus corsicanus* De Winton, 1898) and the European brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). *Journal Zoology of London*, v.253, p.241-252.

Shibatta, O. A.; Artoni, R. F. (2005). Sobre a identidade das populações alopatricas de *Astyanax* (Characiformes, Characidae) das formações Furna 1 e Furna 2 do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Publicatio UEPG. Ciências biológicas e da saúde*, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 7-12.

Shibatta, O. A.; Hoffmann, A. C. (2005). Variação geográfica em *Corydoras paleatus* (Jenyns) (Siluriformes, Callichthyidae) do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.22, n. 2, p. 366-371.

Silva, E. L. (2000). Utilização de Técnicas Multivariadas no Estudo Morfométrico da albacora laje *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) do Atlântico. Dissertação de Mestrado.

Universidade Federal Rural de Pernambuco, 64 pp.

Springer, V. G. (1964). *A revision of yhe carcharhinidae shark genera Scoliodon, Loxodon, and Rhizoprionodon. Proc. U. S. Nat. Mus.*, Washinngton, v. 115, n. 3493, p. 559-632.

Springer, V. G. & Garrick, J.A.F. (1964). A Survey of Vertebral Numbers in Sharks. *Proceedings o the United States National Museum. Smithsonian Institution. Washington, D.C.* vol. 116 n. 3496 p. 73-96.

Thorpe, R.S. (1976). Biometric analysis of geographic variation and racial affinities. *Biol. Rev.*, 51: 407-452.

Thorpe, R.S. (1987). Geographic variation: a synthesis of cause, data pattern and congruence in relation to subspecies, multivariate analysis and phylogenies. *Boll. Zool*, 54: 3-11.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tamanho e a forma tem sido usualmente analisados pelos ecologistas simplesmente como variáveis distintas, em vez de uma característica central dependente de características fisiológicas, ecológicas e demográficas. Há uma desatenção para com a importância do tamanho e a forma que os organismos apresentam em relação às restrições ecológicas e pressões seletivas potenciais como competição intra-específica, predação e condições metabólicas que podem exercer influências sobre estas características. Portanto, dados sobre a diversidade morfológica são importantes, tanto nos estudos ecológicos como evolutivos.

O procedimento adequado na identificação de espécies é de fundamental importância a qualquer estudo, já que, sem a identidade da espécie ou grupo de espécies abordado, as informações não apresentam valor científico ou, mesmo, prático. Isso é particularmente relevante em estudos sobre parâmetros populacionais. Sem a identificação adequada, há o risco de serem tomadas medidas equivocadas no manejo da pesca de diferentes espécies, as quais, obviamente, possuem distintos parâmetros populacionais.

Qualquer estudo visando ao conhecimento da fauna de uma determinada região é importante em face da crescente necessidade de conhecimento básico sobre a fauna como recurso econômico, patrimônio genético e conjunto de elementos com funções ecológicas complexas dentro do ecossistema.

## REFERÊNCIAS

AMADO-GAMA, A. Estudo sobre o hábito alimentar de duas espécies de cação *Rhizoprionoon lalandii* (Valeciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) (Euselachii, Carcharhinidae), comentários sobre a biologia reprodutiva as fêmeas dde *R. lalandii* e *R. porosus* e descrição da pesca na Baía de todos os Santos (BA) e áreas adjacentes. Salvador, 40p. Monografia, Universidade Federal da Bahia. 1992.

ARTHAUD, I.D.B., GADIG, O.B.F. Tubarões provenientes da pesca artesanal na praia de Mucuripe, Fortaleza – CE. **XII Encontro de Zoologia d Nordeste**, Resumos; p88. 1999.

BARCELLOS, B. N. Ictiofauna do Rio Grande do Sul. III. Sobre *Mustelus canis*. **Bol. Mus. Nac.**, v. 227, p. 1-7. 1961.

BARLOW, G. W. Social behavior of the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*, in the field and in the aquarium. **American Midland Naturalist** 65: 330-359. 1961.

BASS, A.J., D'AUBREY, J. D., KITNASAMY, N.. Shark of east coast of southern Africa. I. The genus *Carcharhinus*. (Carcharhinidae). **Invest. Rep. Oceanog. Res. Inst. Durban** 33: 168p. 1973

BARROS, F.L.R. DE; ROSA, R.S. Variações morfológicas em populações de *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) das bacias costeiras do Rio Grande do Sul (Cyprinodontiformes: Poeciliidae: Cnesterodontini). **Acta Biologica Leopoldensia**, v.20, n.2, p.251-272. 1998.

BAUM, J. K.; MYERS, R. A.; KEHLER, D. G.; WORM, B. HARLEY, S. J. E DOHERTY, P. A. **Collapse and Conservation of shark populations in the northwest Atlantic**. *Science*. 299: 389-392. 2003.

BEACHAM, T.D. Age and morphology of chum salmon i n Southern British Columbia. **Trans. Am. Fish. Soc.** 113(6): 727-736. 1984.



BEGG, G.A., FRIEDLAND, K., PEARCE, J.B. Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. **Fisheries Research**, 43: 1-8. 1999.

BEMVENUTI, M.A. Diferenciação geográfica do peixe-rei *Odontesthes argentinensis* (Atherinopsidae) no extremo sul do Brasil, através da morfometria multivariada. **Atlântica**, v.22, p.71-79. 2000.

BETHEA, D. M; BUCKEL, J. A. e CARLSON, J. K. Foraging ecology of the early life stages of four sympatric shark species. **Marine Ecology Progress Series**. 268: 245- 264. 2004.

BEVERTON, R.J.H. & HOLT, S.J. **On the dynamics of exploited fish population. Fish Invest.** Minist. Agric. Fish. Food. G. B. 19: 533p. 1957.

BONFIL, R. **Overview of world elasmobranch fisheries.** FAO Fisheries Technical Paper. 341, 119p. 1994.

BOOKSTEIN, F.L., CHERNOFF, B., ELDER, R., HUMPHRIES, J., SMITH, G., STRAUSS, R. **Morphometrics in Evolutionary Biology. Special Publication.15.** Philadelphia: Academy of Natural Sciences. 1985.

BRANSTETTER, S. Biological notes on the sharks of the north central Gulf of Mexico. **Contributions in Marine Science**, v. 24, p. 13-34. 1981.

BRANSTETTER, S. Age and growth validation of newborns sharks held in laboratory aquaria, with comments on the life history of the Atlantic Sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **Copeia** 2, 292-300. 1987.

CADRIN, S.X. Advances in morphometric identification of fishery stock. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 10, 91-112. 2000.

CADRIN, S.X., E FRIEDLAND, K.D. The utility of image processing techniques for morphometrics analysis and stocks identification. **Fisheries Research** 43, 129-139. 1999.

CAMHI, M.; FOWLER, S. L.; MUSICK, J. A.; BRÄUTIGAM, A. & FORDHAM, S. V.

**Sharks and their Relatives - Ecology and Conservation.** 1998 IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. IV 39p.

CAMPANA, S.E. e CASSELMAN, J.M. Stock discrimination using otolith shape analysis. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science** 50, 1062-1083. 1993.

