

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO AGULHÃO NEGRO  
(*Makaira nigricans* Lacépède, 1803) NO ATLÂNTICO OESTE  
TROPICAL.**

**CAROLINA MARTINS TORRES DA SILVA**

**RECIFE  
Fevereiro/2007**

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

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO AGULHÃO NEGRO (*Makaira nigricans* Lacépède, 1803) NO ATLÂNTICO OESTE TROPICAL.**

Dissertação apresentada ao **Programa de -Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura** da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de **Mestre em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura.**

**ORIENTADOR: D.Sc. Paulo Travassos.**  
Depto. De Pesca e Aqüicultura, UFRPE.

FEVEREIRO/2007.

Ficha catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

S586b Silva, Carolina Martins Torres  
Biologia reprodutiva do agulhão negro *Makaira nigricans*  
(Lacépède, 1803) no Atlântico oeste tropical / Carolina  
Martins Torres da Silva. -- 2007.  
74 f. : il.

Orientador : Paulo Travassos  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicul-  
tura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Depar-  
tamento de Pesca e Aqüicultura.  
Inclui anexo e bibliografia

CDD 639.32

1. Biologia reprodutiva
  2. Agulhão negro
  3. *Makaira nigricans*
  4. Atlântico tropical
- I. Travassos, Paulo
  - II. Título

PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

Parecer da comissão examinadora da defesa de dissertação de mestrado de

**CAROLINA MARTINS T. DA SILVA**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO AGULHÃO NEGRO (*Makaira nigricans* Lacépède, 1803) NO ATLÂNTICO OESTE TROPICAL.**

Área de concentração: **Recursos Pesqueiros**

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do orientador, considera a candidata **CAROLINA MARTINS T. DA SILVA** como aprovada.

Recife, 26 de Fevereiro de 2007.

---

Prof. D.Sc Paulo Travassos. (UFRPE)  
**ORIENTADOR**

---

Prof. D.Sc Fábio Hissa Hazin. (UFRPE)  
**Membro interno**

---

D.Sc Humberto Gomes Hazin. (UFRPE)  
**Membro externo**

---

Prof<sup>a</sup>. D.Sc Rosana C. de Souza. (UFRPE)  
**Membro externo**

---

Prof<sup>o</sup>. D.Sc Athiê Jorge Guerra Santos (UFRPE)  
**Membro suplente**

*Dedico este trabalho às mulheres da minha vida.  
Minha avó, Cacilda,  
Minha mãe, Euda,  
Minhas irmãs, Rosalia e Patrícia e  
minha filha, Beatriz!*

*Carolina Martins Torres da Silva*

## AGRADECIMENTOS

- Serei eternamente grata às águas, particularmente aos oceanos e mares, onde encontro minha paz, onde sempre encontro harmonia, onde tudo realmente é perfeito.
- A minha avó, Dona Cacilda pelo seu amor, pelo seu carinho, por sua admirável sabedoria, pela convivência de todo dia. Amo você!
- A minha mãe gostaria de agradecer mais do que todos os cuidados nesses meus 28 anos, pois sem ela, eu não teria chegado aqui. Obrigada!
- Ao meu companheiro Chico por ter me presenteado com seu amor, pela dedicação, pelo carinho e cumplicidade tornando minha vida mais gostosa de ser vivida.
- A minha filha Beatriz pela pureza, pelo amor incondicional e pela inexistência de palavras para falar sobre a nossa relação.
- As minhas amadas irmãs, Rosália e Patrícia por compor minha célula familiar, pelo carinho, respeito e admiração. Aos meus sobrinhos, Vinícius e Felipe que são o início de uma nova geração familiar.
- A Dione, Hélio, Juliana e Bruno por me acolherem tão bem em suas casas e suas vidas, pela parcela de contribuição que cada um, em particular, me doa diariamente, completando minha vida.
- Meus sinceros agradecimentos a Katiane e a Marina que encararam essa empreitada de trabalho e que me ajudam todos os dias a crescer.
- Ao meu orientador, Dr. Paulo Travassos, pela compreensão e profissionalismo e ao Dr. Fábio Hazin por repassar um pouco dos seus conhecimentos em aulas empolgantes.
- À Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, pelo apoio concedido para a realização e conclusão deste trabalho com sucesso.
- A todos que compõem o LOP e o LEMAR e que conviveram comigo dia-a-dia, e me ajudaram bastante na execução desse trabalho, especialmente a Lays, Regina, Bruno, Cláudio, Dani, Renatinha, Patty Amaral, Mariana e Mauricio.

# SUMÁRIO

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE ABREVIATURAS**

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
2.1 Geral	18
2.2 Específicos	18
<b>3. REVISÃO LITERÁRIA</b>	<b>19</b>
3.1 Taxonomia	19
3.2 Identificação e Morfologia	19
3.3 Nomes comuns	22
3.4 Distribuição	23
3.5 Biologia reprodutiva	24
3.6 Hábitos alimentares	26
3.7 Estrutura do estoque	27
3.8. As capturas do agulhão negro pela pesca de atuns	28
<b>4. ARTIGO CIENTÍFICO</b>	<b>30</b>
<b>5. COMENTÁRIOS FINAIS</b>	<b>59</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>60</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>66</b>

## LISTA DE FIGURAS

REVISÃO LITERÁRIA	págs
<b>Figura 1:</b> Exemplar de <i>Makaira nigricans</i> , Lacépède (1803).	22
<b>Figura 2:</b> Distribuição geográfica de <i>Makaira nigricans</i> no oceano Atlântico de acordo com a ICCAT.	24
 <b>ARTIGO CIENTÍFICO:</b> Biologia reprodutiva do Agulhão negro ( <i>Makaira nigricans</i> Lacépède 1803), o Atlântico oeste tropical.	
<b>Figura 1:</b> Distribuição da freqüência por intervalo de comprimento (MIF) do <i>M. nigricans</i> amostrados por sexo.	39
<b>Figura 2:</b> Fotomicrografias dos ovários do agulhão negro por estágios maturacionais	42
<b>Figura 3:</b> Fotomicrografias dos testículos do agulhão negro por estágios maturacionais	43
<b>Figura 4:</b> Distribuição mensal da freqüência relativa para os estágios de maturação para as fêmeas de agulhão negro.	44
<b>Figura 5:</b> Distribuição mensal da freqüência relativa para os estágios de maturação para os machos de agulhão negro	44
<b>Figura 6:</b> Curva logística da estimativa do L <sub>50</sub> para as fêmeas de <i>M. nigricans</i>	46
<b>Figura 7:</b> Curva logística da estimativa do L <sub>50</sub> para os machos de <i>M. nigricans</i>	46
<b>Figura 8:</b> Distribuição da média mensal do Índice gonadal para as fêmeas de <i>M. nigricans</i> .	47
<b>Figura 9:</b> Distribuição da média mensal do Índice gonadal para os machos de <i>M. nigricans</i>	47
<b>Figura 10:</b> Relação entre o peso gonadal e o comprimento MIF por estágio maturacional para as fêmeas de <i>M. nigricans</i>	43
<b>Figura 11:</b> Relação entre o peso gonadal e o comprimento MIF por estágio maturacional para os machos de <i>M. nigricans</i>	44
<b>Figura 12:</b> Mapa da distribuição espaço-temporal por estágio de maturação para as fêmeas de <i>M. nigricans</i>	50
<b>Figura 13:</b> Mapa da distribuição espaço-temporal por estágio de maturação para os machos de <i>M. nigricans</i> .	51
<b>Figura 14:</b> Distribuição da freqüência relativa pelo diâmetro dos ovócitos hidratados das fêmeas de <i>M. nigricans</i> .	53



## LISTA DE TABELAS

REVISÃO LITERÁRIA	págs
<b>Tabela 1:</b> Nomes comuns do <i>Makaira nigricans</i> em alguns países.	22
<b>ARTIGO CIENTÍFICO:</b> Biologia reprodutiva do Agulhão negro ( <i>Makaira nigricans</i> Lacépède 1803), o Atlântico oeste tropical.	
<b>Tabela 1:</b> Distribuição mensal dos indivíduos de <i>M. nigricans</i> amostrados no período de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	38
<b>Tabela 2:</b> Resumo das características microscópicas do aparelho reprodutivo do agulhão negro	40
<b>Tabela 3:</b> Proporção sexual por mês amostrado dos indivíduos de <i>M. nigricans</i> no período de novembro de 2004 a dezembro de 2005.	45
<b>Tabela 4:</b> Total de fêmeas analisadas de <i>M. nigricans</i> para estimativa da fecundidade	52
<b>ANEXO</b>	
<b>Tabela 1:</b> Tradução descritiva das características macroscópicas para gônadas dos agulhões, segundo Ovichinnikov (1970).	67
<b>Tabela 2:</b> Classificação geral do desenvolvimento do ovário para determinação de desova e maturidade do <i>Istiophurus platypterus</i> por Jolley (1977)	68
<b>Tabela 3:</b> Tradução descritiva das características microscópicas para gônadas de albacora-laje de Albaret (1977).	69

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACS - Ausência de conteúdo seminal.

CGJ - Células germinativas jovens

CFO - Células foliculares.

CS - Camada de sustentação.

CSM - Conteúdo seminal.

EO - Estroma ovariano.

FOV - Folículos ovarianos vazios.

GV - Grânulos de vitelos.

ICCAT - International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas

IN - Instrução normativa do Brasil.

MGP - Membrana glicoproteica.

MIF - Comprimento Mandíbula inferior a furca caudal.

N - Núcleo.

NL - Nucléolos. OR - Ovócito de reserva.

OR - Ovócito de reserva.

ORB - Ovócito de reabsorção.

OVL - Ovócito com vitelogênese lipídica.

SCRS - Standing Committee for Research and Statistics

SEAP - Secretária Especial de Aqüicultura e Pesca.

VS - Vacúo septal.

VL - Vacúolo.

## RESUMO

Atualmente, o estoque de agulhão negro no Atlântico encontra-se sobre-explotado devido ao intenso esforço de pesca dirigido para as capturas de atuns neste oceano, com um crescente número de participantes nas diversas modalidades de pesca industrial, artesanal e esportiva. O agulhão negro é uma espécie oceânica pelágica, sendo capturada acidentalmente como fauna acompanhante na pesca de atuns com espinhel. As avaliações de estoque realizadas, embora apresentem um grau de incerteza por falta de informações mais detalhadas acerca da sua biologia, levam em consideração a existência de um único estoque de agulhão-negro no Atlântico, como apontam estudos genéticos baseados em análises de DNA mitocondrial. Com o intuito de diminuir tais carências, o presente trabalho tem como objetivo principal investigar a biologia reprodutiva da espécie, detalhando a ovogênese e caracterizando os estágios microscópicos de maturação. A coleta de amostras foi realizada no período de dezembro de 2004 a outubro de 2006, seguida da análise microscópica para a identificação dos estágios maturacionais. O comprimento (MIF) para as fêmeas teve uma amplitude de 104 cm até 345 cm, com uma média de 210 cm. Para os machos, variou de 100 cm a 267 cm, com média de 189 cm. Foram identificados 6 estágios para fêmeas e 4 para machos dentro da escala microscópica confeccionada para a espécie. A proporção sexual de machos e fêmeas foi de 1,6: 1,0. O tamanho médio de 1ª maturação sexual foi estimado em 194,2 cm para as fêmeas e 168,6 cm para os machos. O agulhão negro possui desova parcelada e alta fecundidade, com uma amplitude de 2.151.000 a 6.769.060 ovócitos hidratados.

Palavras chaves: Agulhão negro, biologia reprodutiva, Atlântico tropical.

## ABSTRACT

Today, the Blue marlin stock is highly overexploited due to the intense fishing effort targeting tunas in the Atlantic Ocean. The blue marlin is an oceanic pelagic and migratory species caught as a tuna bycatch. Although current studies are imprecise, some mitochondrial DNA analysis has shown that there is a single Atlantic blue marlin stock. The present study has the objective to investigate the blue marlin's reproductive biology, detailing the ovogenesis and characterizing the microscopic maturity stages. The microscopic stages were analyzed through histological cuts stained with hematoxylin/eosin and evaluated under optical microscopy. The MIF length for females ranged from 104 to 345 cm, with a mean of 210 cm. For the males the MIF length ranged from 100 to 267 cm, mean 189 cm. The microscopic maturity scale made for the species is composed of 6 stages for the females and 4 stages for the males. The sexual proportion found is 1.6 males for each female. The mean first maturity size for females was 194.2 cm and for males was 168.6 cm. The spawn type observed was the partial one. The fecundity varied from 2,151,000 and 6,769,060 oocytes for females between 272 and 290 cm MIF length.

Keyword: Blue marlin, reproductive biology, tropical Atlantic.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O agulhão negro *Makaira nigricans* (Lacépède 1803), também vulgarmente conhecido como marlin azul, pertence à Ordem Perciformes e à Família Istiophoridae. É uma espécie oceânica pelágica, que realiza grandes migrações oceânicas (KITCHELL et al, 2006), sendo encontrado em regiões tropicais e temperadas do oceano Atlântico, entre 45°N e 40°S (BRILL et al, 1998), embora a sua presença em regiões temperadas limite-se normalmente aos períodos mais quentes do ano (NAKAMURA, 1985). A espécie é mais abundante no Atlântico ocidental do que no oriental, apresentando concentrações particularmente elevadas no Golfo do México, Caribe e costa do Brasil (WISE e DAVIS, 1973).

O agulhão negro tem grande importância ecológica, pois se alimenta de outros peixes pelágicos, ocupando o topo da teia trófica, contribuindo para o equilíbrio do ecossistema marinho. Sua alimentação é bastante diversificada, embora apresente preferência por atuns, bonitos, serras, cavalinhas, dourados, lulas e sépias (Ovichinnikov, 1970; Rivas, 1975). De hábito solitário, geralmente nadam sozinhos, exceto no período reprodutivo, quando formam pequenos grupos para desova. Os peixes mais jovens dessa espécie possuem um crescimento rápido, porém as fêmeas crescem com mais rapidez e alcançam um tamanho máximo superior ao dos machos (ICCAT, 2004). Em média, o agulhão negro é capturado com peso variando entre 136 a 180 kg, sendo geralmente as fêmeas os animais mais pesados. O comprimento dos peixes capturados no oceano Atlântico varia em média entre 230 a 345 cm.

Embora não seja espécie-alvo das pescarias, o agulhão negro é capturado em grandes quantidades pela pesca oceânica dirigida aos atuns (albacora laje - *Thunnus albacares*; albacora bandolim - *Thunnus obesus*; e albacora branca - *Thunnus alalunga*) e o espadarte (*Xiphias gladius*), principalmente com espinhel pelágico (NAKAMURA, 1975). O agulhão negro constitui-se, assim, em um importante representante da fauna acompanhante desta pescaria, sendo capturado em praticamente toda a sua área de ocorrência no oceano Atlântico (ICCAT, 1999, 2004). Entretanto, apesar de não ser a espécie-alvo dessa pescaria, a frota atuneira espinheleira que opera no Atlântico constitui-se na maior fonte de mortalidade da espécie (Kitchell et al, 2006). Em 2004, das 2.145 t capturadas em todo o Atlântico, 1.386 t foram oriundas desta pescaria, representando uma participação de quase 65%. Este fato está diretamente associado a algumas características biológicas do agulhão negro, como distribuição e hábito alimentar, as quais, por serem similares as dos atuns, torna-os vulneráveis à exploração pesqueira pela frota atuneira de vários países.

Uma outra fonte importante de mortalidade por pesca da espécie é a atividade de pesca com rede de emalhe praticada por Ghana, a qual representou cerca de 22% da captura total em 2004, com um valor médio de 27% para o período 2000-2005 (ICCAT, 2006). A espécie é também bastante visada pela pesca recreativa, principalmente no mar do Caribe, onde há uma indústria específica bastante consolidada e ainda em crescimento voltada para setor. Neste caso, entretanto, na maior parte dos torneios de pesca esportiva realizados, os exemplares capturados são liberados vivos de volta ao mar, havendo, provavelmente, uma mortalidade muito baixa nesta pescaria.

No que se refere ao Brasil, a pesca de atuns e afins com espinhel também apresenta uma captura relativamente elevada do agulhão negro. Em 2005, o País

participou com 16,6 % da produção total no Atlântico (3.676 t), sendo um dos principais responsáveis pelas capturas da espécie. Em média, a participação brasileira nas capturas do Atlântico é de cerca de 17%, de acordo com os dados obtidos para o período de 2000 a 2005 (ICCAT, 2006). Este fato está associado à grande concentração da espécie ao largo da costa brasileira, principalmente no primeiro e quarto trimestres do ano.

No oceano Atlântico, a Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT), considera a existência de um único estoque. Desta forma, só um órgão internacional de gestão pesqueira poderia levar a termo a conservação deste estoque, com medidas de controle e monitoramento para todos os países que pescam a espécie neste oceano. Entretanto, por ser fauna acompanhante da pescaria, existem ainda dificuldades relativas à gestão, principalmente no que se refere às deficiências na coleta de dados e à escassez de trabalhos científicos que permitam melhor conhecer a biologia da espécie, ambos de extrema importância para a avaliação do estoque. Na última avaliação da espécie, realizada no ano passado (2006), os resultados obtidos mostraram uma certa recuperação do estoque, comparando-os com a avaliação anterior, efetuada em 2000 (ICCAT, 2000, 2006), parecendo, pelo menos, ter ocorrido a interrupção do declínio da sua biomassa, observado nos anos anteriores.

