

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUANA D'AMBROSIO FERRARI

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA FROTA INDUSTRIAL COM ESPINHEL-DE-SUPERFÍCIE  
SOBRE O MACHOTE, *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868) CAPTURADO NA ZONA  
ECONÔMICA EXCLUSIVA DO SUDESTE E SUL DO BRASIL.

PONTAL DO PARANÁ

2012

LUANA D'AMBROSIO FERRARI

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA FROTA INDUSTRIAL COM ESPINHEL-DE-SUPERFÍCIE  
SOBRE O MACHOTE, *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868) CAPTURADO NA ZONA  
ECONÔMICA EXCLUSIVA DO SUDESTE E SUL DO BRASIL.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela aluna Luana D'Ambrosio Ferrari, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos.

**Orientador:** Prof. Dr. Henry Louis Spach

**Co-Orientador:** Dr Jorge Eduardo Kotas

PONTAL DO PARANÁ

2012

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
Origem dos dados das capturas .....	15
Área da pesca .....	16
Amostragem Biológica.....	19
Conversão dos pesos das carcaças em comprimentos furcais.....	19
Análise dos rendimentos (CPUE) e de seus possíveis efeitos explicativos .....	21
Estimativas de Mortalidade.....	22
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
Área das capturas .....	25
O impacto da frota espinheleira sobre a estrutura dos tamanhos de <i>Carcharhinus signatus</i> .....	26
Análise dos rendimentos (CPUE) e de seus possíveis efeitos explicativos .....	31
Estimativas de mortalidade .....	38
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
Composição de tamanhos das capturas de <i>C.signatus</i> pela frota espinheleira .....	42
Comportamento dos rendimentos (CPUE) e seus possíveis efeitos explicativos .....	44
Estimativas de mortalidade .....	45
Medidas para conservação da espécie no Brasil .....	46
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Comportamento anual da proporção relativa (%) de *C. signatus* nos desembarques totais de elasmobrânquios pela frota espinheleira industrial no estado de Santa Catarina ao longo da década de 2000 (pontos são as médias ; erros-padrão barras verticais). ..... 14
- Figura 2: Locais onde ocorreram os lances de pesca de *C. Signatus* entre os anos de 1996 e 2008. .. 18
- Figura 3: Diagrama de dispersão entre PE e CF de *C. signatus* capturado pelo espinhel-de-superfície em cruzeiros do Programa REVIZEE e do Projeto TAMAR de 2002 a 2008. Fêmeas representadas por círculos brancos e machos por círculos pretos. O modelo ajustado foi do tipo  $PE = 0,0000209264 * CF^{2,80}$  (n = 39 ;  $r^2 = 0,97$ ) ..... 20
- Figura 4: Mapa das localidades de captura de *C. signatus*, circulos os pontos de captura sobre as elevações. .... 26
- Figura 5: Distribuição de frequência de comprimentos em função de CF capturados pela frota espinheleira sediada em Itajaí (SC) entre 1997 e 2008 (média = 140,9 cm; mínimo= 63,8 cm; máximo= 299,1 cm). A área sombreada representa o intervalo de tamanhos de 1º maturação sexual para ambos os sexos (CF entre 156 e 173 cm)..... 26
- Figura 6: Frequência absoluta de *C.signatus* em função dos CF's capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC), entre os anos de 1997 e 2008. Barra vertical - intervalo de 1º maturação para ambos os sexos (CF entre 156 e 173 cm ; n= 5537). P – primavera; O – outono; V – verão; I – Inverno..... 28
- Figura 7: Variação sazonal dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC) entre 1997 e 2008. (a) distribuição sazonal das médias e (b) das medianas em relação ao intervalo de 1º maturação. No gráfico à direita os quartis estão representados pelas barras verticais e as linhas verticais indicam o erro padrão. Barra horizontal cinza: intervalo de 1º maturação para ambos os sexos (CF entre 156 - 173 cm). ..... 28
- Figura 8: Frequência absoluta anual dos CF's (cm) de *C.signatus* capturados pela frota espinheleira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002. Barra vertical - intervalo de 1º maturação para ambos os sexos (CF entre 156 e 173 cm). ..... 30
- Figura 9: Distribuição das médias (a) e das medianas (b) dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002 em relação ao intervalo de 1º maturação. No gráfico (b) os quartis estão representados pelas barras verticais e as linhas verticais indicam o erro padrão. Barra horizontal – intervalo de 1º maturação para ambos os sexos (CF entre 156 - 173 cm). ..... 31
- Figura 10: (a) Comportamento anual da CPUE com número médio de indivíduos capturados por viagem (CPUE) dos espinheleiros Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III, analisados em conjunto para o período de 1996 a 2007. (b) Comportamento anual das CPUEs logaritmizadas. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão. .... 32