Campello, F.D.; Bemvenuti, M.A. Diferenciação morfométrica e osteológica entre *Ramnogaster arcuata* (Jenyns) e *Platanichthys platana* (Regan) (Teleostei, Clupeidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, n.19, v.3, p.757-766. 2002.

CARL, L.M., HEALEY, M.C., Differences in enzyme frequency and body morphology among three juvenile life history types of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in the Nanaimo River, British Columbia. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 41, 1070- 1077. 1984.

CARLSON, J.K., BAREMORE, I.E. Changes in biological parameters of Atlantic Sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the Gulf of Mexico: evidence for density-dependent growth and maturity. **Mar. Freshwater Res.** 54, 227–234. 2003.

CARVALHO, G.R. e HAUSER, L. Molecular genetics and stock concept in fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 4, 326-350. 1994.

CASTILLO-G'ENIZ, J.L., M'ARQUES-FARIAS, J.F., RODRIGUEZ DE LA CRUZ, M.C., CORT'ES, C., CID DEL PRADO, A. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. **Mar. Freshwater Res.** 49, 611–620. 1998.

CASTRO, J.I. The Position of Sharks in Marine Biological Communities An Overview. **In:** COOK, S. (edit.). Sharks. An Inquiry into Biology, Behavior, Fisheries and Use. **Proc. of a Conf. Protland.** Oregon, State University Extension Service, p.11-17. 1987.

CASTRO, J. I., WOODLEY, C. M. AND BRUDEK, R. L. **A preliminary evaluation of the status of shark species.** Rome, FAO. 72p. 1999.

CASTRO, J.I.; WOURMS, J.P. Reproduction, placentation and embryonic development of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **J. Morphol.** 218, 257–280. 1993.

CASTRO, J.J.; SANTIAGO, J.A., HERNÁNDEZ-GARCIA V. & PLA, C. Growth and reproduction of the dolphinfish (*Coryphaena equiselis* and *Coryphaena hippurus*) in the Canary Islands, Central-East Atlantic (preliminary results). **Scientia Marina** 63 (3-4), 317-325. 1999.

CAVALCANTI, M.J.; GALLO-DA-SILVA, V. & AFONSO, A.F. Identificação de *Rhinoptera bonasus* (Mitchill, 1815) e *Rhinoptera brasiliensis* Müller & Henle, 1841(Chondrichthyes, Myliobatiformes, Rhinopterae). **Acta Biologica Leopoldensia** 19 (2): 205-215. 1997.

CAVALCANTI M.J.; GOMES U.L., TOMÁS, A.R.G. Discriminação morfológica entre *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) (Elasmobranchii, Carcharhiniformes, Carcharhinidae): um estudo multivariado. **Acta Biológica Leopoldinensia** 18: 103-118. 1996.

CAVALCANTI, M.J.; LOPES, P.R.D. Morfometria comparada de *Ctenosciaena gracilicirhus*, *Paralonchurus brasiliensis* e *Micropogonias furnieri* (Teleostei: Sciaenidae) pela análise multivariada de redes de treliças. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.7, n.4. p. 627-635.1990.

CAVALCANTI, M. J.; LOPES, P.R.D. Análise morfométrica multivariada de cinco espécies de Serranidae (Teleostei: Perciformes). **Acta Biologica Leopoldensia**, v.15, n.1. p.53-64.1993.

CAVALCANTI M.J.; MONTEIRO LR, LOPES PRD Landmark-based morphometric analysis in selected species of serranid fishes (Perciformes: Teleostei). **Zool Stud** 38: 287-294. 1999.

CODY, T.J., AVENT, R.M. Assessment of bottom longline fishing off the central Texas coast. **Manage. Data Ser. Tex. Parks Wildl.Dep.** 32. 1980.

COMPAGNO, L.J.V.,. **FAO species catalogue**. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 Carcharhiniformes. FAO Fisheries Synopsis 4 (125), 251–655. 1984

COMPAGNO, L.; DANDO, M.; FOWELER S. **Guía de campo de los Tiburones del mundo**. Ediciones omega Plato Barcelona. 368 p. 2005.

CORTÉS, E. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the Gulf of Mexico. *Fish Bull.* 93, 57–66. 1995.

CORTÉS E. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES. **J. Mar Sci** 56:707–717. 1999.

CORTÉS, E. Life history patterns and correlations in sharks. **Reviews in Fisheries Science.** 8 (4): 299-344. 2000.

CREECH, S. A study of the population of *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the Aberthaw Lagoon, on the Bristol Channel, in south Wales. **J. Fish Biol.**, 41:277-286. 1992.

CUNHA M.R., GOMES, U.L. Estudo comparativo dos órgãos copuladores de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861). **Rev. Brasil. Biol.** 54 (4): 251-655. 1994.

CURRENS K.P, SHARPE C.S, HJORT R, SCHRECK C.B, Li H.W. Effects of different feeding regimes on the morphometrics of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*O. mykiss*). **Copeia.**3:689–695. 1989

DOMINGUES, **Citogenética comparativa de *Astyanax altiparanae garutti* e *brütski*, do Alto rio Tibagi e Alto rio Iguaçu**. 2000. Dissertação (mestrado em Genética) - Universidade Federal do Paraná. 78p.

DUARTE NETO, P.J. **Análise Multivariada da forma do otólito sagita para discriminação de estoques de dourado *Coryphaena hippurus* (Pisces, oryphaenidae) no**

**Nordeste do Brasil.** 2005. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

FAO. **The state of world fisheries and Aquaculture.** Documentation Group Cataloging in Publication Data, Rome, 98 p. 1998.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture** 2000. FAO, Rome, Italy.

FERREIRA, B.P. Ciclo reprodutivo de *Rhizoprionodon lalandei* (Valenciennes) e *R. porosus* (Poey) (Selachii, Carcharhinidae) na região de Barra de Guaratiba. RJ. **An. Acad. Bras. Ci.** 60 (1), 91–101. 1988.

FLEMING, I.A., GROSS, M.R., Evolution of adult female life history and morphology in a Pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*). **Evolution** 43, 141-157. 1989.

FONTELES F.A.A., **Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional.** Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará. 296 p. 1989.

FORTUNER, R., MAGGENTI, A. R. A statistical approach to the objective differentiation of *Hirschmanniella oryzae* from *H. belli* (Nemata: Pratylenchidae). **Rev. Nematol.** 14, 165-180. 1991.

FURTADO-NETO, M.A, VIANA, M.S.R., SILVA, G. Morfometria e alimentação de *Dasyatis gutatta* (Dasyatidae; Elasmobranchii), na enseada do Macuripe, Fortaleza, Ceará. **In: REUNIÃO A SOCIEDADE BRASILEIRA PARA ESTUDO DOS ELASMORBRÂNQUIOS**, 3, João Pessoa, **Resumos:** P. 41-42. 2002.

GADIG, B.F. **Tubarões da Costa Brasileira.** Tese de Doutorado, Unesp, Campus de Rio Claro, São Paulo. 343p. 2001.

GADIG, O.B.F. **Fauna de tubarões da costa Norte/Nordeste do Brasil (Chondrichthyes: Elasmobranchii).** 1994. João Pessoa. 330 p. Dissertação de Mestrado em Zoologia, Universidade Federal da Paraíba.