Apesar das incertezas ainda existentes, esses resultados podem estar associados a uma resposta positiva ao plano de recuperação dos estoques de agulhões atualmente desenvolvido pela ICCAT (ICCAT, 2005). Para os pesquisadores presentes nesta última reunião de avaliação, a manutenção deste plano deve resultar em respostas positivas no futuro, embora a uma taxa de recuperação mais lenta da biomassa do que o esperado. Desta forma, a ICCAT, através da continuidade deste plano de recuperação, recomendou aos países membros um maior empenho no sentido de internalizar as



medidas de conservação e manejo estabelecidas pela Comissão, assim como melhorar a coleta de dados de captura e esforço e promover a realização de estudos que permitam aumentar os conhecimentos sobre a biologia da espécie.

Neste contexto, o Brasil, através da Secretária Especial de Aqüicultura e Pesca (SEAP), da Presidência da República, tem cumprido com suas obrigações, internalizando as medidas tomadas pela ICCAT. Dentre elas está o estabelecimento da quota de captura para o agulhão negro, de 253 t de peso vivo, através da Instrução Normativa Nº 2, de 2004 (SEAP, 2004). Nesta mesma instrução, o governo brasileiro proibiu a comercialização dos agulhões negro e branco, determinando que toda a produção desembarcada seja doada a instituições de caridade. Além disso, o governo tornou obrigatória a devolução ao mar de todos os exemplares das duas espécies, que se encontrarem vivos no momento do recolhimento do espinhel.

No que se refere à necessidade de aumentar os conhecimentos sobre a biologia da espécie, principalmente no que se refere à distribuição e abundância, biologia reprodutiva, hábito alimentar, idade e crescimento e ocupação do habitat pelágico oceânico associado a sua variabilidade espaço-temporal, o Brasil vem desenvolvendo o projeto “Biologia de Agulhões da Família Istiophoridae capturados no Oceano Atlântico Sul”, sobre as principais espécies capturadas pela frota atuneira brasileira, dentre elas o agulhão negro, com apoio financeiro da SEAP. Este projeto, realizado em cooperação com instituições de pesquisas brasileiras (Depto. de Pesca e Aqüicultura, da UFRPE, instituição coordenadora, Depto. de Oceanografia e Limnologia, da UFRN e Instituto de Pesca de São Paulo), americanas (Miami University, National Marine Fishery Service - NMFS, da National Ocean and Atmospheric Administration -NOAA, e o Virginia



Institut of Marine Science - VIMS) e venezuelanas, tem como objetivo principal estudar a biologia das principais espécies de agulhões (PROJETO AGULHÃO, 2004).

O presente trabalho, como parte integrante deste projeto, pretende contribuir com o aporte de novas informações sobre diversos aspectos da biologia reprodutiva do agulhão negro, subsidiando, assim, as ações a serem tomadas pelo Governo brasileiro para o desenvolvimento de uma pesca de atuns e afins sustentável ecologicamente, conservando as espécies que não são alvo desta pescaria, como o *Makaira nigricans*.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Geral

O presente estudo tem como objetivo principal obter informações sobre a biologia reprodutiva do agulhão-negro (*Makaira nigricans*), promovendo um maior entendimento da dinâmica populacional da espécie e uma adequada gestão dos seus estoques.

### 2.2 Específicos

- ✓ Identificar os estágios reprodutivos do agulhão negro;
- ✓ Definir o tamanho médio da primeira maturação sexual;
- ✓ Caracterizar os estágios microscópicos da evolução gonadal da espécie;
- ✓ Determinar o índice gonadal;
- ✓ Verificar o tipo de desova;
- ✓ Determinar a época e área de desova;
- ✓ Estimar a fecundidade da espécie;

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Taxonomia

A família Istiophoridae, a qual pertence o agulhão negro, possui 11 espécies distribuídos em três gêneros: 2 *Istiophorus*, 3 *Makaira* e 6 *Tetrapturus*. Cientificamente denominado *Makaira nigricans* Lacépède (1803), o agulhão negro encontra-se assim classificado sistematicamente (FAO, 1985):

**Filo:** Chordata

**Subfilo:** Vertebrata

**Superclasse:** Gnathostomata

**Classe:** Osteichythes

**Ordem:** Perciformes

**Família:** Istiophoridae

**Gênero:** *Makaira*

**Espécie:** *Makaira nigricans*

#### 3.2 Identificação e Morfologia

Os grandes peixes pelágicos caracterizam-se por apresentar corpo fusiforme, o que lhes confere maior eficiência natatória. São nadadores ativos que, de uma maneira geral, realizam grandes migrações, cumprindo diferentes etapas de seu ciclo de vida em

regiões distintas dos oceanos. A coloração desses peixes também é outra característica marcante, a qual se apresenta mais uniforme, variando desde o azul intenso no dorso ao prateado na região lateral e ventral (FAO, 1985).

### 3.2.1 Identificação do Gênero: *Makaira*

Esse gênero se distingue por ter a altura da primeira nadadeira dorsal inferior à altura do corpo, com nadadeiras pélvicas curtas e membranas pouco desenvolvidas. O corpo é levemente comprimido lateralmente, possuindo a parte postero-dorsal da cabeça acentuadamente convexa e o crânio largo (NAKAMURA, 1970).

### 3.2.2. Identificação da espécie: *Makaira nigricans*

O agulhão negro, de acordo com Nakamura (1970), é um peixe de grande porte, possuindo o corpo não muito comprimido e um focinho longo, robusto e circular em sua secção. A testa é bastante elevada, com ambas as mandíbulas e palato apresentando dentes pequenos e filiformes.

A espécie apresenta duas nadadeiras dorsais. A primeira, com 39-43 raios, é mais curta que a altura do corpo, apresentando o lobo bastante pontiagudo, o que o diferencia das demais espécies de agulhões. Esta primeira dorsal possui a base longa, a qual se origina acima da margem posterior do pré-opérculo e termina próxima à origem da segunda nadadeira dorsal. A segunda nadadeira dorsal, com 6 ou 7 raios, posiciona-se ligeiramente atrás em relação a segunda nadadeira anal, tendo base curta. As duas nadadeiras anais, também de base curta, apresentam de 13 a 16 raios (1ª) e de 6 a 7 (2ª),

sendo esta muito similar à segunda dorsal em relação a tamanho e forma. As nadadeiras peitorais são longas e estreitas e se encaixam perfeitamente em depressões existentes nos lados do corpo, possuindo de 19 a 22 raios. As nadadeiras pélvicas, são mais curtas que as peitorais, com a membrana pouco desenvolvida, encaixando-se também em depressões ventrais. O pedúnculo caudal é lateralmente comprimido e levemente deprimido dorso-ventralmente, apresentando quilhas duplas bem salientes em cada lado. O ânus está situado próximo à origem da primeira nadadeira anal, na parte superior (NAKAMURA, 1970; FAO, 1985; LESSA e NÓBREGA, 2000).

Segundo Ovchinnikov (1970), a agulhão negro apresenta corpo recoberto de escamas ósseas, longas e grossas, cada uma podendo possuir de 1 a até 3 pontas posteriores, sendo mais comum apenas 1.

A linha lateral da espécie forma um complicado padrão em forma de teia, bem evidente nos peixes jovens, mas não visível em adultos uma vez que ela torna-se mais profunda no tecido da pele (Nakamura, 1970).

O agulhão negro possui o corpo preto-azulado dorsalmente e prateado ventralmente, com cerca de aproximadamente 15 faixas verticais mais claras, em tom azul-cobalto, com cada uma sendo constituída de pontos arredondados e/ou barras estreitas. A primeira nadadeira dorsal é preta ou azul-escuro, sem nenhum ponto ou marca, com as outras nadadeiras apresentando coloração preto-marrom, algumas vezes azulada, com as bases das anais apresentando coloração branco-prateada (FAO, 1985; FIGUEIREDO e MENEZES, 1985) (Figura 1).



Figura 1: Exemplar de *Makaira nigricans*, Lacépède (1803) (Fonte: *Illustrations by Diane Rome Peebles* (www.sebastianchamber...)).

### 3.3 Nomes comuns

De acordo com o levantamento realizado por MATHER et al, (1975), os principais nomes comuns do *Makaira nigricans* (Lacépède, 1803) em alguns países encontram-se abaixo listados (Tabela 1).

**Tabela 1: Nomes comuns do *Makaira nigricans* em alguns países.**

PAÍSES	NOMES VULGARES	
África do Sul	Blue marlin	Blou marlin
Brasil	Agulhão negro	Marlin azul
Canadá	Blue marlin	Makaire bleu
Coréia	Nog-Sae-chi	
Cuba	Abanico	Aguja casta/Prieta
Espanha	Aguja azul	
Estados Unidos	Blue marlin	Cuban blak marlin
França	Makaire bleu	
Índias Ocidentais	Blue marlin	Squadron
Japão	Nishikurokajiki	Nishikuro
Marrocos	Espadon	
México	Marlín azul	Marlín negro
Portugal	Espadium azul	Peixe agulha
Rússia	Chernyi marlin	Goluboi marlin
Venezuela	Marlín azul	

### 3.4 Distribuição

O agulhão negro é considerado o mais tropical dos agulhões, embora seja também encontrado em regiões temperadas do oceano Atlântico, ocorrendo de 45°N a 40°S (FAO, 1985; BRILL et al, 1998). É mais abundante no Atlântico ocidental do que no oriental, apresentando concentrações particularmente elevadas no Golfo do México, Caribe e na costa leste da América do Sul (WISE e DAVIS, 1973). Ao longo da costa brasileira, o agulhão negro se distribui desde 5°N até 30°S, tanto na Zona Econômica Exclusiva quanto em águas internacionais adjacentes, embora seja mais abundante na região tropical (Figura 2).

É uma espécie pelágica oceânica, encontrada geralmente na camada homogênea, acima da termoclina, em águas com temperaturas que variam entre 22° e 30°C, embora apresente uma preferência por águas com temperaturas em torno de 26°C. De acordo com Yang e Gong (1988), a espécie se distribui preferencialmente em águas entre 100 e 190 m, associadas às faixas de temperatura acima mencionadas. Estudos recentes mostraram que a distribuição vertical da espécie tem uma grande correlação com a profundidade da camada homogênea e da termoclina, raramente ultrapassando essas faixas ou nadando em águas mais frias que 13°C. Em trabalho realizado no Atlântico com marcas eletrônicas tipo pop-up, Saito et al, (2006) registraram um mergulho a 120 m de profundidade, comprovando que existe uma correlação dessa espécie com a profundidade da camada de mistura superficial e da termoclina, onde a temperatura da água não ultrapassa menos de 13°C.

Estudos de marcação realizados recentemente têm mostrado que os agulhões negro chegam a realizar longas migrações, registrando-se em uma ocasião o deslocamento de 3.800 mn em 153 dias, o que corresponde a aproximadamente 46 km/dia (BAYLEY e PRINCE, 1994).

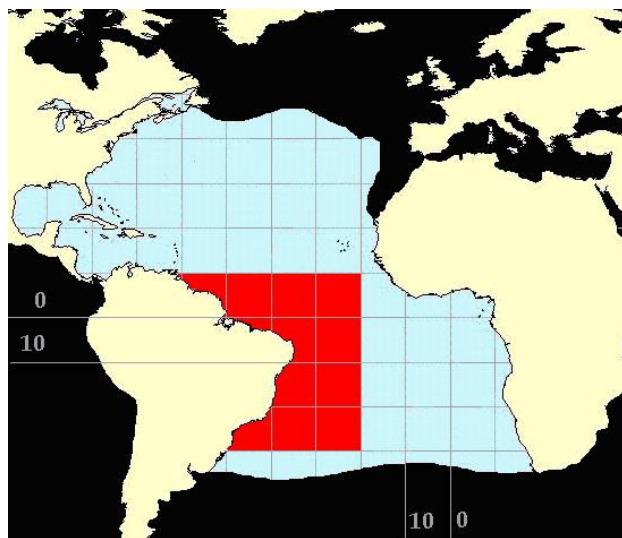


Figura 2: Distribuição geográfica (área azul) de *Makaira nigricans* no oceano Atlântico, indicando concentrações da espécie onde há capturas importantes com espinhel (área vermelha).

### 3.5 Biologia reprodutiva

Nos últimos anos os hábitos reprodutivos dos agulhões tem sido alvo de vários estudos, porém poucos trabalhos foram realizados acerca da biologia reprodutiva do agulhão negro. Sabe-se que são peixes solitários e que costumam formar pequenos grupos, com no máximo cinco indivíduos, na época de reprodução (NAKAMURA, 1985). De acordo com Ueyanagi et al, (1970), durante o primeiro trimestre do ano esta espécie costuma concentrar-se na costa sul do Brasil, entre 20°S e 30°S, para realizar a desova. Já no Atlântico noroeste, a reprodução parece ocorrer entre abril e setembro, em águas com temperaturas da superfície entre 26°C e 29°C (YEO, 1978). Estudos revelaram





que na costa da Venezuela não foi encontrada nenhuma fêmea madura, apesar de se observar alguns machos neste estado (GARCIA, et al, 1989). Agulhões negros marcados indicaram que nas proximidades da República Dominicana constitui uma área de desova (PRINCE et al, 2005). Recentemente observações confirmaram que ocorre atividade de desova da espécie também durante o mês julho nas Bermudas, a qual se estende significativamente para o norte nesta parte do Atlântico (LUCKHURST, 2006).

A espécie possui a ova de coloração variada de acordo com o estágio de maturação sexual, podendo se apresentar branca opaca à alaranjada. Os ovócitos medem geralmente entre 30 e 50  $\mu\text{m}$ , podendo um ovócito maduro medir cerca de 100  $\mu\text{m}$ . (NAKAMURA, 1985). A fecundidade de fêmeas medindo 237 cm e 251 cm de comprimento (mandíbula inferior – furca) foi estimada em  $7,0 \times 10^6$  e  $10,9 \times 10^6$  de ovócitos respectivamente (Yeo, 1978).

Embora dados de autores nacionais acerca da sua biologia ainda sejam escassos, algumas fêmeas maduras foram observadas nos meses de janeiro e fevereiro na costa sul e sudeste do Brasil, coincidindo com o período de águas mais quentes nesta região (Amorim et al, 1998). No mês de janeiro o processo de desova ocorre entre 20°S e 35°S e em fevereiro, um pouco mais ao norte, entre 17°S e 23° S. O peso médio dos indivíduos capturados, por outro lado, tende a ser bem maior no sul do que no nordeste do Brasil, indicando que a migração reprodutiva é realizada de forma diferenciada por tamanho, com uma maior participação de indivíduos de maior porte. As fêmeas crescem mais rápido e atingem um tamanho maior que os machos (ICCAT, 1998).

### 3.6 Hábitos alimentares

O agulhão negro é um peixe de hábitos diurnos, período no qual está mais próximo da superfície com o objetivo de se alimentar, parecendo não manifestar muito interesse por alimento durante a noite. São excelentes predadores, podendo, se necessário, realizar deslocamentos verticais profundos para se alimentar. Este comportamento foi comprovado pelo registro de *Pseudoscopelus* sp. em seus estômagos, de acordo com Nakamura (1985). Além disso, trabalhos recentes realizados com o uso de marcação eletrônica (pop-up tags), também comprovaram estes mergulhos em águas profundas (SAITO et al, 2006; PACHECO, Com. Pers).

Sua alimentação é bastante diversificada, embora em menor grau que outras espécies de agulhões, apresentando preferência por atuns, bonitos, serras, cavalinhas, dourados, lulas e sépias (NAKAMURA, 1985). Em trabalhos realizados na costa central da Venezuela, foram identificados dois principais itens alimentares do agulhão negro: os escombrídeos, com 78%, e as lulas. Dentre os escombrídeos, o de maior predominância foi o *Auxis* spp (GARCIA,1989).

De acordo com Vaske Jr. (2003), em estudo sobre o hábito alimentar do agulhão negro no Atlântico sudoeste equatorial, entre outubro de 1992 a novembro de 1999, foram encontrados cerca de 20 itens alimentares, dentre os quais os mais importantes foram *Ornithoteuthis antillarum* (lula) e *Brama brama*, os quais responderam, juntos, a 62% da dieta dos exemplares analisados. O tamanho da grande maioria das presas variou entre 1 e 10 cm, com média de 8,8 cm, sendo os atuns as maiores presas, medindo entre 30 e 40 cm. O tamanho das presas não variou de acordo com o tamanho

dos agulhões e o número de presas encontrado variou entre 1 e 6 itens. Estudos mais recentes, realizados no sudoeste equatorial do oceano Atlântico mostram que o espectro alimentar do agulhão negro se caracteriza por peixes e cefalópodes, sendo o *Katsuwonus pelamis* (bonito listrado) o principal item alimentar, seguido de formas jovens de *Dactylopterus volitans* (falso voador) e *Coryphaena hippurus* (dourado). Entre os cefalópodes, destacaram-se as famílias Ommastrephidae e Crachiidae (BARBOSA, 2005).

### 3.7 Estrutura do estoque

Atualmente a ICCAT considera a existência de um único estoque de agulhão negro no oceano Atlântico. Entretanto, esta hipótese é relativamente recente. Em 1970 foi realizado um trabalho de marcação que indicou concentrações de agulhão negro no Atlântico norte oriental nos meses de Junho até outubro e no Atlântico sul oriental entre fevereiro a abril, as quais representavam duas populações também distintas (MATHER, 1972). Em trabalho de marcação mais recente realizado por Baylei e Prince (1994), de 10 agulhões negros recapturados, 6 atravessaram o Atlântico, sempre de oeste para o leste e nenhum atravessou o equador para a Atlântico sul, sustentando a hipótese de 2 estoques de agulhões negro no oceano Atlântico.

Em 2001, análises do DNA mitocondrial do agulhão negro não descartou a hipótese da existência de um único estoque de agulhão negro em todo o Atlântico (Graves e McDowell, 2001). Levando em consideração essa possibilidade, a ICCAT analisou os resultados obtidos com as análises genéticas e com trabalhos de marcação (liberação e recaptura), chegando à conclusão de que é mais coerente a hipótese de um

único estoque para todo o oceano Atlântico (ICCAT, 2005), sobre a qual tem se baseado as medidas de conservação e manejo do estoque neste oceano.