GAMA, A. A. Estudo sobre o hábito alimentar de duas espécies de cação *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey 1861), comentários sobre biologia reprodutiva de fêmeas de *R. lalandii* (Valenciennes, 1839) e *R. porosus* e descrição da pesca na Baía de Todos os Santos (BA) e áreas adjacentes. 1992. Monografia. Universidade Federal da Bahia. 40p.

GARAVELLO, J.C.; REIS, S.F.; STRAUSS, R.E. Discrimination and body form variation in three species of *Leporinus Spix* from rio Meta, Colombia (Ostariophysi: Anostomatidae). **Zoologischer Anzeiger**, 227, p.93-97, 1991.

GARROD, J.D. e HORWOOD, J.W. Reproductive strategies and the response to exploitation. **In:** Potts, G.W. e Wootton, R.J. eds. **Fish Reproduction**. Academic Press, pp. 367-384. 1984.

GELSLEICHTER, J., MUSICK, J.A., NICHOLS, S. Food habits of the smooth dog fish, *Mustelus canis*, dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, and the sand tiger, *Carcharias taurus*, from the northwest Atlantic Ocean. **Environ. Biol. Fish** 54, 205–217. 1999.

Gorman, G.C., Kim, Y.J. Genotypic evolution in the face of phenotypic conservativeness: *Abudefduf* (Pomacentridae) from the Atlantic and Pacific sides of Panama. **Copeia** 1977, 694-697. 1977.

GOMES, U.L, FICHER, N. S. Estudo comparativo da coluna vertebral de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e (Elasmobranchii, Carcharhinidae). **An. Acad bras Ciên**; **65** (3) 303-321. 1993.

GOMES, U.L, REIS, M.A. Considerações sobre a dentição de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e (Elasmobranchii, Carcharhinidae). Parte I, Morfologia, Padrão dentária e Heterodontia. **An. Acad bras Ciên**; **63** (3) 285-294. 1991a.

GOMES, U.L.; REIS, M.A.F. Considerações sobre a dentição de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) (Elasmobranchii,

Carcharhinidae) Parte II. Arranjos das séries, grupos dentários e fórmula dentária. **An Acad Bras de Ciên**; v. 63 (3). 295-300. 1991b.

GOMES, U.L, SIQUEIRA, A.E. Estudo comparativo de condroneurocrânio de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e (Elasmobranchii, Carcharhinidae). **An. Acad bras Ciên.** 63 (3) 285-294. 1995.

GOULD, S.J.. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. **Biol. Rev.** 41, 587-640. 1966.

GRACE, M., HENWOOD, T. Assessment of the distribution and abundance of coastal sharks in the U.S. Gulf of Mexico and Eastern Seaboard, 1995 and 1996. *Mar. Fish Rev.* 59 (4), 23–32. 1997.

GRUBER, S.H. Life style of sharks. **In:** Gruber, S.H. (ed.) **Discovering sharks. American Litoral Society**, Special Publication 14. 1990.

HAIR, JOSEPH F.; TATHAM, RONALD L.; ANDERSON, ROLPH E.; BLACK, WILLIAM. **Multivariate Data Analysis.** 5.ed. New Jersey, Prentice-Hall, 2005.

HAMLETT, W. C. Ontogeny of the umbilical cord and placenta in the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **Environmental Biology of Fishes.** v.38, p. 253-267. 1993.

HAMLETT, W. C.; FERRI, A. G.; MIGLINO, M. A. Modes of Reproduction in the Elasmobranchs of Brazil. **In:** HAMLETT, W. C. (ed.) **Reproductive Biology of South American Vertebrates.** New York. Springer – Verlag, p. 3-18. 1992.

HAMLETT, W. C.; KOOB, T. M. Female Reproductive System. **In:** HAMLETT, W. C. (ed.) **Sharks, Skates, and Rays. The Biology of Elasmobranch Fishes.** Baltimore. The Johns Hopkins University Press, p. 398-443. 1999.

HAMLETT, W. C.; MIGLINO, M. A.; DIDIO, L. G. A. Subcellular organization of the placenta in the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **J. Submicrosc. Cytol. Pathol.**, v. 25, p. 535-545. 1993a.

HAMLETT, W. C.; MIGLINO, M. A.; FEDERMAN, D. J.; SCHAFER, P.; DIDIO, L. J. A. Fine structure of term umbilical cord in the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **J. Submicrosc. Cytol. Pathol.**, v. 25, p. 547-557. 1993b.

HAMLETT, W. C.; SCHWARTS, F. J.; DIDIO, L. J. A. Subcellular organization of the yolk syncytial-endoderm complex in the preimplantation yolk sac of the shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **Cell Tissue Res.**, v. 247, p. 275-285, 1987.

HARD J.J., B.A. BEREJIKIAN, E.P., TEZAK, S.L. SCHRODER, C.M. KNUDSEN&L.T. PARKER. Evidence for morphometric differentiation of wild and captively reared adult coho salmon: a geometric analysis. **Env. Biol. Fish.** 58: 61–73. 2000.

HAINES, A.N., FLAJNIK, M.F., WOURMS, J.P. Histology an Immunology of the Placenta in the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **Placenta xx** 1-10. 2006.

HAZIN, F. H. V.; ZAGAGLIA, C. R.; PORTELLA, D. B. Dados preliminares sobre a biologia reprodutiva do tubarão-rabo-seco, *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) (Elasmobranchii, Carcharhiniformes), capturado no talude continental do nordeste brasileiro. **In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O ESTUDO DE ELASMOBRÂNQUIOS**, 1. Ilhéus, **Resumos**. p. 84-85. 1997.

HEIST, E. J.; MUSICK, J. A.; GRAVES, J. E. Mitochondrial DNA diversity and divergence among sharpnose sharks, *Rhizoprionodon terraenovae*, from the Gulf of Mexico and Mid-Atlantic Bight. **Fish Bull.** v. 94, No 44, p. 664-668. 1996.

HOENIG, J. M e GRUBER, S. H. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. **NOAA Technical Report NMFS**. 90: 1-16. 1990.

HOFFMAYER, E. R., PARSONS, G. R., HORTON, J. Seasonal and interannual variation in the energetic condition of adult male Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the northern Gulf of Mexico. **Journal of Fish Biology** 68, 645–653. 2006.

HOLDEN, M. J. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some



suggests solutions. **In:** Sea Fisheries Research (F. R. Harden-Jones, ed.). Elek Science, London: 117-138. 1974.

KARAKOUSIS, Y., PEIOS, C., ECONOMIDIS, P.S., TRIANTAPHYLLIDIS, C. Multivariate Analysis of the Morphological Variability among *Barbus peloponnesius* (Cyprinidae) Populations from Greece and two Populations of *B. meriionalis meriionalis* and *B. meridionalis petenyi*. **Cybium** 17(3): 229-240. 1993.

KASAM, D.D.; SATO, T., YAMAOKA, K. Landmark – based morphometric analysis of the body shape of two sympatric species, *Ctenopharynx pictus* and *Otopharynx* sp. “heterodon nankhumba” (Teleostei: Cichlidae), from Lake Malawi. **Ichthyological Research**, v.49, p.340-345. 2002.

KASIM, H.M., Shark fishery of Veraval coast with special reference to population dynamics of *Scoliodon laticaudus* (Muller and Henle) and *Rhizoprionodon acutus* (Ruppell). **J. Mar. Biol. Assoc. India** 33, 213–228. 1991.

KIKUCHI, C. N. T.; SOUZA, A. M. Estudo mesoscópio da anatomia encefálica de *R. lalandei* (Valenciennes, 1841) Carcharhinidae, Elasmobranchii. **In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA**, 13. São Carlos. **Resumos**. p. 359. 1999.

KRISHAMOORTHY, B.; JAGADIS, I. Biology and population dynamics of the grey dog shark, *Rhizoprionodon acutus* (Ruppell), in Madras Waters. **Indian. J. Fish.** v. 33, No 4, p. 371-385, 1986.

LAST, P. R., STEVENS, J.D. **Sharks and Rays of Australia**. Australia, CSIRO Division of Fisheries, 513 p. 1994.

LAVIN, P. A., and J. D. McPHAIL. Adaptive divergence of trophic phenotype among freshwater populations of the threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 43:2455-2463. 1986.

LESSA, R.P.T. Levantamento faunístico dos elasmobrânquios (Pisces, Chondrichthyes) do litoral ocidental do estado do Maranhão. **Bras. Bol. Lab. Hidrob.** 7, 27–41. 1986a.

LESSA, R. P. T. Contribuição ao conhecimento da biologia de *Carcharhinus porosus* Ranzani, 1839 (Pisces, Chondrichthyes) das reentrâncias maranhenses. **Acta Amazônica**. v. 16/17, p. 73-86. 1986b.

LESSA, R.P.T. Premieres observations sur la biologie reproductive de *Rhizoprionodon lalandei* (Valenciennes, 1839) (Pisces Carcharhinidae) de la cote nord du Bresil – Maranhão. **Rev. Bras. Biol.** 48 (4), 721–730. 1988.

LESSA, R.P.T. & EL-DEIR, ANA C.A. Aspectos da biologia reprodutiva de *Rhizoprionodon porosus* (Elasmobranchii, Carcharhiniformes) (Poey, 1961) na costa do Maranhão. **In:REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O ESTUDO DE ELASMOBRÂNQUIOS**, 1. Ilhéus. **Resumos**. p. 52. 1997

LESSA, R.; SANTANA, F. & PAGLERANI, R. Age, growth and stock structure of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, from the Southwestern Equatorial Atlantic. **Fish. Res.** 42: 21 – 30. 1999.

LESSA, R.P., Dinâmica das frotas pesqueiras do Nordeste. **Relatório REVIZEE/SCORE-NE 1**, 108p. 2003.

LIMA, C.R.A. **Utilização de técnicas multivariadas e de morfometria geométrica na discriminação de espécies do gênero *Rhinobatos* (Família Rhinobatidae) do Nordeste do Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 86p.

LIMA FILHO, J. M., LESSA, R., STOSIC, B. e DUARTE NETO, P.J. Morphological discrimination in juveniles of two *Selene* Species (Teleostei: Carangidae) using truss net distances. **Brazilian Archives of Biology na Technology**. 49(2); 231-238. 2006.

LIMA, G.H.L., DAROS, F.A., MAZZOLENI, R., HOSTIM-SILVA, M. Aspectos da alimentação natural do cação -frango *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1841) (Elasmobranchii, Carcharhinidae)no município de Barra Velha Santa Catarina. **Notas. Tec. Facimar** 4, 91–96. 2000.

LIMA, M.C., GOMES, U.L., SOUZA-LIMA, W., PARAGO, C. Estudo anatomico comparativo da região cefalica pre-branquial de *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith) e *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes) (Elasmobranchii, Carcharhiniformes) relacionados com a presença do cefalofolio em *Sphyrna rafinesque*. **Revista Brasileira de Zoologia** 14, 347–370. 1997.

LLEONART, J.; SALAT, J. E TORRES, G.J. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. **Journal of Theoretical Biology** 205, 85-93. 2000.

LOEFER, J.K., SEDBERRY, G.R. Life history of the Atlantic sharpnose shark (*Rhizoprionodon terraenovae*) (Richardson 1836) of the southeastern United States. **Fish Bull.** 101, 75–88. 2003.

LOY, A., BOGLIONE, C., GAGLIARDI, F., FERRUCCI, L., CATAUELLA, S. Geometric morphometric an internal anatomy in sea bass shape analysis (*Dicentrarchus labrax* L., Moronidae). **Aquaculture** 186, 33-44. 2000.

MACHADO, M. R. B.; ALMEIDA, Z. S.; CASTRO, A. C. L. Estudo da biologia reprodutiva de *R. porosus* (Poey, 1861) na costa maranhense. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA**, 23. Cuiabá. **Resumos**. p. 415. 2000.

MAPATUNA-YASANTHA et al. Unravelling the taxonomic status of the genus *Cynopterus* (Chiroptera: Pteropodidae) in Sri Lanka by multivariate morphometrics and mitochondrial DNA sequence analysis. **Mamm. Biol.** 67, 321-337. 2002.

MARQUES-FARIAS, J.F., CASTILLO-GÉNIZ, J.L. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern of Gulf of Mexico. **Fish Res.** 39, 183–198. 1998.

MATTOS, S.M.G. **Aspectos da biologia e dinâmica populacional de *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) (Pisces, Elasmobranchii, Carcharhinidae) na plataforma continental do estado de Pernambuco.** 1998. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 99p.

MATTOS, S.M.G., BROADHURST, M.K., HAZIN, F.H.V., JONNES, D.M. Reproductive biology of the Caribbean sharpnose shark, *Rhizoprionodon porosus*, from northern Brazil. **Mar. Freshwater Res.** 52, 745–752. 2001.

McPHAIL, J.D. Ecology and evolution of sympatric sticklebacks (*Gasterosteus*): morphological and genetic evidence for a species pair in Enos Lake. **British Columbia. Can. J. Zool.** 62, 1402-1408. 1984.

MENDONÇA, F.F. **Estudo da estrutura populacional de gênero *Rhizoprionodon* (*Chondrichthyes*, *Carcharhinidae*) na costa brasileira, utilizando marcadores moleculares do DNA mitocondrial.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 140p.

MENEZES, R. S. Some morphometric data on sharks embryo. **Arq. Est. Biol. Mar.Univ. Fed. Ceará**, v. 6(2), p. 143-146. 1966.

MOITA NETO, J.M.; MOITA, G.C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n.4, p.467-469. 1998.

MONTEALEGRE-QUIJANO, S. **Idade, crescimento e análise demográfica do cação *Rhizoprionodon porosus* (POEY, 1861) (Elasmobranchii: Carcharhinidae) na plataforma continental do estado do Pernambuco, Brasil.** 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 95p.

MONTEIRO, L.R., DI BENEDITTO, A.P.M., GUILHERMO, L.H., RIVERA, L.A. 2005. Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes. **Fisheries Research** 74, Issues 1-3, p. 288-299. 2005.

MONTEIRO, L.R., REIS, E S.F. **Princípios de morfometria geométrica.** Ribeirão Preto: Holos. 198p. 1999.