### 3.8. As capturas do agulhão negro pela pesca de atuns

Dentre os métodos de pesca empregados nas capturas de atuns e afins, o agulhão negro é mais susceptível ao espinhel pelágico. Com este aparelho, cujas espécies-alvo são os atuns e de grande porte (*Thunnus* sp) e o espadarte (*Xiphias gladius*), o agulhão negro é capturado durante todo o ano em uma vasta região oceânica do Atlântico principalmente na parte tropical ocidental.

Segundo Nakamura (1985), existem duas temporadas de captura do agulhão negro no Atlântico, de acordo com os resultados das pescarias realizadas pela frota japonesa. A primeira delas ocorre no Atlântico sudoeste, ao largo da costa brasileira, no período de janeiro a abril, entre 5°S e 30°S, e a segunda no Atlântico noroeste, próxima ao Golfo do México, Caribe e principalmente Cuba, no período de junho a outubro, entre 10°N e 35°N (WISE and DAVIS, 1973). No Atlântico leste o agulhão negro é menos abundante e ocorre entre 25°N e 25°S, próximo à África (UEYANAGI, 1970).

Embora o agulhão negro seja bastante apreciado na pesca esportiva, há pouca informação sobre as capturas realizadas por este setor no Atlântico. Esta pescaria é bastante desenvolvida no Estados Unidos e no Caribe, estando em plena expansão aqui no Brasil (AMORIM et al, 1998).

No Brasil, em 2005, as capturas de agulhão negro totalizaram 611,6 t, das quais 609,7 foram provenientes da frota nacional de atuns e afins que opera com espinhel. Apenas 1,6 t foram capturadas pela pesca esportiva. Na costa sul e sudeste do Brasil,

entre 20°S a 35°S, os maiores índices de captura do agulhão negro são observados entre janeiro e março, durante o período em que águas estão mais quentes. Os exemplares capturados são maiores, porém, em menor abundância que os agulhões capturados entre 0° e 10° S (AMORIM et al., 1994).

#### 4. ARTIGO CIENTÍFICO

##### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal obter informações sobre a biologia reprodutiva do agulhão negro, contribuindo, desta forma, para a conservação e o manejo da espécie no Oceano Atlântico. As amostras foram coletadas no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005, mensurando-se o comprimento da mandíbula inferior até a furca da nadadeira caudal (MIF) de todos os exemplares amostrados. Das gônadas foram medidos o comprimento, largura e peso, identificando-se o sexo. Os estágios microscópicos foram analisados através de cortes histológicos corados com Hematoxilina/Eosina (HE) e examinados em microscópio óptico. Foram amostrados um total de 418 indivíduos, sendo 260 machos e 158 fêmeas, com uma proporção sexual entre machos e fêmeas de 1,6:1,0. O comprimento (MIF) das fêmeas variou de 104 cm a 345 cm, com uma moda na classe de 205 cm a 220 cm. Para os machos, o comprimento variou de 100 cm a 267 cm, com uma moda na classe de 175 cm a 190 cm. A escala microscópica elaborada para a espécie no presente trabalho está composta por 6 estágios maturacionais para as fêmeas e 4 para os machos. O tamanho médio de 1ª maturação sexual para as fêmeas foi estimado em 194,2 cm e em 168,6 cm para os machos. O índice gonadal (IG) para as fêmeas no 1º semestre foi mais elevado no mês de abril e no 2º semestre nos meses de setembro e outubro. Para os machos no 1º semestre ocorreu em abril e maio e no 2º semestre nos meses de setembro e outubro, sincronizado com as fêmeas. O tipo de desova observado é parcelado e a costa brasileira pode ser caracterizada como uma área de maturação e repouso, não sendo uma área de desova. A fecundidade em fêmeas com 272 cm a 290 cm (MIF) variou de 2.151.000 a 6.769.060 ovócitos hidratados.

**Palavras-chave:** Agulhão negro, biologia reprodutiva, Atlântico oeste tropical.



### ABSTRACT

This paper has the main objective of gather and confirm information about the species reproductive biology, contributing to a better understanding of the specie. The biologic samples were collected between December 2004 and November 2005. It was measured the fishes length from inferior jaw to the fork (MIF). Also measured were the gonads length and width, weighted and sexed. The microscopic stages were analyzed through histological cuts stained with hematoxilin/eosin and evaluated under optical microscopy. A total of 418 individuals were sampled, being 260 males and 158 females. The MIF length for females ranged from 104 to 345 cm, with a mean of 210 cm. For the males the MIF length ranged from 100 to 267 cm, mean 189 cm. The modal interval identified for the males was between 175 and 190 cm, while for the females was between 205 and 220 cm. The microscopic maturity scale made for the species is composed of 6 stages for the females and 4 stages for the males. The sexual proportion found is 1.6 males for each female. The mean first maturity size for females was 194.2 cm and for males was 168.6 cm. The gonadal index for females at the first semester was higher in April, and at the second semester it was higher in September and October. For the males at the first semester it was higher in April and May, at the second semester it was higher in September and October, synchronized with the females. The spawn type observed was the partial one in the Brazilian coast, it was also noted that the study area is not a permanent spawning site. The fecundity varied from 2,151,000 and 6,769,060 oocytes for females between 272 and 290 cm MIF length.

**Keyword:** Blue marlin, reproductive biology, west tropical Atlantic.

## INTRODUÇÃO

O agulhão negro é uma espécie pelágica oceânica que realiza grandes migrações, distribuindo-se em uma vasta área oceânica que se estende de 45°N a 45°S no oceano Atlântico. Em consequência de sua elevada tolerância térmica, que varia de 29°C a 9°C, o agulhão negro pode ser encontrado desde a superfície até a profundidade de 800 m (GOODYAR et al, 2005) na região tropical, onde ocorre em maior abundância, em águas acima de 24°C (MAHON E MAHON, 1986). A espécie possui dieta variada, crescimento rápido e alta fecundidade, podendo atingir 500 cm de comprimento total e 685 kg (FROESE et al, 2005).

Do ponto de vista comercial, o agulhão negro não possui elevado valor de mercado, não sendo, portanto, espécie alvo das pescarias. Entretanto, por ser uma espécie pelágica oceânica com vasta distribuição, ocupar o mesmo habitat e possuir hábito alimentar similar ao dos atuns, o agulhão negro termina sendo capturado em grandes quantidades pela pesca de espinhel, cujas espécies-alvo são os atuns (albacora laje - *Thunnus albacares*; albacora bandolim - *Thunnus obesus*; e albacora branca - *Thunnus alalunga*) e o espadarte (*Xiphias gladius*) (KITCHELL et al, 2006). Anualmente são capturadas, em média, 3.000 t de agulhão negro por ano no oceano Atlântico, das quais cerca de 60% são provenientes da pesca de espinhel. Em 2005 foram capturadas 3.676 t de agulhão negro no oceano Atlântico, das quais 30% foram provenientes da pesca de atuns com espinhel e o restante por outras artes de pesca de superfície (ICCAT, 2006), principalmente a realizada com rede de emalhe, desenvolvida por Gana (1.538 t). A atividade de pesca esportiva, por sua vez, considera os membros da família Istiophoridae as presas mais valiosas da categoria. Entretanto, de uma maneira geral, esta pescaria parece não afetar sobremaneira o estoque da espécie tendo em vista que a grande maioria dos animais é liberada pós captura.

No Oceano Atlântico, a tarefa de gerenciar o estoque cabe à Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT). O comportamento migratório dessa espécie demanda uma intensa interação entre diversos países para a regulamentação de sua pesca (PEDROSA, 2000 apud CARVALHO, 2005), principalmente por se tratar de um único estoque para todo o Oceano Atlântico. Os resultados obtidos durante a última avaliação, realizada em 2006, mostraram uma



pequena recuperação do estoque. Comparando-se esses resultados com os da avaliação anterior, efetuada em 2000 (ICCAT, 2000, 2006), observou-se uma interrupção do declínio da sua biomassa, observado nos anos anteriores. Esses resultados estão provavelmente associados a uma resposta positiva ao plano de recuperação dos estoques de agulhões que vem sendo atualmente desenvolvido pela ICCAT.

Entretanto, existe ainda uma grande carência de informações sobre os aspectos reprodutivos do agulhão negro, decorrentes da pequena quantidade de trabalhos realizados sobre este tema. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo principal aumentar os conhecimentos sobre a biologia reprodutiva da espécie, possibilitando uma adequada gestão do seu estoque. A expectativa é de que as informações geradas possam contribuir com avaliações mais precisas do estoque, conseqüentemente, com a sustentabilidade da pesca oceânica de atuns e afins no Atlântico.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Coleta das amostras**

As amostras (418 gônadas) foram coletadas no Atlântico oeste tropical entre 7°N e 24°S (oeste de 16°W), no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005, através dos observadores de bordo que atuam na frota atuneira brasileira que opera com espinhel na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e águas internacionais adjacentes (Programa Nacional de Observador de Bordo). Os exemplares que já se encontravam mortos na hora do recolhimento do espinhel pelágico foram embarcados, medidos (MIF = comprimento mandíbula inferior - furca) e dissecados para a coleta das gônadas, cujas amostras foram etiquetadas e conservadas na câmara frigorífica da embarcação (-20°C) até o momento do desembarque. Em terra, essas amostras foram levadas ao Laboratório de Ecologia Marinha (LEMAR), do Departamento de Pesca e Aqüicultura, da UFRPE, onde foi realizada a biometria das gônadas (comprimento, largura e peso) e a identificação dos sexos. As amostras foram, em seguida, colocadas em solução fixadora (formol 10%) por 72 horas, após o qual efetuou-se a retirada de uma sub-amostra da

porção mediana das gônadas para uma solução conservadora de álcool a 70%, visando à posterior análise microscópica e determinação do estágio de maturação sexual.

### **Classificação macro- e microscópica dos estágios de maturação sexual**

Os estágios macroscópicos de maturação das gônadas foram determinados de acordo com a escala descrita por Ovchinnikov (1970) (Anexo 1). Como complemento à análise macroscópica, foram realizados cortes histológicos nas gônadas, os quais foram submetidos a inclusão de parafina. Em seguida esses cortes foram seccionados em micrótomo (6  $\mu\text{m}$ ), corados com Hematoxilina/Eosina (HE) e examinados com o auxílio de um microscópio óptico para determinação do estágio de maturação gonadal. Na inexistência de uma escala específica para o agulhão negro, utilizou-se a escala descrita por Jolley (1977) para o *Isthiophurus platypterus* (Anexo 2) e, de forma complementar, a de Albaret (1977), para a albacora laje (*Thunnus albacares*) (Anexo 3), definindo-se, em seguida, uma escala microscópica própria para o agulhão negro.

### **Proporção sexual**

A proporção sexual foi estimada através da relação do número total de machos e fêmeas para todos os meses de coleta, por classe de comprimento e desenvolvimento gonadal, aplicando-se o teste não paramétrico do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), ao nível de 5% de significância (MENDES, 1999), para se identificar a existência de diferenças estatisticamente significativas nas proporções entre os sexos.

### **Determinação do tamanho de primeira maturação sexual**

O comprimento médio de primeira maturação sexual corresponde ao tamanho no qual pelo menos 50% dos indivíduos de uma população encontram-se potencialmente capazes de se reproduzir ( $L_{50}$ ) (FONTELES FILHO, 1989). No presente trabalho foi utilizada a frequência relativa de indivíduos adultos por classe de comprimento (MIF), através da função logística da fórmula  $Mf = 1/[1+\exp(a+b*MIF)]$ ,

onde Mf é a fração dos indivíduos que se encontra no estágio maduro (a partir do estágio de maturação b), onde encontram-se adultos.

### **Determinação do Índice Gonadal (IG), da área e época de desova**

Para se avaliar a sazonalidade da atividade reprodutiva do agulhão negro, utilizou-se o Índice Gonadal (IG), calculado de acordo com a equação  $IG = (PG \times 10^5) * MIF^3$ , proposta por Schaeffer e Orange (1956). Esta equação foi aplicada apenas aos indivíduos adultos, onde PG é o peso das gônadas (g) e MIF é o comprimento da mandíbula inferior à furca caudal (cm). A época de desova foi determinada através da distribuição mensal do IG das fêmeas e da frequência mensal dos diferentes estágios maturacionais (VAZZOLER 1996; SANTOS 1978). Como análise complementar, foi feita a distribuição espaço-temporal dessas informações para se determinar a provável área de desova da espécie, através do programa ArcView.

### **Determinação do tipo de desova e fecundidade**

O tipo de desova é o modo como as fêmeas liberam seus ovócitos maduros dentro durante um período reprodutivo, podendo ser total ou parcelado, dependendo da frequência de tamanho dos ovócitos de uma mesma gônada (VAZZOLER, 1996). Para determinar o tipo de desova foram utilizadas gônadas de 5 fêmeas maduras, medindo-se os ovócitos através de um microscópio óptico, com auxílio de uma lente ocular com retículo micrométrico. A fecundidade foi estimada através do exame de 6 fêmeas maduras, onde foram retiradas 3 amostras de 1 g cada das gônadas descongeladas. A fecundidade foi estimada através da contagem do número de ovócitos hidratados nessas amostras, extrapolando-se este resultado para o peso total das gônadas (AROCHA et al., 1997, AROCHA, 2005). Também foi verificada a distribuição de frequência do diâmetro (300 ovócitos), no intuito de identificar o tipo de desova e o tamanho em que o ovócito encontra-se pronto para a desova.

## RESULTADOS

Um total de 418 indivíduos foi amostrado durante os meses de coleta, dos quais 260 eram machos e 158 fêmeas (Tabela 1). Houve predominância de machos na maioria dos meses amostrados, exceto em maio e junho, quando as fêmeas foram mais numerosas.

Tabela 1: Distribuição mensal dos indivíduos de *M. nigricans* amostrados no período de novembro de 2004 a dezembro de 2005.

MÊS/ANO	SEXO		TOTAL
	Macho	Fêmea	
dez/04	29	14	43
jan/05	5	7	12
fev/05	6	4	10
mar/05	35	8	43
abr/05	35	6	41
mai/05	8	9	17
jun/05	11	21	32
jul/05	5	4	9
ago/05	20	19	39
set/05	26	20	46
out/05	33	10	43
nov/05	47	36	83
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>158</b>	<b>418</b>

### Distribuição da frequência de comprimento (MIF)

Do total de indivíduos medidos (229 machos e 145 fêmeas), observou-se que as fêmeas variaram de 126 a 345 cm, com moda na classe de comprimento de 205 a 220 cm. Para os machos, os comprimentos variaram de 100 a 267 cm, com uma moda na classe de 175 a 190 cm (Figura 2).

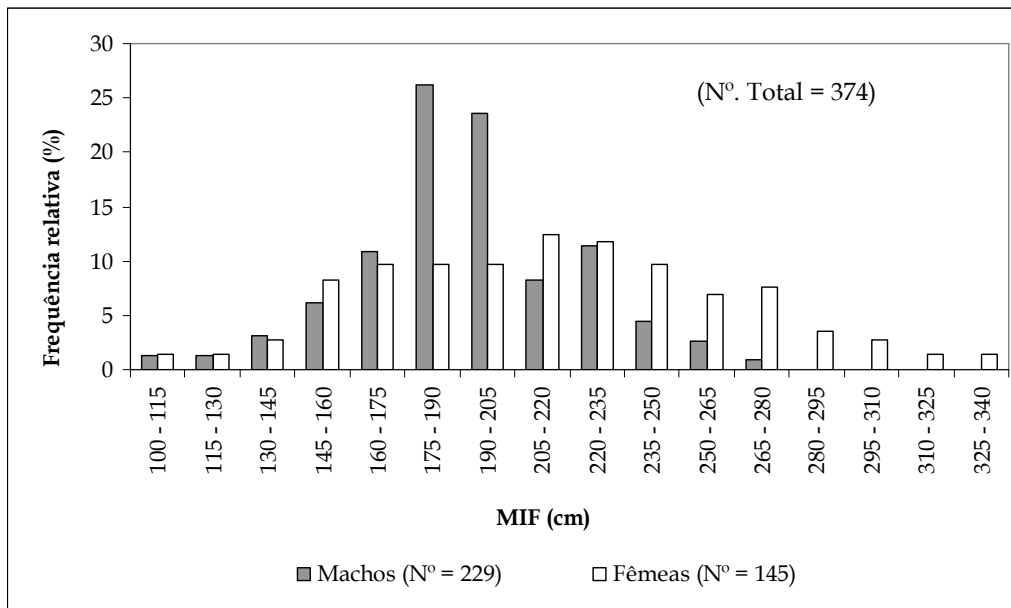


Figura 1: Distribuição da frequência de comprimento Mandíbula Inferior - Furca do *Makaira nigricans* no Atlântico oeste tropical, por sexo.

### Descrição macroscópica das gônadas

Os ovários das fêmeas do agulhão negro são envolvidos por uma película ou membrana, com seu tamanho, forma, coloração e densidade variando de acordo com o estágio de desenvolvimento maturacional. Nos estágios mais avançados é possível se observar uma diferença com relação ao comprimento de ambas as gônadas. No presente estudo, as fêmeas apresentaram o comprimento das gônadas variando entre 4,1 a 97,0 cm, o peso entre 6 e 12.180 g e a largura entre 0,5 a 11,0 cm. Os testículos são bastante semelhantes aos ovários e nos estágios avançados contém líquido seminal de cor branca, com certa consistência dentro do canal seminal. Para os machos, o comprimento das gônadas variou entre 5,0 e 58,0 cm, o peso entre 3 e 1.358 g e a largura entre 0,3 a 7,4 cm.

Observou-se, através da análise macroscópica das gônadas, a predominância de indivíduos em maturação para ambos os sexos, correspondendo a 62% dos machos e 44% das fêmeas ao longo dos meses amostrados.