MORAES, D.A A Morfometria Geométrica e a sua “Revolução na Morfometria”: localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. **Bioletim**, ano III, nº 3. 2003.

MOTTA, F.S.; GADIG, O.B.F, NAMORA, R.C. Aspectos do desenvolvimento embrionário do cação-frango *Rhizoprionodon lalandii* no litoral sul de São Paulo. **In:** REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA ESTUDO DOS ELASMORÂNQUIOS, 2, Santos, **Resumos:** p.15. 2002.

MOTTA, F.S.; GADIG, O.B.F; BRAGA, F.M.S; NAMORA, R.C. Size and sex compositions, length-weight relationship, and occurrence of Brazilian sharpnose shark, *Rhizoprionodon lalandii*, caught by artisanal fishery from southeastern Brazil. **Fisheries Research**, 74: 116-126. 2005.

MOTTA, F.S.; MOURA, R.L.; FRANCINI-FILHO, R.B.; NAMORA, R.C. Elasmobrânquios dos Recifes Manoel Luís – MA. **In:** ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 13, São Carlos. **Resumos.** p. 267. 1999.

MOURA, L.M., SOUZA, A.M. Sintopia dos Nervos Cranianos de *Rhizoprionodon lalandei* (Valenciennes, 1841) Carcharhinidae, Elasmobranchii. **In:** ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 13, São Carlos. **Resumos.** p. 360. 1999.

MYERS, R., AND WORM, B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. **Nature**, vol. 423, pp. 280-283. 2003.

NAMORA, R.C. Hábitos alimentares do cação-frango, *Rhizoprionodon lalandii* (Elasmobranchii, Carcharhinidae) na costa sul e São Paulo. **Relatório Técnico Final, FAPESP.** 51 p. 2002.

NAMORA, R.C. **Hábitos alimentares do Cação-frango *Rhizoprionodon lalandii* (Elasmobranchii: Carcharhinidae) na costa sul de São Paulo.** 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 170p.

NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE. **Final United States national plan of action for the conservation and management of sharks.** Highly Migratory Species Division, National Marine Fisheries Service, Silver Spring, Maryland. 2001.

NAYLOR, G. J. P. AND MARCUS, L. Identifying isolated shark teeth of the genus *Carcharhinus* to species: reference for tracking phyletic change through the fossil record. **American Museum Novitates**, 3109: 1-53. 1994

NAYLOR, G. J. P. The phylogenetic-relationships among requiem and hammerhead sharks - inferring phylogeny when thousands of equally most parsimonious trees result. *Cladistics-the International Journal of the Willi Hennig Society*, 8 (4): 295-318. 1992.

PANTANO NETO, J., SOUZA, A.M. Morfologia o Aparelho Respiratório de *Rhizoprionodon lalandei* (Valenciennes, 1841) Carcharhinidae, Elasmobranchii. **In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA**, 13, São Carlos. **Resumos**. p. 363. 1999.

PARSONS, G.R. Growth and age estimation of the Atlantic Sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae*: a comparison of techniques. **Copeia** 1, 80–85. 1985.

PARSONS, G.R. The reproductive biology of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson). **Fishery Bulletin** 81, 61–73. 1983.

PARSONS, G. R. & HOFFMAYER, E. R. Seasonal changes in the distribution and availability of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* in the north central Gulf of Mexico. **Copeia** 2005, 913–919. 2005.

PEREIRA DA SILVA. Especiação no ambiente marinho. Capítulo 2.35- 47. **In: Biologia Marinha**. eds. Renato Crespo Pereira & Abílio Soares-Gomes. Editora Interciência, 382 p. 2002.

PERES, P. R. NETO; VALENTIN, J. L.; FERNANDEZ, F. Tópicos em tratamentos de dados biológicos. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1995.

PERUQUETTI, R.C. Dimorfismo sexual em machos de *Euglossa mandibularis* Friese (Apidae, Euglossina). **Revista Brasileira de Zoologia** 19(4): 1223-1226. 2002.

PIORSKI, N.M. & NUNES, J.L.S. Dimorfismo sexual e tendência alométrica de *Urotrygon microphthalmum* Delsman, 1941 (Elasmobranchii: Urolophidae). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 13:1, p. 67-81. 2000.

PRADO, P. I., LEWINSOHN, THOMAS MICHAEL, CARMO, R. L. & HOGAN, D. J. Ordenação Multivariada na Ecologia e seu Uso em Ciências Ambientais. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, SP: v.10, p. 69-83. 2002.

PRATT, H.L. The storage of spermatozoa in the oviducal glands of western North Atlantic sharks. **Environ. Biol. Fishes** 38,139–149. 1993.

QUEIRÓZ, E. L.; AMADO-GAMA, A. A importância da Baía de todos os Santos no ciclo de vida de *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861). **In: REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO SOBRE PESCA E PESQUISA DE TUBARÕES E RAIAS NO BRASIL**, 5, Santos. **Resumos**, p. 29. 1991.

REIS, S.F. Morfometria e estatística multivariada em biologia evolutiva. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.5, n.4, p.571-580. 1988.

REIS, S.F.; CUNHA, R.A.; GARAVELLO, J.C.; ABE, A.S. Discriminação pela forma em relação ao tamanho: um exemplo com peixes do gênero *Leporinus*. **Ciência e Cultura**. v.39, p.757-761. 1987.

REIS, M.A. GOMES, U.L. Considerações sobre a dentição de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) e (Elasmobranchii, Carcharhinidae). Parte III, Histologia dentária, Parte IV. **An. Acad bras Ciên**; 63 (3) 301-306. 1991.

REYMENT, R.A. & JÖRESKOG, K.G. **Applied Factor Analysis in the Natural Sciences**. Cambridge University Press, second printing. 1996.

RIDDELL, B. E., LEGGETT, W. C. & SAUNDERS, R. L. Evidence of adaptive polygenic variation between two populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) native to tributaries of

the S.W. Miramichi River, N.B. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 38, 321–333. 1981.

RIGA, F.; TROCCHI, V.; RANDI, E.; TOSO, S. Morphometric differentiation between the Italian hare (*Lepus corsicanus* De Winton, 1898) and the European brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). **Journal Zoology of London**, v.253, p.241-252. 2001.

ROELKE LA, CIFUENTES LA. Use of stable isotopes to assess groups of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the Gulf of Mexico and southeastern Florida. **Fish Bull** 95:540–551.1997.

SADOWSKY, V. The hammerhead sharks of the littoral zone of São Paulo, Brazil, with the description of a new species. **Bull. Mar. Sci.**, v.15, n. 1, p. 1-12. 1965.

SADOWSKY, V. Selachier aus dem Litoral von São Paulo, Bresilien. Beit. **Neotrop. Fauna**, v.5, n. 2, p. 71-88. 1967a.

SADOWSKY, V. The adult stage of the shark *Carcharhinus remotus* (Duméril, 1865). **Senck. Biol.**, v. 48, n. 5/6, p. 327-334. 1967b.

SADOWSKY, V. First record of broad-snouted seven-gilled shark from the Cananéia, Brazil. **Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo**, v.18, n. 1, p. 33-35. 1970a.

SADOWSKY, V. On the dentition of the sand shark, *Odontaspis taurus*, from Cananéia, coast fo Brazil. **Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo**, v. 18, n. 1, p. 1-10. 1970b.