### Classificação microscópica

A classificação microscópica foi realizada através da análise dos cortes histológicos em microscópio óptico, permitindo assim, caracterizar os estágios de maturação ovariana. Para a elaboração de uma escala de maturação sexual do agulhão negro, fez-se necessário um conhecimento detalhado da ovogênese, a qual consiste no desenvolvimento do folículo ovariano. Os resultados revelaram a presença de uma cápsula invólucra de tecido conjuntivo vascularizado na parte externa das gônadas em todos os estágios. Este mesmo tecido penetra no interior das mesmas, formando um estroma de sustentação para as células germinativas.

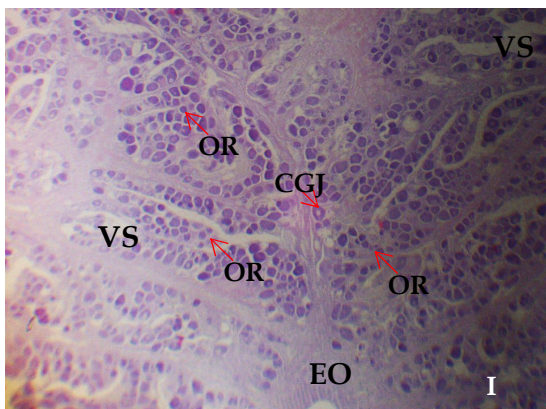
A escala microscópica elaborada para a espécie foi baseada na quantidade e presença das fases de maturidade da ovogênese e está composta por seis estágios para fêmeas e quatro para os machos (Tabela 2; Figuras 3 e 4).

Tabela 2: Características microscópicas das gônadas do agulhão negro.

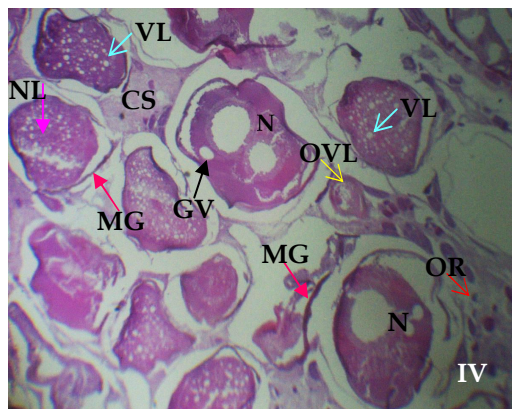
ESTÁGIOS	FÊMEAS	MACHOS
a (Imaturo)	Presença de células germinativas jovens em abundância, estroma ovariano destacado, observando-se uniformidade celular em ninhos próximos da camada de sustentação formado pelo tecido conjuntivo. Nessa fase não se observa ainda a presença do citoplasma	Nessa fase existe ausência de espermatozoides dentro dos lóbulos seminiais, verificando apenas a formação de células germinativas na parte externa e a descontinuidade epitélio germinal.
b (Em maturação)	Contém ovócitos de reserva, ovócitos com vitelogênese lipídica, estroma ovariano e vácuo-septal. No citoplasma observam-se numerosos vacúolos próximos ao núcleo e granulações acidófilas, comprovando a atividade vitelogênica.	Nesse estágio está presente no lúmen dos túbulos seminiais diferentes concentrações de espermatozoides em relação ao avanço da maturação sexual nos diferentes pontos do testículo.
c (Maturação avançada)	Presença predominante de ovócito com vitelogênese lipídica, poucos ovócitos de reservas e ovócitos em vitelogênese incipiente, estroma ovariano aparente e vácuo-septal. Possui vacúolos lipídicos, nucléolos peri-nuclear e células foliculares entre a membrana e o citoplasma	Nessa fase foram observadas grandes quantidades de células espalhadas da periferia até o lúmen dos túbulos, com a abundância de espermatozoides em todos os estágios de maturação.

<p>d (Maduro).</p>	<p>Presença de grânulos de vitelo, núcleo bem formados, nucléolos e camada folicular, ovócitos com vitelogênese completa, membrana glicoproteica (tem a função de reconhecer os espermatozóides). No citoplasma, os vacúolos claros e granulações acidófilas se distribuem aleatoriamente, indicando o término da vitelogênese. Ovócitos de reservas ainda são visíveis juntos a camada de sustentação. Os núcleos são grandes e arredondados, indicando uma grande concentração de lipídios no seu interior, suger</p>	<p>_____</p>
<p>e (Esvaziado)</p>	<p>Presença de folículos ovarianos vazios, as lamelas ovígeras distendidas deixam espaços vazios entre si. Células germinativas jovens e ovócitos de reservas começam a se agrupar junto à camada de sustentação. Nessa fase não se observa atividade vitelogênica. A reorganização dos ovócitos de reserva em ninhos sugere uma desova parcial, indicando que um novo ciclo de vitelogênese vai se iniciar.</p>	<p>_____</p>
<p>f (Repouso)</p>	<p>Presença de ovócitos basófilo, ovócitos em vitelogênese inicial com células germinativas jovens começa a aumentar em números, ovócitos de reabsorção dentro do tecido conjuntivo, indicando uma nova organização ovariana. Em determinados cortes quando não mais se observa os ovócitos de reabsorção fica muito parecido com o estagio imaturo, sendo observados que o tamanho dos ovócitos de reservas possui diâmetros maiores, as camadas de sustentação são mais longas e um pouco desorganizadas.</p>	<p>Nessa fase observa-se a presença de espermatozóides em alguns pontos dos túbulos seminiais, mais fica evidente a ausência de espermatozóides em alguns lúmen dos túbulos seminiais, evidenciando um período pós-desova.</p>

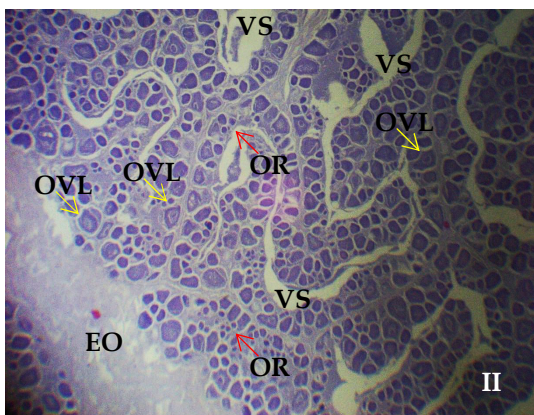
### CORTES HISTOLÓGICOS DAS FÊMEAS DE AGULHÃO NEGRO



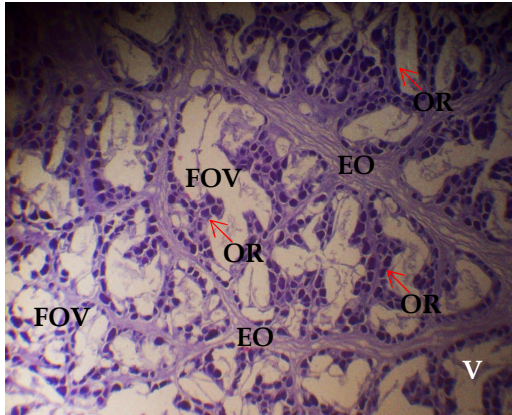
Parte do ovário de *M. nigricans* imaturo, aumento de  $\pm 40X$ .



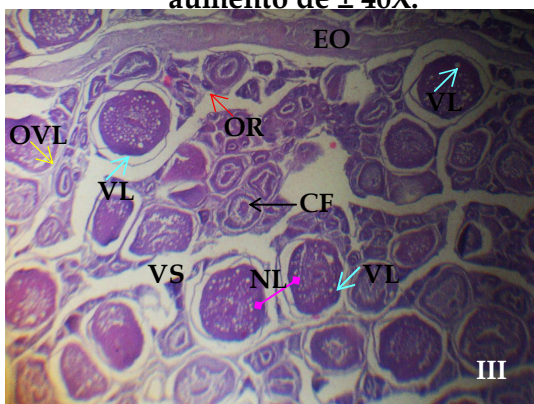
Parte do ovário de *M. nigricans* maduro, aumento de  $\pm 40X$ .



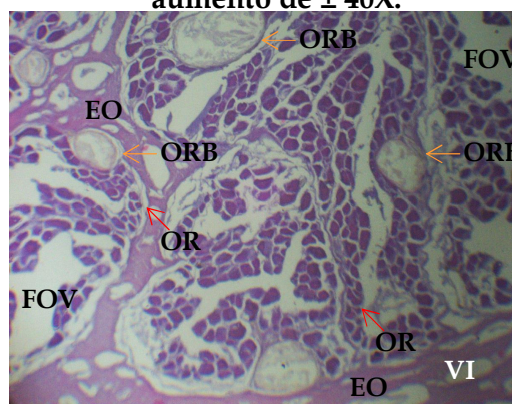
Parte do ovário de *M. nigricans* em maturação, aumento de  $\pm 40X$ .



Parte do ovário de *M. nigricans* esvaziado, aumento de  $\pm 40X$ .



Parte do ovário de *M. nigricans* maturação avançada, aumento de  $\pm 40X$ .

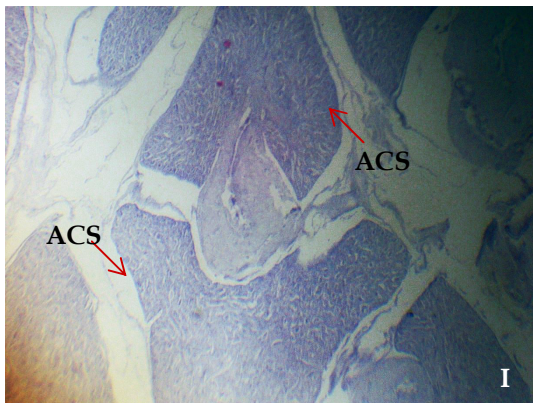


Parte do ovário de *M. nigricans* repouso, aumento de  $\pm 40X$ .

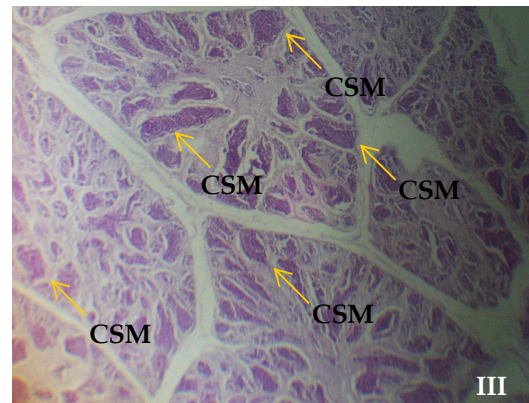
Figura 2: Fotomicrografias dos ovários do agulhão negro por estágios maturacionais.



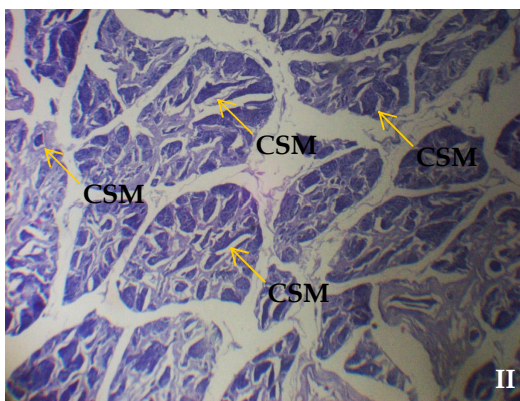
### CORTES HISTOLÓGICOS DOS MACHOS DE AGULHÃO NEGRO



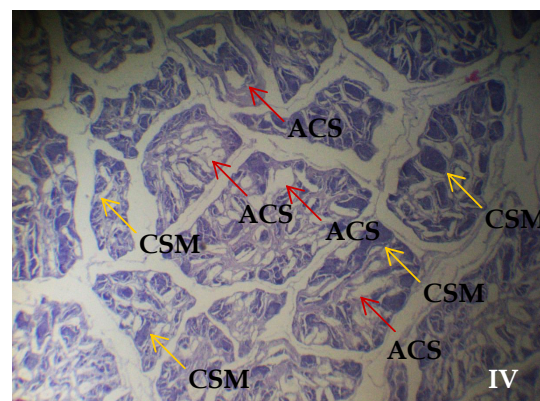
Parte do testículo de *M. nigricans* imaturo, aumento de  $\pm 40X$ .



Parte do testículo de *M. nigricans* maduro aumento de  $\pm 40X$ .



Parte do testículo de *M. nigricans* em maturação, aumento de  $\pm 40X$ .



Parte do testículo de *M. nigricans* repouso, aumento de  $\pm 40X$ .

Figura 3: Fotomicrografias dos testículos do agulhão negro por estágios maturacionais.

#### Distribuição dos estágios de maturação por mês

Os meses de janeiro, fevereiro, maio e julho apresentaram os menores números de exemplares analisados para ambos os sexos. Em todos os meses ocorreram tanto fêmeas, quanto machos em maturação. Apenas nos meses de setembro e outubro foram observadas fêmeas maduras, enquanto machos maduros ocorreram em todos os meses,



exceto em fevereiro, quando os indivíduos analisados se encontravam no estágio II. Exemplares imaturos apareceram em maior número no mês de abril para as fêmeas e no mês de maio para os machos (Figuras 5 e 6).

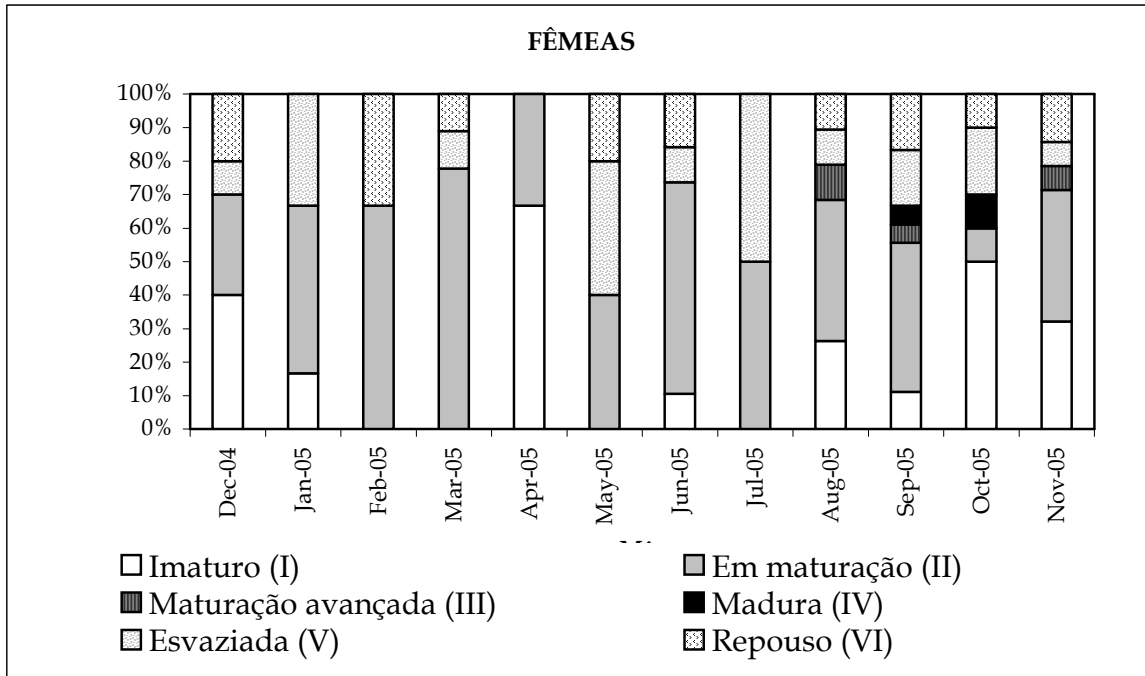


Figura 4: Distribuição mensal da frequência relativa para os estágios de maturação para as fêmeas de agulhão negro.

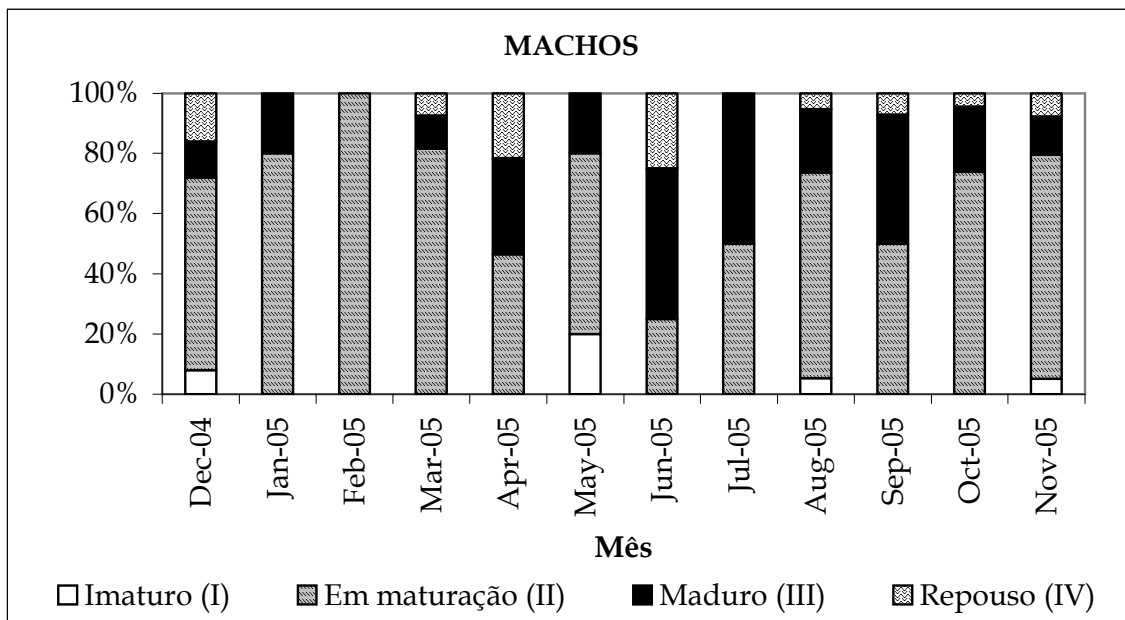


Figura 5: Distribuição mensal da frequência relativa para os estágios de maturação para os machos de agulhão negro.