SADOWSKY, V. Estudio economico sobre los elasmobranquios de la zona litoral paulista. *Carpas* 5, **Doc. Téc.**, v. 1, p. 1-11. 1971a.

SADOWSKY, V. Notes on the Bull shark, *Carcharhinus leucas*, in the lagoon region of Cananéia, Brazil. **Bol. Inst. Oceanogr. S. Paulo**. v. 20(2), p. 71-78. 1971b.



SADOWSKY, V. First record of the occurrence of an adult hammerhead shark (*Sphyrna mokarran*) in southern Brazilian waters. **Contrções Inst. Oceanogr.** Univ. S. Paulo, sér. Ocean. Biol., v. 24, p. 1-3. 1971c.

SALINI, J. P.; BLABER, J. M.; BREWER, D. T. Diets of sharks from estuarines and adjacent waters of the north-eastern Gulf of Carpentaria, Austrália. **Aust. J. Freshwater Res.**, v. 43, p. 87-96. 1992.

SWAIN, D.P. AND HOLTBY, L.B. Differences in morphology and behavior between juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) rearing in a lake or in its tributary stream. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**46, 1406-1414. 1989.

SWAIN, D.P. AND FOOTE, C.J. Stocks and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. **Fish. Res.** 43. 113-128. 1999.

SBEEL. **Plano nacional de ação para a conservação e o manejo dos estoques de peixes elasmobrânquios no Brasil.** Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios. Recife, 100 p. 2005.

SEDAR 13. **Stock Assessment Report Small Coastal Shark Complex, Atlantic Sharpnose, Blacknose, Bonnethead, and Finetooth Shark.** NOAA/NMFS Highly Migratory Species Management Division. Maryland. 2007.

SILVA, C.M.L.; ALMEIDA, Z.S. Alimentação de *Rhizoprionodon porosus* (Elasmobranchii: Carcharhinidae) da Costa do Maranhão, Brasil. **Boletim do Instituto de pesca**, São Paulo, 27(2): 201-207. 2001.

SHIBATTA, O. A.; ARTONI, R. F. Sobre a identidade das populações alopatricas de *Astyanax* (Characiformes, Characidae) das formações Furna 1 e Furna 2 do Parque

SHIBATTA, O. A.; HOFFMANN, A. C. . Variação geográfica em *Corydoras paleatus* (Jenyns) (Siluriformes, Callichthyidae) do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 366-371. 2005.

SHIBATTA, O.A., GARAVELLO, J.C. Estudo da variação geográfica em *Salminus hilarii* Valenciennes, 1849, das Bacias do alto Paraná e São Francisco, através da análise morfométrica multivariada em componentes principais. **Naturalia**, n.18, p.109-116. 1993.

SILVA, E. L. **Utilização de Técnicas Multivariadas no Estudo Morfométrico da albacora laje *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) do Atlântico**. 2000. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 64 p.

SILVA, A. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. **Journal of Marine Science**, 60: 1352-1360. 2003.

SILVA, C.M.L., ALMEIDA, Z.S. Alimentação de *Rhizoprionodon porosus* (Elasmobranchii: Carcharhinidae) da costa do Maranhão. **Bras. B. Inst. Pesca** 27 (2), 205–211. 2001.

SIMPFENDORFER, C.L. Reproductive strategy of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), from Cleveland Bay, northern Queensland. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.** 43, 67–75. 1992.

SIMPFENDORFER, C.L. Age and growth of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from north Queensland, Australia. **Environmental Biology of Fishes**. v. 36, p. 233-241. 1993.

SIMPFENDORFER, C.L. Diet of the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Queensland. **Mar. Freshwat. Res.** v. 49(7), p. 757-761. 1998.

SIMPFENDORFER, C.L. Mortality estimates and demographic analysis for the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. **Fish. Bull.** v. 97, p. 978-986. 1999.

SIMPFENDORFER, C.L.; MILWARD, N.E. Utilization of a tropical bay as a nursery area by sharks of the families Carcharhinidae and Sphyrnidae. **Environ. Biol. Fishes** 37, 337–345. 1993.

SMITH, S.E., Au, .W.; SHOW, C. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. **Marine and freshwater Research** 49, 663-678. 1998.

SOUZA, A. M.; KAKIMOTO, J. E.; INTELIZANO, W. Anatomia descritiva dos cíngulos peitoral e pelvino, e respectivos pterigióforos de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) (Carcharhinidae, Elasmobranchii). **Publ. Avul. Inst.Pau Brasil**. v. 2, p. 13-33. 1999a.

SOUZA, A. M.; MARTINS, C. S.; INTELIZANO, W. Anatomia descritiva do viscerocrânio de *Rhizoprionodon lalandii* (Valenciennes, 1839) (Carcharhinidae, Elasmobranchii). **Publ. Avul. Inst.Pau Brasil**. v. 2, p. 35-49. 1999b.

SOTO, J. M. R. Os parâmetros questionáveis que sustentam *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861), um evidente sinônimo de *R. terraenovae* (Richardson, 1836) (Carcharhiniformes, Carcharhinidae). Resumos. IV Reunião **SBEEL**. Recife. 178 – 179. 2004.

SPRINGER, V. G. *A revision of yhe carcharhinidae shark genera Scoliodon, Loxodon, and Rhizoprionodon*. **Proc. U. S. Nat. Mus.** , Washington, v. 115, n. 3493, p. 559-632. 1964

SPRINGER, V. G. & GARRICK, J.A.F. A Survey of Vertebral Numbers in Sharks. **Proceedings o the United States National Museum**. Smithsonian Institution. Washington, D.C. vol. 116 n. 3496 p. 73-96. 1964.

STEVENS, J. D.; BONFIL, R.; DULVY, N. K.; WALKER, P. A. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and implications for marine ecosystems. **Journal of Marine Science**. v. 57, p. 476-494. 2000.

STEVENS, J. D.; MCLOUGHLIN, K. J. Distribution, size and sex composition, reproductive biology and diet of sharks from northern Australia. **Aust. J. Mar. Freshw. Res.** v. 42, p. 151-199. 1991.

THORPE, R.S. Biometric analysis of geographic variation and racial affinities. **Biol. Rev.**, 51: 407-452. 1976.

THORPE, R.S. Geographic variation: a synthesis of cause, data pattern and congruence in relation to subspecies, multivariate analysis and phylogenies. **Boll. Zool**, 54: 3-11. 1987.

TODD, T.N., WALDBESER, L.S. AND WARD, R. Use of single-stranded conformational polymorphisms (SSCP) to detect species relationships and population structure in the Atlantic sharpnose shark (*Rhizoprionodon terraenovae*) and the Caribbean sharpnose shark (*R. porosus*). **Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute** 55: 294-305. 2004.

VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica \_ uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Interciência, Rio de Janeiro. 2000.

VOOREN, C.M. & KLIPPEL, S. Ações para a Conservação de tubarões e raias na Plataforma Sul.Cap. 14, 229-238. *In: Ações para a Conservação de Tubarões e Raias no Sul do Brasil*. Vooren, C.M. & Klippel (editores), S. Igaré Editora, Porto Alegre, 261 pp. 2005.