### Proporção sexual

Foi observada uma proporção sexual para machos e fêmeas de 1,6:1,0, respectivamente, num total de 260 machos, representando 62,2%, e de 158 fêmeas, com apenas 37,8%. O teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) aplicado ao nível de 5% de segurança, demonstrou uma diferença estatisticamente significativa, na proporção sexual entre os sexos ( $\chi^2_{\text{calculado}} = 61,29 > \chi^2_{\text{tabelado}} = 19,68$ ).

A maior diferença na proporção sexual mensal ocorreu nos meses de março e abril de 2005, com os machos representando 81,4% e 85,3% dos indivíduos amostrados, respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3: Proporção sexual por mês amostrado dos indivíduos de *M. nigricans* no período de novembro de 2004 a dezembro de 2005.**

Meses	Machos (n <sup>o</sup> )	Fêmeas (n <sup>o</sup> )	Total	Machos (%)	Fêmeas (%)	$\chi^2$	PS
dez/04	29	14	43	67,4	32,6	5,23	2,1
jan/05	5	7	12	41,7	58,3	0,33	0,7
fev/05	6	4	10	60,0	40,0	0,40	1,5
mar/05	35	8	43	81,4	18,6	16,95	4,4*
abr/05	35	6	41	85,4	14,6	20,51	5,8*
mai/05	8	9	17	47,1	52,9	0,06	0,9
jun/05	11	21	32	34,4	65,6	3,13	0,5
jul/05	5	4	9	55,6	44,4	0,11	1,3
ago/05	20	19	39	51,3	48,7	0,03	1,1
set/05	26	20	46	56,5	43,5	0,78	1,3
out/05	33	10	43	76,7	23,3	12,3	3,3
nov/05	47	36	83	56,6	43,4	1,46	1,3
<b>TOTAL</b>	<b>260</b>	<b>158</b>	<b>418</b>	<b>62,2</b>	<b>37,8</b>	<b>61,29</b>	<b>1,6</b>

\* Diferença estatisticamente significativa.

### Tamanho médio de primeira maturação sexual

O tamanho de 1<sup>a</sup> maturação sexual para as fêmeas de agulhão negro foi de 183,5 cm, com um índice determinístico  $r^2 = 0,92$  (Figura 7). Para os machos analisados, o tamanho médio de 1<sup>a</sup> maturação foi estimado em 150,1 cm, com um  $r^2 = 0,97$ . (Figura 8).

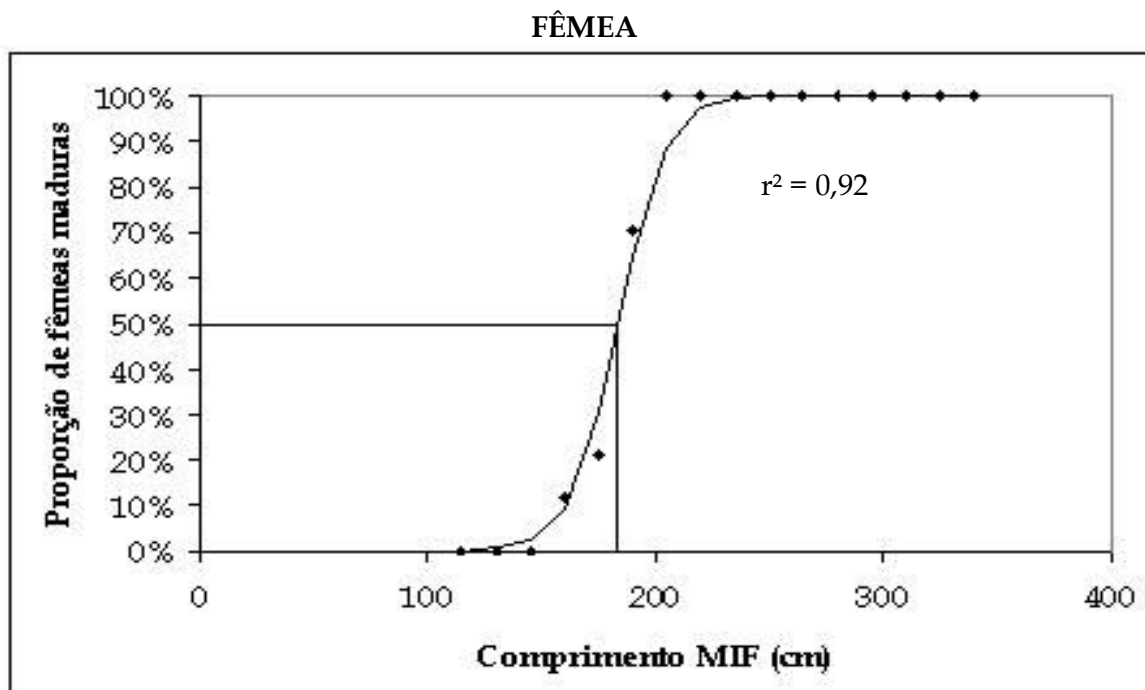


Figura 6: Curva logística da estimativa do L<sub>50</sub> para as fêmeas de *M. nigricans*.

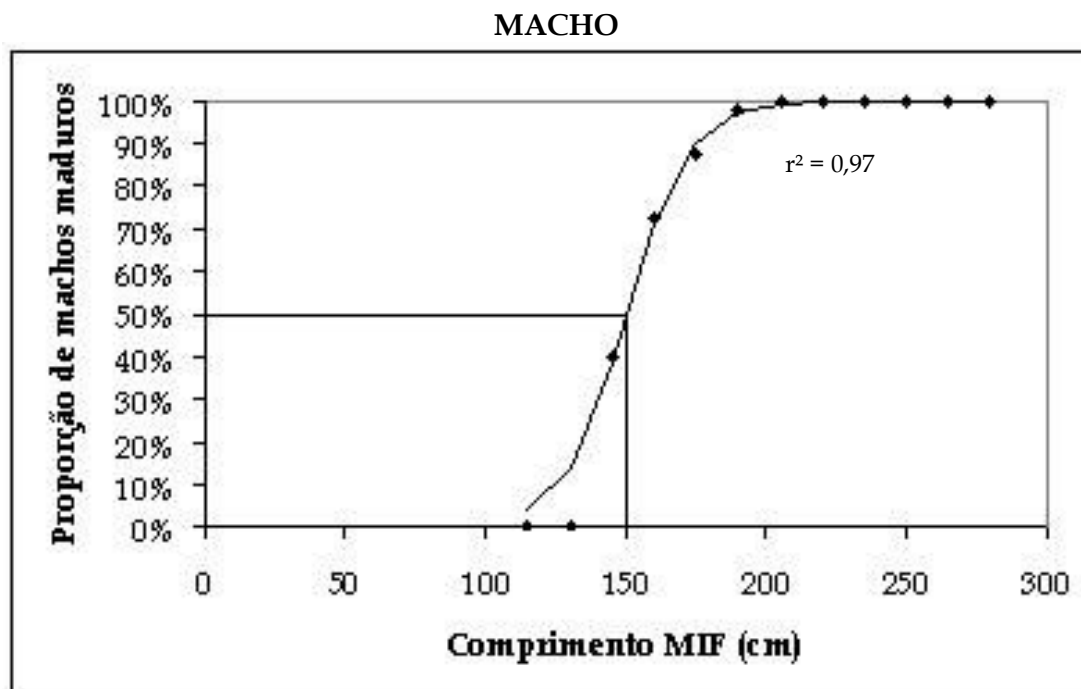


Figura 7: Curva logística da estimativa do L<sub>50</sub> para os machos de *M. nigricans*.



### Índice gonadal (I.G)

O índice gonadal mensal foi estimado para cada indivíduo e analisado por sexo separadamente. As médias mensais observadas para as fêmeas foram mais elevadas em abril, setembro e outubro de 2005 (Figura 9). Para os machos as médias mensais mais elevadas ocorreram nos meses de abril, maio, agosto, setembro e outubro de 2005, em épocas similares as das fêmeas (Figura 10).

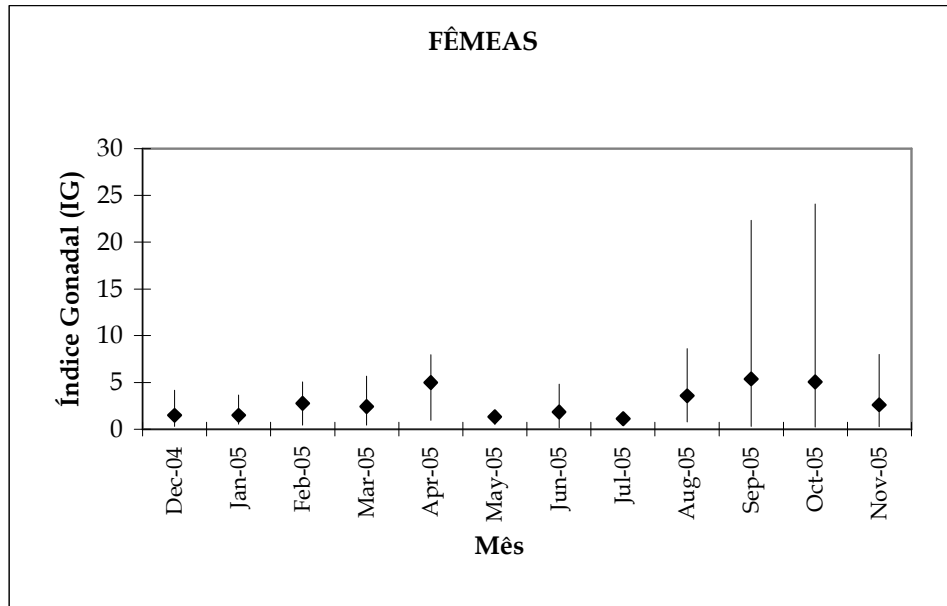


Figura 8: Distribuição da média mensal do Índice gonadal de fêmeas de *M. nigricans*.

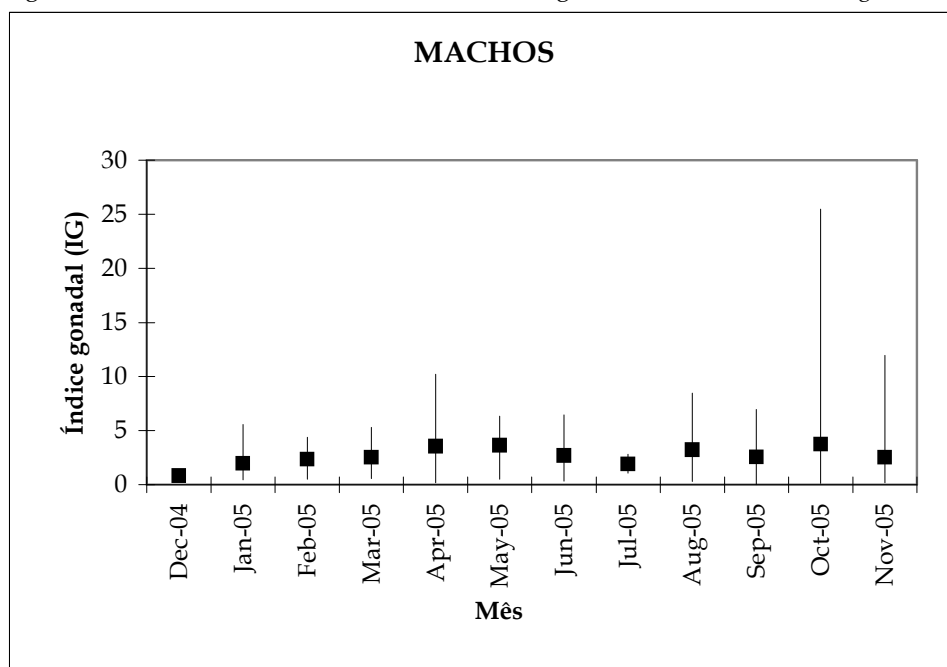


Figura 9: Distribuição da média mensal do Índice gonadal de machos de *M. nigricans*.



### Relação comprimento x peso da gônada

Os resultados desta análise mostraram que o peso das gônadas das fêmeas de agulhão negro aumentam visivelmente a partir do segundo estágio de maturação, sendo o estágio IV (maduro) o mais evidente, como esperado (Figura 11). Para os machos a maioria dos indivíduos encontraram-se nos estágios II e III (Figura 12).

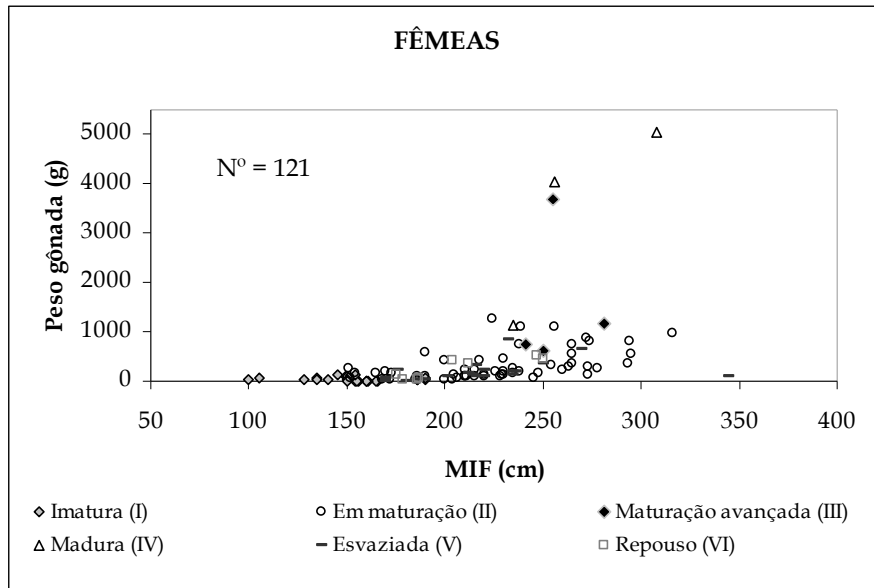


Figura 10: Relação entre o peso gonadal e o comprimento MIF por estágio maturacional para as fêmeas de *M. nigricans*.

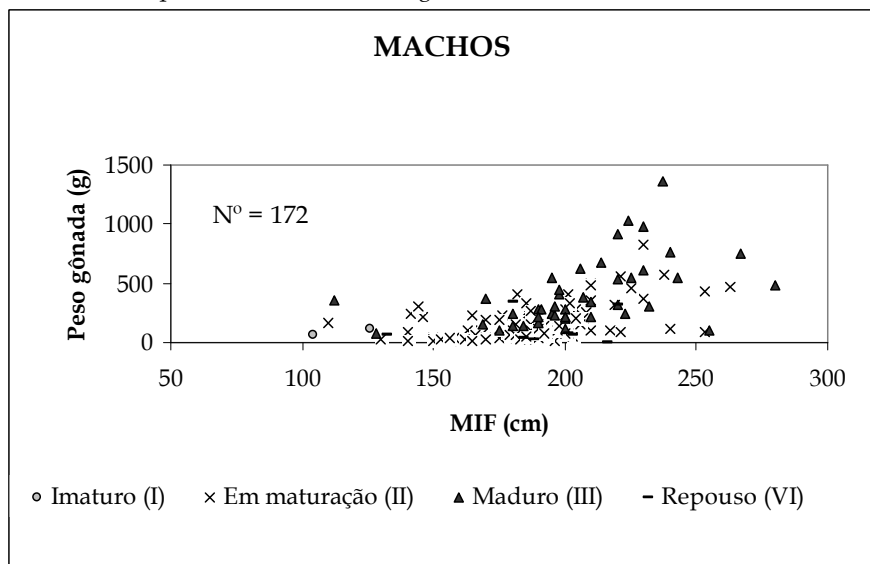


Figura 11: Relação entre o peso gonadal e o comprimento MIF por estágio maturacional para os machos de *M. nigricans*.



### **Tipo de desova**

Durante o estudo apenas 3% das fêmeas foram encontradas no estágio maduro. Contudo, as fêmeas que foram analisadas microscopicamente apresentaram características e estruturas celulares individuais que indicam uma desova parcelada assincrônica.

### **Época e área de desova**

Analisando-se a distribuição espaço-temporal dos estágios de maturação sexual de fêmeas, observou-se que a área de estudo não parece ser uma área de reprodução da espécie uma vez que a grande maioria dos indivíduos amostrados não se encontrava nos estágios de maturação avançada e maduros. Este resultado foi observado em todos os trimestres do ano, com poucos indivíduos nestes estágios maturacionais sendo observados nos terceiro e quarto trimestres (Figura 13). No que se refere aos machos, o estágio de maturação sexual mais frequentemente observado foi o *em maturação*, corroborando com os resultados acima apresentados (Figura 14). Estes dados, associados aos valores de IG obtidos mostram, efetivamente, que a área de estudo não representa uma zona de reprodução para o agulhão negro.

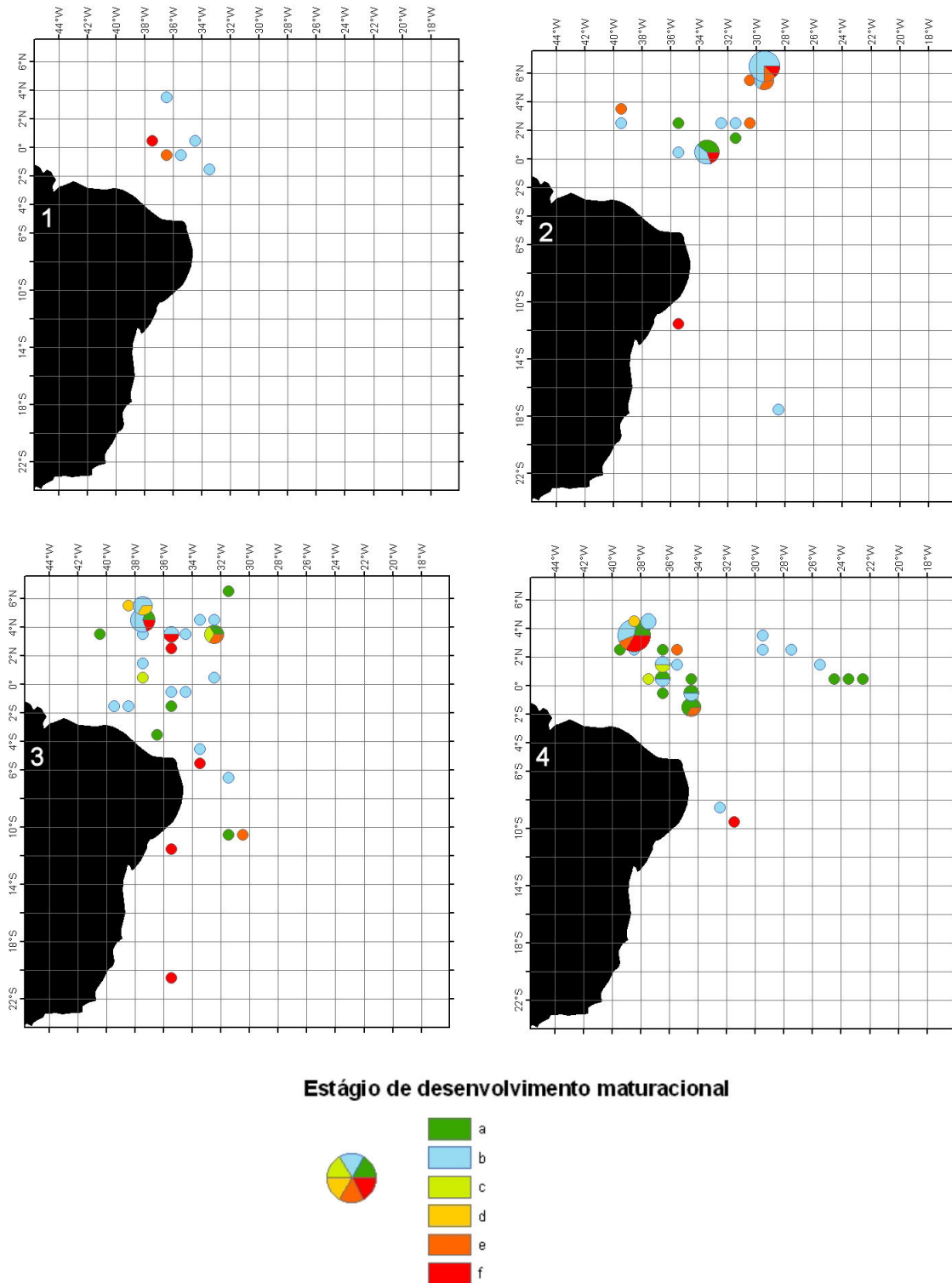


Figura 12: Mapa da distribuição espaço-temporal (trimestre) por estágio de maturação para as fêmeas de *M. nigricans* (a = imaturo; b = em maturação; c = maturação avançada; d = maduro; e = esvaziado; f = repouso).



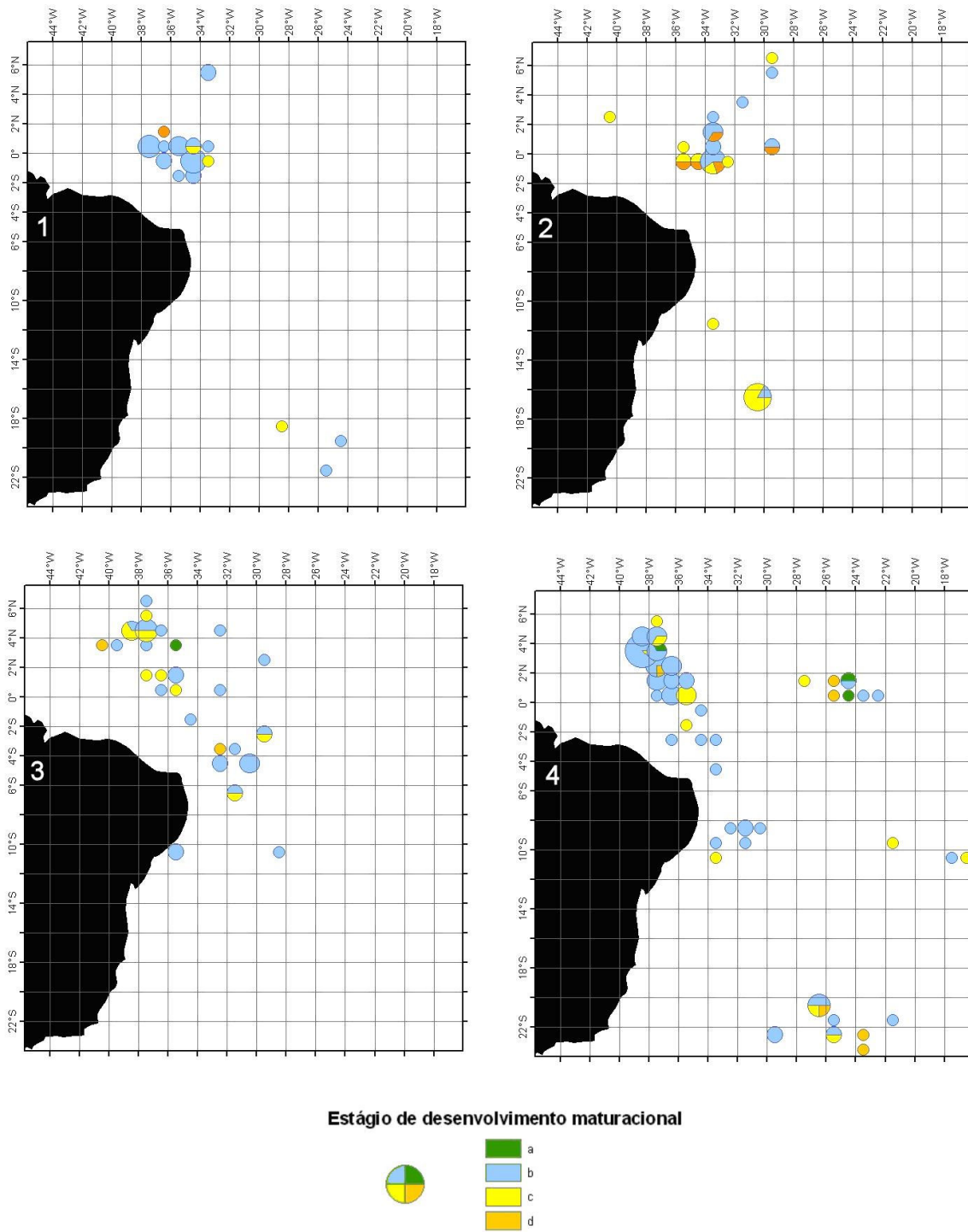


Figura 13: Mapa da distribuição espaço-temporal (trimestre) por estágio de maturação para os machos de *M. nigricans* (a = imaturo; b = em maturação; c = maduro; d = repouso).

## Fecundidade

Das 6 gônadas analisadas, cujas fêmeas apresentaram comprimentos que variaram de 272 a 290 cm (MIF). Os resultados obtidos mostram que a fecundidade variou de 2.151.000 a 6.769.060 (Tabela 4).

**Tabela 4: Total de fêmeas analisadas de *M. nigricans* para estimativa da fecundidade.**

MIF(cm)	Peso Total (g)	IG	Nº ovocitos hidratados(1g)	FECUNDIDADE
272	4.260,00	21,1691	684	2.913.840,00
277	6.700,00	31,5236	672	4.502.400,00
284	7.260,00	31,6943	496	3.600.960,00
288	8.100,00	33,9084	478	3.871.800,00
288	9.260,00	38,7644	731	6.769.060,00
290	8.460,00	34,6878	706	5.972.760,00

O diâmetro dos ovócitos variou entre 0,2 a 1,8 mm, com a maior parte deles ocorrendo entre 0,8 a 1,2 mm. A relação entre o peso da gônada e o número de ovócitos hidratados foi positiva e linear, apresentando um  $r^2 = 0,87$  (Figura 15).

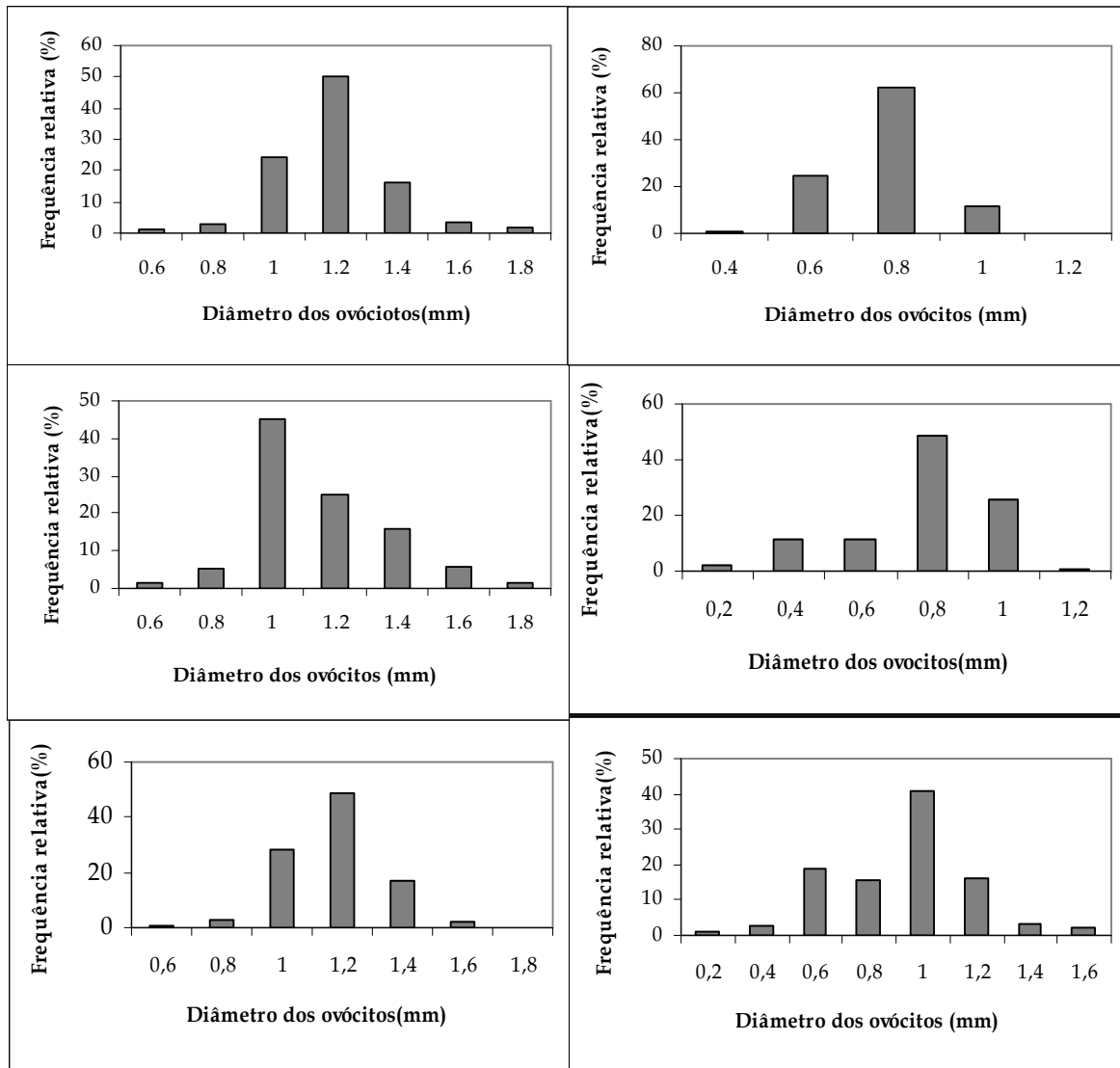


Figura 14: Distribuição da frequência relativa pelo diâmetro dos ovócitos hidratados das fêmeas de *M. nigricans*.

## DISCUSSÃO

A biologia reprodutiva do agulhão negro tem sido objeto de poucos trabalhos no Atlântico, embora as informações sobre as características da atividade de reprodução da espécie sejam de grande importância para subsidiar medidas de conservação e manejo dos seus estoques.

Estudos realizados por Yeo (1978) e Nakamura (1985), mostraram grandes flutuações na proporção sexual do agulhão negro no oceano Atlântico, com predominância de fêmeas. Alguns trabalhos relatam que as fêmeas de agulhão branco predominaram nas capturas ao longo de todo ano amostrado (Ueyanagi, et al. 1970; Mather, et al. 1975; Oliveira, 2006), acontecendo inversamente para as fêmeas de agulhão negro dentro da mesma área de estudo, de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho. Esse fato pode estar associado à mortalidade natural da espécie, maior para fêmeas, a qual pode ser decorrente de diversos fatores, dentre eles um maior estresse durante o processo reprodutivo sofrido pelas fêmeas ou simplesmente o fato dos machos possuírem maior longevidade. Um outro fator, refere-se à distribuição vertical diferenciada para machos e fêmeas do agulhão negro, a qual, conjugada às profundidades de atuação do espinhel, podem resultar em capturas diferenciadas para a espécie, a seletividade do espinhel (tipos de anzóis e iscas) usados, também podem influenciar nesses resultados, e a distribuição espaço-temporal da espécie diferenciada por faixa etária. Porém, há a necessidade de realização de estudos que melhor avaliem essas hipóteses.

A biometria das espécies capturadas representa uma importante informação sobre as faixas de tamanho (e idade) sobre as quais a pesca atua (GOODYEAR e AROUCHA, 2001). No presente trabalho observou-se que as fêmeas apresentaram maior tamanho (MIF) que os machos, fato também observado por Nakamura (1977) em estudo realizado para a mesma espécie no Atlântico oeste. Trabalhos realizados com outras espécies mostram também esta tendência. Oliveira (2006) obteve o mesmo tipo de resultado para o agulhão branco (*Tetrapturus albidus*), na mesma área de estudo do presente trabalho. Ainda de acordo com Yeo (1978), o comprimento modal para fêmeas e para machos de agulhão negro no Atlântico foi superior ao comprimento observado

no presente trabalho, o que pode indicar uma diminuição no tamanho dos indivíduos capturados, decorrente da atividade pesqueira na mesma área.

No que se refere às características macroscópicas das gônadas do agulhão negro, as observações efetuadas sobre a coloração, concordam com o que foi relatado por Nakamura (1985), a qual varia da cor branca opaca à alaranjada, de acordo com os estágios maturacionais. Yeo (1978) observou também, para ambos os sexos, que as gônadas possuem tamanhos diferentes, sendo a esquerda maior. Porém, de acordo com Ovichinnikov (1977), a gônada direita é a que possui o maior comprimento. No presente estudo observou-se também esta diferença de tamanho, não sendo possível, entretanto, definir qual das gônadas era a maior, em decorrência de problemas de amostragens.

Quanto à caracterização microscópica das gônadas do agulhão negro, foram observados seis estágios maturacionais, com a grande maioria dos indivíduos encontrando-se em repouso e, principalmente, em maturação. Em decorrência da inexistência de trabalhos que tenham realizado este tipo de estudo para a espécie, foi possível apenas fazer uma análise comparativa com outras espécies da família Istiophoridae. Estudo realizado por Souza (1993) para o agulhão branco, por exemplo, registrou uma grande quantidade de indivíduos em repouso, no Atlântico sudoeste equatorial, mesma área do presente estudo. Através de análise de caracterização dos ovócitos encontrados em cada estágio maturacional, Aroucha et al. (2005) afirmaram que mais de 50% de agulhões branco amostrados no Atlântico oeste central se encontravam inativos sexualmente, fato também observado nos agulhões negro no presente trabalho, sugerindo que área de estudo é caracterizada como uma área de maturação e repouso para a espécie.

Segundo Ueyanagi (1970), em trabalho realizado com o agulhão negro no Atlântico, índices gonadais (IG) maiores ou iguais a nove indicam indivíduos maduros. No presente trabalho, foram obtidos IGs que variaram de 0,0108 a 25,4817, com a grande maioria situando-se abaixo do valor indicado pelo referido autor, o que sugere, também, que a área de estudo não seria utilizada pela espécie para a atividade reprodutiva. Luckhurst (2006), em estudo sobre a biologia reprodutiva do agulhão negro realizado nas Bermudas (~30°N), constatou que no mês de julho (verão boreal), a espécie encontrava-se em atividade reprodutiva nesta área. Trabalho realizado por

Prince et al, (2005) na República Dominicana também confirmou ser esta uma área de desova da espécie. Em área mais abrangente do Atlântico noroeste, a reprodução parece ocorrer entre abril e setembro, em águas com temperaturas da superfície entre 26°C e 29°C (YEO, 1978), indicando que esta região é utilizada pela espécie para fins reprodutivos. Um pouco mais ao sul, na costa da Venezuela, Garcia (1989) não observou nenhuma fêmea madura, apesar de se observar alguns machos neste estado. No sul do Brasil, entre 20°S e 30°S, Ueyanagi et al. (1970) registraram concentrações de agulhão negro para fins reprodutivos, durante o primeiro trimestre do ano. Isto foi também constatado por Amorim et al. (1994, 1998), na costa sul e sudeste do Brasil, onde algumas fêmeas maduras foram observadas nos meses de janeiro e fevereiro, coincidindo com o período de águas mais quentes nesta região (verão austral). Este autor relatou que o processo de desova ocorre geralmente entre 20°S e 35°S no mês de janeiro, ocorrendo um pouco mais para o norte, em fevereiro, entre 17°S e 23° S. Apesar deste setor estar inserido na área de estudo do presente trabalho, não foi possível obter amostras de gônadas da espécie neste período e nessa área mais específica, o que nos impede de realizar uma análise comparativa com esses resultados. Desta forma, parece haver uma migração reprodutiva ao largo da costa brasileira, a qual se faz de forma diferenciada, por tamanho, conforme observado por Hazin (1995).