WAINWRIGHT, P. C., C. W. Osenberg, and G. G. Mittelbach. Trophic polymorphism in the pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus* Linnaeus): effects of environment on ontogeny. **Funct. Ecol.** 5:40-55. 1991.

ZAR, J.H. **Bioestatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey.1999.

.

## **ANEXO**

**Diretrizes para autores - *Environmental Biology of Fishes***

## *Environmental Biology of Fishes*

Editor-in-Chief: David L.G. Noakes

ISSN: 0378-1909 (print version)

SSN: 1573-5133 (electronic version)

---

### **Aims and Scope**

Environmental Biology of Fishes (EBFI) is an international journal devoted to publishing original studies on the ecology, conservation, life history, behavior, physiology, development, sensory biology, morphology, systematics and evolution of fishes. We publish empirical and theoretical papers dealing with the relationship between fishes and their external and internal environment, whether natural or unnatural. In particular, the journal concentrates on papers which advance scholarly understanding and which draw on a variety of disciplines in reaching this understanding. Relevant concepts in biology and philosophy of science are also published.

Environmental Biology of Fishes publishes editorials, invited editorials, papers, brief communications, rapid communications, essays, invited reviews, book critiques, and editorial comment and announcements. Occasional issues are dedicated to the proceedings of relevant topical conferences, which may also appear in a hardcover edition in the companion series *Developments in Environmental Biology of Fishes*. Environmental Biology of Fishes is published in three annual volumes of approximately 480 pages each. Four issues will form a volume. A general Table of Contents, Authors' Index and Acknowledgements for Refereeing will appear at the end of each volume.

### **Contributions**

Unsolicited manuscripts must fall within the aims and scope of the journal and should not exceed 30 pages in manuscript length (including figures, tables and literature). Invited editorials or reviews, book critiques, essays, and announcements are published at the discretion of the editor and the publisher. Suggestions for special issues must first be presented in outline form to the Editor-in-Chief for consideration for publication.

### **Threatened Fishes of the World Submissions**

All Threatened Fishes of the World (TFOTW) submissions follow the same language requirements, and referencing style and format as full length manuscript submissions. A word limit of 300 words is mandatory for all TFOTW submissions (excluding literature cited). All TFOTW submissions should also be accompanied by a high quality black and white line illustration. Photographs are not acceptable as they are generally of lower quality. Submissions not accompanied by a black and white line drawing will be returned to the author and will not be considered for publication. It is mandatory that at least one author have previously published on the species being considered as a TFOTW species.

### **Online Manuscript Submission**

Springer now offers authors, editors and reviewers of Environmental Biology of Fishes the option of using our fully web-enabled online manuscript submission and review system. To keep the review time as short as possible (no postal delays!), we encourage authors to submit manuscripts online to the journal's editorial office. Our online manuscript submission and review system offers authors the option to track the progress of the review process of manuscripts in real time.

The online manuscript submission and review system for Environmental Biology of Fishes offers easy and straightforward log-in and submission procedures. This system supports a wide range of submission file formats: for manuscripts - Word, RTF, TXT and LaTeX; for figures - TIFF, GIF, JPEG, EPS, PPT, and Postscript.

### **NOTE:**

By using the online manuscript submission and review system, it is NOT necessary to submit the manuscript also in printout + disk. In case you encounter any difficulties while submitting your manuscript on line, please get in touch with the responsible Editorial Assistant by clicking on "CONTACT US" from the tool bar. The Editor-in-Chief or an Advisory Editor will submit each paper to at least two reviewers. Manuscripts must be submitted exclusively to Environmental Biology of Fishes and are accepted on the understanding that they have not been, nor will be, published elsewhere. If accepted for publication, all materials become the copyright of the Journal.

All submissions must be complete with all figures and tables at the time of submission. Any manuscript that falls out of the journal's policy or scope or is too long may be returned. The final decision to publish any material in the journal or book series rests with the Editor-in-Chief. There are no page charges.

**Manuscripts should be submitted to:**

<http://ebfi.edmgr.com>

**Manuscript Format**

Papers should be submitted in English. Spelling may follow either American (Webster) or British (Oxford) usage but must be consistent. When preparing manuscripts authors should follow the most recent issues of *Environmental Biology of Fishes*.

Please note the journal's usage of lower-case and capital letters and punctuations as well as the left justification of all headings. We do not place a comma between the author's name and the year of publication in text citations; volume numbers and names of journals or book titles are not underlined; page numbers are incorporated in books and theses cited; figures in text and their captions are to be numbered consecutively, e.g. 'Figure 1', 'Figure 2' or 'Figures 1, 2' and 'Table 1'. The word 'Figure' is not abbreviated in the text or figure legends. Single quotation 'marks' are to be used throughout; only quotation marks " the single quotation marks can be the usual ``double marks".

Only generic or specific names should be underlined or printed in italics. Do not underline or italicize Latin or foreign idioms or abbreviations, such as, *a priori*, *en passant*, *et al.* Common abbreviations, such as mm, m, km, g, kg, ml, l (liter), mg, h (hour), min, sec, %, should be used only with numerals, in lower case, and without periods. Other abbreviations should have periods in the proper place, e.g., *ad lib.* (= *ad libitum*), *cf.* (= compare), *ca.* (= circa, about), *e.g.* (= *exempli gratia*, for example), *no.* (= number), *op. cit.* (= *opere citato*, in the work cited), *i.e.* (= *id est*, that is), and *vs.* (= versus).

**Title Page**

The title page should give the title of the paper, the name of the author (given name in full) and her or his affiliation and address (underlined or in italics) followed by the e-mail address of the senior or corresponding author, and finally, at bottom of the page the key words (no



more than six) in lower case which should complement the title but not repeat words in it. Multiple authors should form a single line with the ' ' sign instead of an `and' before the last author, with superscript numbers referring to appropriate lines of affiliation. If the first or senior author is not handling the correspondence one of the others should be clearly designated for mailing. Multiple authors should be arranged alphabetically if all are equal, otherwise according to seniority. Unless indicated otherwise, the first or senior author's address is to be used for correspondence and receiving proofs. Corresponding authors are responsible for checking with their co-authors concerning corrections and ordering of reprints.

### **Synopsis**

The Synopsis, on the second page, should not exceed one double-spaced page. It should summarize the most important findings and observations presented in the paper. Do not repeat details of methods or results in the Synopsis.

### **Text of the Manuscript**

The typical sections of the manuscript would include:

- Introduction (including scope or history of the issue)
- Material and methods (approach)
- Results
- Discussion/ Conclusion
- Acknowledgements
- References cited

Use headings and subheadings only if they are informative and necessary to the context of the paper. There should be no more than three ranks of headings. Do not number section headings. Do not use abbreviations or acronyms without an initial explanation of their meaning.

### **Acknowledgements**

Acknowledge only individuals or organizations critical to the development of the paper and state clearly and concisely their contribution to the manuscript. Acknowledgement of outside reviewers contributing to the manuscript before submission for publication is encouraged.