Neste contexto, o Atlântico oeste tropical parece representar um importante papel no ciclo reprodutivo do agulhão negro, funcionando como área de maturação e repouso da espécie. É possível, portanto, que nesta área sejam encontrados indivíduos que se reproduzem tanto no norte (Golfo do México e Caribe), como no sul (Brasil).

Em gônadas de diferentes estágios de maturação os ovócitos são de diferentes diâmetros, indicando que os agulhões desovam intermitentemente (desova parcelada) (Ovichinnikov, 1970). Trabalhos histológicos mais recentes (DE SYLVA e BREEDER, 1997 *apud* AROUCHA, 2005) mostram que agulhões brancos maduros apresentam ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento, indicando desova múltiplas e desenvolvimento assincrônico dos ovócitos. De acordo com a análise microscópica realizada nesse trabalho, existe uma indicação de desova parcelada também para o agulhão negro no Atlântico oeste tropical. Esses resultados sugerem que o tipo de desova é o mesmo para a família Istiophoridae.

O ciclo de maturação gonadal para fêmeas de agulhão negro é complexo, apresentando seis estágios, enquanto os machos apresentaram apenas quatro. A classificação microscópica aqui definida é a primeira elaborada para a espécie, constituindo-se, portanto, em importante referencia para futuros estudos sobre a biologia do agulhão negro no Atlântico.

No que diz respeito ao tamanho de primeira maturação sexual, no qual pelo menos 50% dos indivíduos de uma população encontram-se potencialmente capazes de se reproduzir (FONTELES FILHO, 1989), o presente trabalho estimou que, para as fêmeas, este foi de 194,2 cm, e para os machos, de 168,6 cm. Ressaltamos, entretanto, que não havendo atividade reprodutiva importante na área de estudo, estes resultados devem ser considerados preliminares, havendo a necessidade de complementá-lo com um maior esforço amostral ao largo de toda a costa brasileira.

No que se refere à fecundidade, trabalho realizado por Yeo (1978) estimou uma fecundidade de 7 e 10 milhões de ovócitos para fêmeas de agulhão negro com comprimentos (MIF) variando de 237 a 251 cm. No presente estudo, foi verificada uma média de 4 milhões de ovócitos, com fêmeas apresentando comprimentos superiores, entre 272 a 290 cm de MIF. O diâmetro dos ovócitos ocorreu em sua maioria no intervalo de 0,8 a 1,2 mm, sendo superior ao observado por Nakamura (1977), que foi de 0,3 a 0,5 mm. Novas análises devem ser realizadas para melhor avaliar esta questão.



## CONCLUSÕES

- ✦ O ciclo de maturação gonadal do agulhão negro apresenta seis estágios para fêmeas e apenas quatro para os machos.
- ✦ A proporção sexual estimada para machos e fêmeas mostrou haver uma predominância de machos na região estudada, conforme observado por outros autores em estudos sobre a espécie, o que pode estar associado a diversos fatores como mortalidade natural diferenciada para o sexo, assim como a uma maior suscetibilidade dos machos às capturas com espinhel em determinadas áreas e épocas do ano, dentre outros.
- ✦ Os resultados do estudo histológico das gônadas do agulhão negro comprovam que a espécie apresenta desova parcelada e uma elevada fecundidade.
- ✦ Os resultados obtidos a partir da avaliação espaço-temporal dos IGs e dos estágios maturacionais de fêmeas e machos de agulhão negro indicam que a área de estudo não é utilizada pela espécie para fins reprodutivos, sendo provavelmente uma área de maturação e repouso.
- ✦ O tamanho médio de maturação sexual ( $L_{50}$ ) estimado para as fêmeas foi superior em aproximadamente 30 cm ao tamanho médio encontrado para os machos da espécie.



## 5. COMENTÁRIOS FINAIS

O presente estudo aportou informações de grande importância para conservação e manejo do agulhão negro, tendo em vista a carência de dados sobre a sua biologia reprodutiva. Neste aspecto, a definição de uma classificação microscópica dos estágios de desenvolvimento maturacional, o tamanho médio de primeira maturação sexual, assim como a caracterização da área de estudo como zona de maturação e repouso para a espécie, refletem a importância deste trabalho.

Entretanto, há ainda a necessidade de se realizar estudos complementares, não apenas sobre a biologia reprodutiva da espécie, mas, também, sobre as migrações sazonais na fachada ocidental do oceano Atlântico, ao hábito alimentar, à ocupação do habitat pelágico oceânico e sobre os efeitos da variabilidade ambiental sobre sua distribuição e abundância. Estes estudos devem ser desenvolvidos, levando-se em consideração um esforço conjunto entre instituições e pesquisadores distribuídos ao longo de toda a costa brasileira, de forma a maximizar, do ponto de vista espaço-temporal, a coleta de dados e amostras.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASCAL, F. J., MEGINA, C., MEDINA, A. 2004 Testicular development in migrant and spawning bluefin tuna (*Thunnus thynnus* (L.)) from the eastern Atlantic and Mediterranean Fish. Bull. 102:407-417 (2004).

ALBARET, J.J. 1977. La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le Golf de Guinée. Cah. ORSTOM Série Océanographie, 15(4): 389-419.

AMORIM, A. F., ARFELLI, C. A., HAZIN, F., ANTERO-SILVA, J. N., LESSA, R., ARRAES, R. R. 1994. Blue marlin (*Makaira nigricans*) fisheries off brazilian coast by national and leased longliners (1971-1991). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 41: 208-213.

AMORIM, A. F., ARFELLI, C. A., ANTERO-SILVA, J. N., FAGUNDES, L., COSTA, F. E. S., ASSUMPÇÃO, R. 1998. Blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) caught off the brazilian coast. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 47: 163-184.

ARFELLI, C. A., AMORIM, A. F., GRACA-LOPES, R. 1994. Billfish sport fishery off brazilian coast. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 41: 214-217.

AROCHA, F. 1997. The reproductive dynamics of swordfish, *Xiphias gladius*, and management implication in the northwestern Atlantic. Coral Gables. 383p. (Ph.D. Dissertation, University of Miami).

AROCHA, F., BÁRRIOS, A., SILVA, J., LEE, D. W. 2005. Preliminary observations on gonad development sexual maturity and fecundity estimates of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, v. 58(5), 1567 - 1573 p.

BARBOSA, T. M., VASKE JR, T., TRAVASSOS, M., TRAVASSOS, P. E., 2005. Alimentação do agulhão negro, *Makaira nigricans*, (Lacépède 1802) no sudoeste equatorial do Atlântico. XV Encontro de Zoologia do Nordeste. Salvador - Bahia.

BAYLEY, R. E., AND PRINCE, E. D., 1994. A review of tag release and recapture files for istiophoridae from the southeast fisheries center's cooperative game fish tagging program, 1954 to present. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 41: 527-548.

BIANCHI, G., K.E. CARPENTER, J. P., ROUX, F. J., MOLLOY, D., BOYER, H. J. 1999. Field guide to the living marine resources of Namibia. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, FAO. 265 p.

BIZERRIL, C. R. S. F. e COSTA, P. A.S., 2001. Peixes Marinhos do Estado do Rio de Janeiro. Fundação de Estudos do Mar - FEMAR. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMADS - Projeto PLANÁGUA SEMADS / GTZ de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha.

BRILL, R. W., LOWE, T. E., COUSINS, K. L. 1998. How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes - it's the heart stupid. In: International Congress on Biology of fish. Anais. Towson University, Baltimore: American Fisheries Society 4p.

BRILL, R. W. and LUTCAVAGE, M. E. 2001. Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfish can significantly improve population assessments. American Fisheries Society Symposium, 25: 179-198.

CARVALHO, A. E. S.L., 2005. Análise crítica dos dados de captura do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*) e agulhão negro (*Makaira nigricans*) pela frota atuneira arrendada pelo Brasil. Monografia apresentada ao Departamento de pesca da UFRPE.

CAVALCANTI, D. R. 2005. Agulhão negro (*Makaira nigricans*). Coordenação Geral de Pesca Industrial - COGINP. SEAP/PR.

DIAS, J. F, PERES-RIOS, E, CHAVES, P.T.C. E WONGTSCHOWSKI, C.L.B.R., 1998. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: Problemas de classificação e recomendações de procedimentos. *Rev. Brasil. Biol.*, 58 (1): 55-69.

FIGUEIREDO, J. L & MENEZES.A N, 1985. *Manual de peixes marinhos do sudoeste do Brasil*. Museu de Zoologia. Universidade de São Paulo, Volume V. Teleostei (4), São Paulo, 105p.

FONTELES FILHO, A. A. 1989. Recursos pesqueiros: Biologia e dinâmica populacional, Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará. 269p.

FROESE, R. AND D. PAULY. EDITORS. 2005. World Wide Web electronic publication. FishBase. Disponível em: < <http://www.fishbase.org>. Acesso em 15 de jul 2006.

GARCIA DE LOS SALMONES, R., INFANTE, O., ALIO, J. J.1989. Reproducción y alimentación de los peces de pico, *Istiophorus albicans*, *Tetrapturus albidus* y *Makaira nigricans*, em la costa central de Venezuela. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, v. 30, 436-439 p.

GRAVES, J. E. and MCDOWELL, J. R. 1994. Genetic analysis of billfish population structure. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 41: 505-515.

GRAVES, J. E. and MCDOWELL, J. R. 2001. A genetic perspective on the stock structure of blue marlin and white marlin in the atlantic ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 53: 180-187.

GOODYAR, C. P., LUO, J., PRINCE, E.D and SERAFY, J. E. 2006. Temperature-depth habitat utilization of blue marlin monitored with psat tags in the context of simulation modeling of pelagic longline cpue. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 59 (1): 224-237.

HAZIN, F.H.V. 1993. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Tese de Doutorado. Universidade de Pesca de Tóquio, Tóquio, Japão. 286 p.

HAZIN, F.H.V., LESSA, R.P.T., ARRAES, R.R., COIMBRA, M.R.M., SOUZA, R.C., MATSUI, N., e PANTOJA Jr., P.S. 1994 Distribution and relative abundance of tunas and billfishes in the southwestern equatorial Atlantic. ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap., 41: 309-324p.

HAZIN, F.H.V., ZAGAGLIA, J.R., BROADHURST, M.K., TRAVASSOS, P.E.P.F., e BEZERRA, T.R.Q. 1998a. Review of small-scale pelagic longline fishery off northeast Brazil. Marine Fisheries. Review, *in press*.

HAZIN, H. G. 2000. Distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do espadarte *Xiphias gladius* (Linnaeus 1758), capturado no Atlântico Sudoeste Equatorial. Recife, 54p.

HAZIN, F. H. V. 2005. Grandes peixes pelágicos no nordeste (atuns, agulhões e tubarões). Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA - REVIZEE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/revizee/doc/textos/pasta07.pdf>> Acesso em: 20 de ago. 2006.

ICCAT. 1998. Elenventh Special Meeting of the Comission-Report of the Standing Committee on Research and Statistics. MADri. 144p.

ICCAT. 2001. Compendio de Recomendaciones y Resoluciones en materia de Ordenación Adoptadas por ICCAT para la Conservacion de los Tunidos Atlanticos y Especies Afines. Madrid, Espanha.

ICCAT. 2001. Report of the fourth ICCAT billfish workshop. Int. Comm. Cons. Atl. Tunas (ICCAT) Coll. Vol. Sci. Pap. 53: 1-22p.

ICCAT, 2005a. Resumo Executivo. Disponível em: <<http://www.iccat.es/Documents/SCRS/ExecSum/BUM%20EN.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2006.

ICCAT, 2005. Compendium Management Recommendations and Resolutions adopted by ICCAT for the Conservation of Atlantic tunas and tuna-like species. Madrid, Espanha.

JOLLEY JR, J. W. 1977. The biology and fishery of Atlantic sailfish *Istiophorus platyterus* from Southeast Florida. Florida Marine Research Publications, St Petersburg, (28): 1-31, jul.

KITCHELL, J. F., MARTELL, S. J. D., WALTERS, C. J., JESEN, O. P., KAPLAN, I. C., WALTERS, J., ESSINGTON, T. E. and BOGGS, C. H. 2006. Billfishes in an Ecosystem Context. Bulletin of Marine Science, 79(3) 669-682.

LESSA, R. e NÓBREGA, M. F. 2000. Guia de Identificação de Peixes Marinhos da Região Nordeste. Programa REVIZEE / SCORE-NE. Recife.

LUCKHURST, B. E., PRINCE, E. D., SNODGRASS, D. G., BROTHERS, E. B. and LLOPIZ, J. K. 2006. Evidence of blue marlin (*Makaira nigricans*) spawning in Bermuda waters and elevated mercury levels in large specimens. Bulletin of Marine Science, 79 (3):691-704.

LUTHY, A. S., COWEN, R. K., SERAFY, J. E. and MCDOWELL, J. R. 2005. Toward identification of larval sailfish (*Istiophorus platyterus*), white marlin (*Tetrapturus albidus*), and blue marlin (*Makaira nigricans*) in the western north Atlantic ocean. Fisheries Bulletin. 103: 588-600.

MAHON, R., MAHON, S. 1986. Seasonality and migration of pelagic fishes in the eastern Caribbean. FAO expert consultation on shared fishery resources in the Lesser Antilles. Mayaguez, Puerto Rico. 273 pp.

MATHER, F. J., JR MASON, J. M. and CLARK, H. L., 1972. Migrations of white marlin and blue marlin in the western north Atlantic Ocean - Tagging results since May, 1970. Contribution No. 2937, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA 02543.

MENDES, P. P. 1999. Estatística aplicada à aquicultura. Recife, Ed. Bagaço, 265p.

NAKAMURA, I., 1970. Synopsis of the Biology of the Black Marlin, *Makaira indica* (Cuvier, 1831). Fisheries Research Station, Kyoto University, Maizuru, Kyoto 625, Japan.

NAKAMURA, I., 1975. Some aspects of the Systematics and Distribution of Billfishes. Fisheries Research station, Kyoto University, Maizuru, Kyoto, Japan. NOAA Tech. Rep. NMFS (Spec. Sci. Rep. Fish. Ser.), 657(2):45-53.

NAKAMURA, I. FAO 1985. species catalogue. Vol.5. Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish.Synop., (125)Vol.5:65 p.

OVCHINNIKOV, V. V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic ocean Atlantic. Scientific Institute of Fisheries and Oceanography. Kaliningrad. 21p.

PRINCE, E. D., COWEN, R. K., ORBESEN, E. S., LUTHY, S. A., LLOPIZ, J. K., RICHARDSON, D. E. and SERAFY, J. E. 2005. Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic. Fisheries Bulletin. 103: 659-669.

SAITO, H., TEKEUCHI, Y., YAMADA, H., TAKAHASHI, M. and YOKAMA, k. 2006 Vertical distribution pattern of Atlantic blue marlin by use of pop-up tags.

SCHAEFFER, M.M. e ORANGE, C. J. 1956. Studies of Sexual Development and Spawning of Yellowfin Tuna (*Neothunnus macropterus*) and Skipjack (*Katsuwonu pelamis*) in Three Areas of the Eastern Pacific Ocean, by Examination of Gonads, vol 1

SEAP/PR. 2004. Instrução Normativa nº 2, de 12 de abril de 2004. Diário Oficial da União. Republica Federativa do Brasil.

SEAP/PR. 2004. Instrução Normativa nº 11, de 11 de novembro de 2004. Diário Oficial da União. Republica Federativa do Brasil.

SEAP/PR. 2005. Instrução Normativa nº 12, de 14 de julho de 2005. Diário Oficial da União. Republica Federativa do Brasil. Edição nº 135.

SCRS/ICCAT, 2004. Informe del Comité Permanente de investigación y Estadística: Aguja azul. Madrid Espanha.

SCRS/ICCAT, 2005. Report for biennial period, 2004-2005. Part I. Vol.2. Madrid, Espanha.

SOUZA, R. C., 1993. Estudo preliminar da biologia reprodutiva dos agulhões no Atlântico sudoeste equatorial. Monografia apresentada ao Departamento de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOUZA, R.C., LESSA, R.P.T. e HAZIN, F.H.V. 1994. First observations on reproductive biology of billfishes (*Tetrapturus albidus*, *Istiophorus albicans* e *Tetrapturus pfluegeri*) in southwestern equatorial Atlantic (Brazil). ICCAT Coll. Vol. Sci. Pap., 42 (2):329-334.

TORRES-SILVA, C. M., TRAVASSOS, P. E., HAZIN, F. H. and PINHEIRO, P. 2006. Preliminary results on reproductive biology of blue marlin, *Makaira nigricans* (Lacépède, 1803) in the tropical western Atlantic ocean. Col.Vol.Sci.Pap.ICCAT SCRS/2006/104

UEYANAGI, S., KIKAWA, S., UTO, M., NISHIKAWA, Y. 1970. Distribution, spawning and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean. Bulletin. Far Seas Fisheries Research. Laboratory, 3: 15-55p.

UEYANAGI, S. 1971. Larval distribution of tunas and billfishes in the Atlantic Ocean. FAO Fish. Rep., 71(2):297-305.



VASKE JR, T., VOOREN, C. M., LESSA, R. P., 2004. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 70: 293-304.

VAZZOLER, A. E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, EDUEM, São Paulo. SBI, 169p.

WISE, J.P., and DAVIS, C. W., 1973. Seasonal distribution of tunas and billfishes in the atlantic. U. S. Department Commercial, NOAA Technical Reports NMFS SSRF 662, 24p.

YANG, W. S and GONG, Y., 1988. The vertical distribution of tunas and bilfishes, and fishing efficiency between Korean regular and deep longlines in the Atlantic Ocean. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, 42: 39-42.

YOKAMA, K. 2006. Analysis of recent catch data of blue marlin caught by Japanese longliners in the Atlantic using log-book information. *Col.Vol.Sci.Pap.ICCAT SCRS/2006/100*.

YEO, N. R., 1978. Fecundity, reproductive biology and some aspects of growth in the Atlantic blue marlin *Makaira nigricans*, Lacépède 1802. National Marine Fisheries Services South East Fisheries Center. Miami, Florida.



## ANEXOS

1 - Características macroscópicas das gônadas dos agulhões, segundo Ovichinnikov (1970).

2 - Classificação geral do desenvolvimento do ovário para determinação de desova e maturidade do *Istiophorus platypterus*, por Jolley (1977).

3 - Características microscópicas para gônadas de albacora-laje proposta por Albaret (1977).

4 - Normas da revista *Fisheries Research*, para a qual o artigo será enviado para publicação.



## ANEXO 1

Características macroscópicas para gônadas dos agulhões, segundo Ovichinnikov (1970).

ESTAGIOS	FÊMEAS	MACHOS
I	Gônadas em forma de filamentos finos e não pareados.	Externamente semelhantes as das fêmeas.
II	Gônadas pares em forma de sacos arredondados denso, cercado por uma fina membrana dérmica de múltiplas camadas epiteliais. Vasos sanguíneos pouco desenvolvidos.	Gônadas pares e finas, borda granular opaca. Seção cruzada (oposta) na forma de um polígono, mais raramente na forma de um triângulo.
III	Gônadas em forma de grandes sacos amarelos com diferenciação de ovos opacos que soltam do ovário com dificuldades	Gônadas espessas e densas. A parte externa envolve grãos rosados. Na seção cruzada existe uma secreção fraca de cor de leite diluído.
IV	Gônadas grandes que ocupam mais da metade da cavidade do corpo. Ovos opacos, visíveis através da membrana transparente.	Gônadas com aparência externa similar ao estágio III, com secreção fina e branca.
V	Gônadas esvaziadas	Gônadas esvaziadas
VI	Gônadas com sinais de inflamação visíveis, ovário flácido com traços de hemorragia.	Não foi encontrada nenhuma gônada nesse estágio.

## ANEXO 2

Classificação geral do desenvolvimento do ovário para determinação de desova e maturidade do *Istiophorus platypterus*, por Jolley (1977).

ESTAGIOS	OVÁRIOS
Imaturos	Pequenos e compactos, tecido róseo, sem evidencia de desova. Septa do tecido conjuntivo fibroso bem desenvolvido e centralmente conectado. Ovócitos não visíveis a olho nu.
Em maturação	Ovários aumentados de 1-9% do peso total do corpo. Primeiros ovócitos visíveis a olho nu. Com o desenvolvimento, os ovócitos nos estágios III e IV tornam-se progressivamente mais numerosos. Simultaneamente, a integridade lamelar diminui e o diâmetro da túnica do ovário decresce.
Maduros	Ovários túrgidos, alcançando Maximo tamanho e ocupando a maior parte da cavidade do corpo. Ovócitos do estagio V translúcidos visíveis através da túnica ovariana muito fina e transparente agora. Integridade lamelar completamente perdida. Ovócitos maduros rompem-se do folículo e podem ser expulsos.
Esgotados	Ovários flácidos e grandemente reduzidos em peso a partir das fases ativa e madura. Diâmetro da túnica do ovário rapidamente aumentada, tecido freqüentemente marcado com óvulos amarelos remanescentes presentes. Ovócitos no estagio II dominam de novo o ovário e muitos nos estágios II avançados parecem estar em processo de rejuvenescimento.
Repouso	Ovários maduros em repouso permanecem compactos mas pesam menos. Túnica ovariana muscular bem desenvolvida e grossa

### ANEXO 3

Características microscópicas para gônadas de albacora-laje proposta por Albaret (1977).

ESTAGIOS	FÊMEAS	MACHOS
I Indeterminado	Os sexos se encontram indeterminados através de observação macroscópica. Há um início de organização em lamelas e alguns ovócitos em crescente manifestação, se tratando de um estágio de transição do I para o II. A membrana ovariana mede de 30 a 50 micrômetros de espessura.	_____
II Imaturo	Os ovários se apresentam de forma fina e plana com cerca de 1,5 cm de largura, não apresentando vascularização superficial, com coloração rosa palido. Os ovócitos não são visto a olho nu. Estes possuem diâmetro de cerca de 45 micrômetros, com citoplasma fortemente basófilo. As células são depositadas regularmente em lamelas ovarianas bem delimitadas apresentando ramificações. A parede ovariana fibro-conjuntiva desse estágio possui espessura de 80 a 120 $\mu\text{m}$ .	Esse estágio equivale ao segundo estágio da fêmea. De acordo com o autor, os indivíduos de albacora-laje possuem média de 28,5 cm de comprimento pré-dorsal.
III Início de primeiro ciclo sexual	São observados microscopicamente alguns ovócitos com diversos estágios de vitelogênese (alguns possuindo estágio de maturação avançada), que foram retidos no centro das lamelas compactas distribuídas entre os ovócitos do estoque de reserva. Os maiores ovócitos possuem diâmetro médio de 300 $\mu\text{m}$ .	Equivale ao terceiro estágio de maturação para as fêmeas. Nesse estágio está presente a existência de diferenças em relação ao avanço da maturação sexual em diferentes pontos do testículo, possuindo também pontos em início de maturação.
IV Maturação avançada	O ovário se encontra bem vascularizado e inchado, com ovócitos visíveis através da parede ovariana. Os ovócitos mais avançados possuem diâmetro médio de 450 $\mu\text{m}$ , com uma segunda moda de 325 $\mu\text{m}$ . A fecundidade estimada é de 5.453 ovócitos.	Os testículos se encontram em coloração esbranquiçada. Equivale ao fim do estágio IV e início do V nas fêmeas. O material se organiza geralmente em forma de tubos. Pesam aproximadamente 1.070g e possuem o I.G de 28,08.
V Pré-desova	Ovário dilatado, turvo e abundantemente vascularizado. Alguns folículos vazios indicam que a desova teve início ou está para se iniciar. Os ovócitos no estágio mais avançado possuem diâmetro médio de 475 $\mu\text{m}$ e 550 $\mu\text{m}$ para a segunda moda. A fecundidade estimada por grama é de 3.570 ovócitos.	_____
VI Repouso sexual	A comparação com os estágios anteriores mostra modificações consideráveis em relação à estrutura histológica do ovário ao longo do ano. O diâmetro dos ovócitos não ultrapassa de 100 $\mu\text{m}$ e possui zonas de absorção ainda sem preenchimento, sendo visíveis.	_____

## ANEXO 4

### Normas da revista *Fisheries Research*

#### Fisheries Research

##### Guide for Authors

This journal provides an international forum for the publication of papers in the areas of fisheries science, fishing technology, fisheries management and relevant socio-economics. The scope covers fisheries in salt, brackish and freshwater systems, and all aspects of associated ecology, environment and pollution issues, and economics. Both theoretical and practical papers are acceptable, including laboratory and field experimental studies relevant to fisheries. Papers on the conservation of exploitable living resources are welcome. Review and Viewpoint articles are also published. As the specified areas inevitably impinge on and interrelate with each other, the approach of the journal is multidisciplinary, and authors are encouraged to emphasise the relevance of their own work to that of other disciplines. The journal is intended for fisheries scientists, biological oceanographers, gear technologists, economists, managers, administrators, policy makers and legislators.

##### Types of contribution

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Viewpoints
4. Short Communications
5. Technical Notes
6. Letters to the Editor
7. Book Reviews
8. Conference Reports

*Regular papers* should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

*Review articles* should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited.

*Viewpoint contributions* provide an opportunity to offer a personal perspective on topical issues relevant to the interests of the Journal.

A *Short Communication* is a concise but complete description of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 6 printed pages (about 12 manuscript pages, including figures, tables and references).

*Conference Reports* provide an analytical review of the significant outcomes of important conferences. They may be submitted by conference associates or solicited by the Editor-in-Chief.

*Technical Notes* should be brief descriptions of experimental procedures, technical operations or applied activities within laboratories or in the field.

*Letters to the Editor* offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief.

*Book Reviews* are included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old. Book reviews will be solicited by the Book Review Editor. Other publications read will be listed. Unsolicited reviews will not usually be accepted, but suggestions for appropriate books for review may be sent to the Book Review Editor:

A.D. McIntyre  
Emeritus Professor of Fisheries and Oceanography  
Zoology Department  
University of Aberdeen  
Aberdeen, AB9 2TN  
UK



E-mail: [a.d.mcintyre@abdn.ac.uk](mailto:a.d.mcintyre@abdn.ac.uk)

### Submission of manuscripts

Submission of an article is understood to imply that the article is original and is not being considered for publication elsewhere. Submission also implies that all authors have approved the paper for release and are in agreement with its content. Upon acceptance of the article by the journal, the author(s) will be asked to transfer the copyright of the article to the publisher. This transfer will ensure the widest possible dissemination of information.

Papers for consideration should be submitted to: [Elsevier Editorial System](#)

### Electronic manuscripts

Submission to this journal proceeds totally on-line. Use the following guidelines to prepare your article. Via the [Author Gateway](#) page of this journal you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. Once the uploading is done, our system automatically generates an electronic (PDF) proof, which is then used for reviewing. It is crucial that all graphical elements be uploaded in separate files, so that the PDF is suitable for reviewing. Authors can upload their article as a LaTeX, Microsoft (MS) Word, WordPerfect, PostScript or Adobe Acrobat PDF document. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revisions, will be by e-mail.

### Electronic format requirements for accepted articles

We accept most wordprocessing formats, but Word, WordPerfect or LaTeX is preferred. Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety. Save your files using the default extension of the program used.

### Wordprocessor documents

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed 'graphically designed' equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Author Gateway's Quickguide](#)). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on [Preparation of electronic illustrations](#).

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spellchecker' function of your wordprocessor.

### Preparation of manuscripts

1. Manuscripts should be written in English. Authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by an English-speaking colleague prior to submission.

**Authors in Japan please note:** Upon request, Elsevier Japan will provide authors with a list of people who can check and improve the English of their paper (**before submission**). Please contact our Tokyo office: Elsevier Japan, 4F Higashi-Azabu, 1-Chome Bldg, 1-9-15 Higashi-Azabu, Minato-ku, Tokyo 106-0044; Japan; Tel. (+81) 3-5561-5032; Fax: (+81) 3-5561-5045; E-mail: [info@elsevier.co.jp](mailto:info@elsevier.co.jp).

2. Manuscripts should be prepared **with numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered.** However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Underline words that should be in italics, and do not underline any other words. Avoid excessive use of italics to emphasize part of the text.



3. Manuscripts in general should be organized in the following order:

Title (should be clear, descriptive and not too long)

Name(s) of author(s)

Complete postal address(es) of affiliations

Full telephone, Fax. no. and E-mail of the corresponding author

Present address(es) of author(s) if applicable

Complete correspondence address to which the proofs should be sent

Abstract

Key words (indexing terms), normally 3-6 items

Introduction

Material studied, area descriptions, methods, techniques

Results

Discussion

Conclusion

Acknowledgements and any additional information concerning research grants, etc.

References

Tables

Figure captions

4. In typing the manuscript, titles and subtitles should not be run within the text. They should be typed on a separate line, without indentation. Use lower-case lettertype.

#### 5. Units and abbreviations

In principle SI units should be used except where they conflict with current practise or are confusing. Other equivalent units may be given in parentheses.

6. Units and their abbreviations should be those approved by ISO (International Standard 1000:92

7. SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units). Abbreviate units of measure only when used with numerals.

8. If a special instruction to the copy editor or typesetter is written on the copy it should be encircled. The typesetter will then know that the enclosed matter is not to be set in type. When a typewritten character may have more than one meaning (e.g. the lower case letter l may be confused with the numeral 1), a note should be inserted in a circle in the margin to make the meaning clear to the typesetter. If Greek letters or uncommon symbols are used in the manuscript, they should be written very clearly, and if necessary a note such as "Greek lower-case chi" should be put in the margin and encircled.

9. Elsevier reserves the privilege of returning to the author for revision accepted manuscripts and illustrations which are not in the proper form given in this guide.

#### Abstracts

The abstract should be clear, descriptive and not longer than 400 words.

#### Tables

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table.

2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables.

3. Drawn tables, from which prints need to be made, should not be folded.

4. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables.

5. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text.

6. Each table should have a brief and self-explanatory title.

7. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurement should be added between parentheses.

8. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some extra space between the columns instead.

9. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

#### Electronic Illustrations

Submitting your artwork in an electronic format helps us to produce your work to the best possible



standards, ensuring accuracy, clarity and a high level of detail.

1. Always supply high-quality printouts of your artwork, in case conversion of the electronic artwork is problematic.
  2. Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
  3. Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
  4. Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Helvetica, Times, Symbol.
  5. Number the illustrations according to their sequence in the text.
  6. Use a logical naming convention for your artwork files, and supply a separate listing of the files and the software used.
  7. Provide all illustrations as separate files.
  8. Provide captions to illustrations separately.
  9. Produce images near to the desired size of the printed version.
- A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://authors.elsevier.com/artwork>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

### Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (Note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below.):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: Colour or greyscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (colour or greyscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

### Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

**Authors please note:** If you submit artwork that does not satisfy these criteria, publication may be delayed.

### Non-electronic Illustrations

For illustrations that are unable to be uploaded electronically hard copies will be accepted.

Please send to:

The Editorial Office of *Fisheries Research*

P.O. Box 181

1000 AD Amsterdam

The Netherlands

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are referred to in the text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side) with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation. Mark the appropriate position of a figure in the article.

### Colour illustrations

If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. For colour reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after



receipt of your accepted article. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://authors.elsevier.com/artwork>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting colour figures to grey scale (for the printed version should you opt to not pay for colour in print) please submit in addition usable black and white prints corresponding to all the colour illustrations.

As only one figure caption may be used for both colour and black and white versions of figures, please ensure that the figure captions are meaningful for both versions, if applicable.

## References

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.

2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed if necessary by a short reference to appropriate pages. Examples: "Since Peterson (1988) has shown that..." "This is in agreement with results obtained later (Kramer, 1989, pp. 12-16)".

3. If reference is made in the text to a publication written by more than two authors the name of the first author should be used followed by "et al.". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and co-authors should be mentioned.

4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on authors' names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1994a, 1994b, etc.

5. Use the following system for arranging your references:

a. *For periodicals*

Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* 17, 273-292.

b. *For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical* Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), *Pathological conditions of wild salmonids*. *Fish. Res.* 17, 3 14.

c. *For books*

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam.

d. *For multi-author books*

Bucke, D., 1989. *Histology*. In: Austin, B., Austin, D.A. (Eds.), *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. Wiley, New York, pp. 69-97.

6. Abbreviate the titles of periodicals mentioned in the list of references according to the *International List of Periodical Title Word Abbreviations*.

7. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

8. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

9. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

## Formulae

1. Formulae should be typewritten, if possible. Leave ample space around the formulae.

2. Subscripts and superscripts should be clear.

3. Greek letters and other non-Latin symbols should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter O, and between one (1) and the letter l.

4. Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used.

5. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.

6. Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

7. The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp.

8. Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are \*P<0.05, \*\*P<0.01 and \*\*\*P<0.001.

9. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g., Ca<sup>2+</sup> and not as Ca<sup>++</sup>.

10. Isotope numbers should precede the symbols, e.g., <sup>18</sup>O.



11. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g., phosphate as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

### Footnotes

1. Footnotes should be used only if absolutely essential. In most cases it should be possible to incorporate the information in normal text.
2. If used, they should be numbered in the text, indicated by superscript numbers, and kept as short as possible.

### Nomenclature

1. Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.
2. All botica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.
3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.
4. For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed.

### Preparation of supplementary data.

Elsevier now accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our Author Gateway at <http://authors.elsevier.com>.

### Copyright

1. An author, when quoting from someone else's work or when considering reproducing an illustration or table from a book or journal article, should make sure that he is not infringing a copyright.
2. Although in general an author may quote from other published works, he should obtain permission from the holder of the copyright if he wishes to make substantial extracts or to reproduce tables, plates, or other illustrations. If the copyright-holder is not the author of the quoted or reproduced material, it is recommended that the permission of the author should also be sought.
3. Material in unpublished letters and manuscripts is also protected and must not be published unless permission has been obtained.
4. A suitable acknowledgement of any borrowed material must always be made.

### Proofs

One set of proofs will be sent to the corresponding author as given on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected; no changes in, or additions to, the edited manuscript will be allowed. Elsevier will do everything possible to get your article corrected and published as quickly and accurately as possible. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication. Subsequent corrections will not be possible, so please ensure your first sending is complete.

### Reprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail or, alternatively, 25 free paper offprints (100 for first author of review article). The PDF file is a



watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional offprints can be ordered on are print order form, which is included with the proofs. UNESCO coupons are acceptable in payment of extra offprints.

#### **Author Services**

Authors can also keep a track on the progress of their accepted article, and set up e-mail alerts informing them of changes to their manuscript's status, by using the "Track a Paper" feature of Elsevier's [Author Gateway](#).