## References

### 1. Journal article:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

### 2. Inclusion of issue number (optional):

Saunders DS (1976) The biological clock of insects. *Sci Am* 234(2):114–121

### 3. Journal issue with issue editor:

Smith J (ed) (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233

### 4. Journal issue with no issue editor:

*Mod Genomics J* (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233

### 5. Book chapter:

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York

### 6. Book, authored:

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

### 7. Book, edited:

Smith J, Brown B (eds) (2001) *The demise of modern genomics*. Blackwell, London

### 8. Chapter in a book in a series without volume titles:

Schmidt H (1989) Testing results. In: Hutzinger O (ed) *Handbook of environmental chemistry*, vol 2E. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 111

### 9. Chapter in a book in a series with volume title:

Smith SE (1976) Neuromuscular blocking drugs in man. In: Zaimis E (ed) *Neuromuscular junction*. *Handbook of experimental pharmacology*, vol 42. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp593–660

10. Proceedings as a book (in a series and subseries):

Zowghi D et al (1996) A framework for reasoning about requirements in evolution. In: Foo N, Goebel R (eds) PRICAI'96: topics in artificial intelligence. 4th Pacific Rim conference on artificial intelligence, Cairns, August 1996. Lecture notes in computer science (Lecture notes in artificial intelligence), vol 1114. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 157

11. Proceedings with an editor (without a publisher):

Aaron M (1999) The future of genomics. In: Williams H (ed) Proceedings of the genomic researchers, Boston, 1999

12. Proceedings without an editor (without a publisher):

Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. In: Abstracts of the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978

13. Paper presented at a conference:

Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. Paper presented at the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978

14. Patent:

Name and date of patent are optional

Norman LO (1998) Lightning rods. US Patent 4,379,752, 9 Sept 1998

15. Dissertation:

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

16. Institutional author (book):

International Anatomical Nomenclature Committee (1966) *Nomina anatomica. Excerpta Medica*, Amsterdam

17. Non-English publication cited in an English publication:

Wolf GH, Lehman P-F (1976) Atlas der Anatomie, vol 4/3, 4th edn. Fischer, Berlin. [NB: Use the language of the primary document, not that of the reference for "vol" etc.!]

18. Non-Latin alphabet publication:

The English translation is optional.

Marikhin VY, Myasnikova LP (1977) Nadmolekulyarnaya struktura polimerov (The supramolecular structure of polymers). Khimiya, Leningrad

19. Published and In press articles with or without DOI:

19.1 In press

Wilson M et al (2006) References. In: Wilson M (ed) Style manual. Springer, Berlin Heidelberg New York (in press)

19.2. Article by DOI (with page numbers)

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med 78:74–80. DOI 10.1007/s001090000086

19.3. Article by DOI (before issue publication with page numbers)

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med (in press). DOI 10.1007/s001090000086

19.4. Article in electronic journal by DOI (no paginated version)

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. Dig J Mol Med. DOI 10.1007/s801090000086

20. Internet publication/Online document

Doe J (1999) Title of subordinate document. In: The dictionary of substances and their effects. Royal Society of Chemistry. Available via DIALOG. [http://www.rsc.org/dose/title of subordinate document](http://www.rsc.org/dose/title%20of%20subordinate%20document). Cited 15 Jan 1999

20.1. Online database

Healthwise Knowledgebase (1998) US Pharmacopeia, Rockville.  
<http://www.healthwise.org>. Cited 21 Sept 1998

Supplementary material/private homepage - Doe J (2000) Title of supplementary material.  
<http://www.privatehomepage.com>. Cited 22 Feb 2000

University site - Doe J (1999) Title of preprint. <http://www.uni-heidelberg.de/mydata.html>.  
Cited 25 Dec 1999

FTP site - Doe J (1999) Trivial HTTP, RFC2169. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2169.txt>. Cited  
12 Nov 1999

Organization site - ISSN International Centre (1999) Global ISSN database.  
<http://www.issn.org>. Cited 20 Feb 2000

### **Tables**

Captions for Tables and Appendices should be placed above each table or appendix. Reference should be made to each table and figure in the text. Do not insert vertical rules or dotted lines in the tables. Tables must be double spaced, on separate numbered pages (one table per page) at the end of the manuscript. Do not embed tables in your manuscript. Use horizontal lines sparingly, and no vertical lines. Each table must have an Arabic number (sequentially based on their citation in the manuscript) and a concise title that explains all of the information given in the table. Put all sources, technical details, etc. in the caption rather than in footnotes whenever possible. Put values to be compared in columns, not rows. Tables must be fully selfexplanatory, so that they can be understood without reference to the text.

### **Figure Legends**

Figures should be numbered in Arabic numerals. Captions for illustrations should be typed separately in the same form as the text. All figure descriptions should be in lower case (including a, b, c ... labels in a collage) except for the first letter of the first word.

### **Figures**

Send illustrations on separate pages at the end of the manuscript. Do not embed illustrations or figures in the text. Upload good quality copies of line drawings, photos, x-ray images, micrographs, computer-generated illustrations or maps in your first submission. Always use scale bars to indicate reference size, magnification, map distance, or other dimensions.

Symbols, letters and numerals must be at least 1.5 mm high when the figure is reduced to the appropriate size (column width), and must simulate as much as possible the typeset letters or numerals (do not typewrite or use computer graphics).

Color reproductions are allowed but must be paid per page, and the author or employer or sponsor must guarantee the costs when color reproductions are requested. Otherwise no page charges are requested.

### **Units, Symbols and Mathematics**

Measurements should be given in metric units (SI symbols) only. The inclined vertical line must not be used as an abbreviation for per. Data requiring this treatment should appear as in the following examples: 2 m sec<sup>-1</sup>, 10 mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 2.1 x 10<sup>5</sup> cells cm<sup>-2</sup>. For dates use day-month--year sequence such as 1 May 1989 or 1.5.1989. For abbreviations of months in figures and tables use three letters such as 'Jan, Mar, Apr, Jul, Aug,' without a period. Follow standard mathematical notation in formulae. Explain any special characters.

### **Manuscript Proofs**

The publisher will send page proofs to the first author unless otherwise stated on the title page of the manuscript. Proofs must be corrected and returned within 1 week of receipt. Alterations in proof other than correction of printer's errors may be charged to authors. Authors are responsible for errors in typesetting; alterations of contents in proofs must be held to a minimum.

### **Reprints**

The authors will obtain 50 reprints free of charge (sent to the corresponding author); additional reprints can be ordered at a specified rate on a form accompanying proofs.

### **Copyright**

Papers are processed with the understanding that they have not been published, submitted, or accepted for publication elsewhere. All papers accepted for publication are subject to editorial revisions. Papers cannot be processed further if a signed copy of the Consent to Publish and Transfer of Copyright form does not accompany the revised final copy or proofs. By submitting a manuscript authors agree that the copyright is transferred to the publisher if and when the article is accepted for publication. The copyright covers the exclusive rights to

reproduce and distribute the article, including reprints, photographic reproductions, microfilm or any reproduction of a similar nature, and transactions.

Written permission to publish illustrations must be obtained by the author before submission and any acknowledgement should be included in the figure captions (use the format 'reproduced with permission from Noakes 1992' unless the copyright holder asks otherwise).

### **Springer Open Choice**

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springers online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please click on the link below to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

- [www.springer.com/openchoice](http://www.springer.com/openchoice)