Figura 11: Número médio de <i>C.signatus</i> capturados por viagem (CPUE) pelos espinheleiros Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III separadamente entre os anos de 1997 e 2005. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão.....	34
Figura 12: Comportamento das médias de log (CPUE) de <i>C.signatus</i> capturados com três tipos de isca no período de 1996 a 2007. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão. CPUE – número de indivíduos/viagem.....	35
Figura 13:a) Comportamento sazonal das médias de log(CPUE) de <i>C.signatus</i> capturados pelos espinheleiros Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III em conjunto entre os anos de 1997 e 2005. b) Comportamento sazonal das médias das temperaturas da água de superfície entre os anos de 1997 e 2007. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão. CPUE – número de indivíduos/viagem.....	36
Figura 14: Mapas sazonais da distribuição dos rendimentos de <i>C.signatus</i> (indivíduos/1000 anzóis) capturados pelos espinheleiros de Itajaí (SC) entre 1996 e 2008. (P) primavera, (V) verão, (O) outono e (I) inverno.....	37
Figura 15: (a) Curva de captura baseada na composição de comprimentos de <i>C. signatus</i> capturados pela frota espinheleira sediada no porto de Itajaí (SC) entre os anos de 1997 e 2005. Eixo x = ponto médio de intervalo de tempo para <i>C. signatus</i> crescer de L1 para L2; Eixo y = captura linearizada por ponto médio de intervalo de tempo (n = 5509). (b) Pontos utilizados na estimativa da taxa instantânea de mortalidade total (Z) através da curva de captura baseada na composição de comprimentos. O valor obtido de Z foi igual a 0,37/ano.....	39
Figura 16: Pontos utilizados nas estimativas das taxas instantâneas de mortalidade total (Z) através das curvas de capturas anuais baseadas nas composições de tamanho de <i>C. signatus</i> capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC), entre os anos de 1997 e 2005. Eixo x = ponto médio de intervalo de tempo para <i>C. signatus</i> crescer de L1 para L2; Eixo y = captura linearizada por ponto médio de intervalo de tempo. Os anos analisados foram 1997 (n= 14), 1998 (n= 11), 2000 (n= 5) e 2001 (n= 12), 2002 (n= 8), 2004 (n= 4) e 2005 (n= 4). Os valores obtidos de Z foram 0,38/ano; 0,43/ano; 0,80/ano; 0,32/ano; 0,43/ano; 0,63/ano, e 0,48/ano para os anos de 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004, e 2005 respectivamente.....	41
Figura 17: Valores anuais de mortalidade por ano (ano <sup>-1</sup> ), em que a mortalidade total (Z) é representada pela barra escura e mortalidade por pesca (F) pela barra clara; obtidos através da análise das curvas de capturas anuais baseadas nas composições de tamanho de <i>C. signatus</i> capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC), entre os anos de 1997 e 2005. Os valores obtidos de F foram 0,19/ano; 0,24/ano; 0,61/ano; 0,13/ano; 0,24/ano; 0,44/ano; 0,28/ano para os anos de 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 respectivamente.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela I. Machotes, <i>C. signatus</i> , amostrados no presente estudo.....	19
Tabela II: Teste de Tukey aplicado às médias sazonais dos CF's (cm) de <i>C. signatus</i> capturados pela frota espinheira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002 (em negrito onde $p < 0,01$ ).....	29
Tabela III: Teste de Tukey aplicado às médias dos CF's (cm) de <i>C. signatus</i> capturados pela frota espinheira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002. (em negrito onde $p < 0,01$ ).....	29
Tabela IV: Teste de Tukey aplicado às médias de CPUE (indivíduos/1000 anzóis) de <i>C. signatus</i> capturados pela frota espinheira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1996 e 2007. (em negrito onde $p < 0,01$ ).....	33
Tabela V: Teste de Tukey aplicado às médias de CPUE (indivíduos/1000 anzóis) de <i>C. signatus</i> capturados pelo barco Macedo I, entre os anos de 1997 e 2006 (em negrito onde $p < 0,01$ ).....	34
Tabela VI: Resultados das ANOVAS sobre o comportamento do log CPUE (número de indivíduos capturados por viagem, logaritmizado) em função dos efeitos temporais-espaciais, oceanográficos e pesqueiros. (em negrito onde $p < 0,05$ ).....	34
Tabela VII: Resultado da análise do GLM para as interações entre os possíveis efeitos explicativos da variação de CPUE.....	35
Tabela VIII: Teste de Tukey aplicado às médias de log(CPUE) (indivíduo/1000 anzóis) de <i>C. signatus</i> capturados com três tipos de isca, entre os anos de 1996 e 2007. (em negrito onde $p < 0,05$ ).....	35
Tabela IX: Teste de Tukey aplicado às médias sazonais, entre os anos de 1996 e 2007.....	36
Tabela X: Estimativas de mortalidade natural (M) através dos métodos de Pauly (1980), Peterson & Wroblewsky (1984), Chen & Watanabe (1989), Jensen (1996) e Lorenzen (1996), bem como de mortalidade total (Z) através do método de Hoenig (1983) para <i>Carcharhinus signatus</i> , no presente estudo.....	40

## Resumo

O impacto que a frota industrial com espinhel-de-superfície exerceu sobre a estrutura populacional de *Carcharhinus signatus*, capturado na zona econômica exclusiva do sudeste e sul do Brasil, foi avaliado neste estudo. Os dados foram obtidos em cruzeiros de pesca da frota comercial sediada em Itajaí e Navegantes (SC) e de pesquisa efetuados entre os anos de 1996 e 2008 pelo Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE – SCORE SUL), pelos Projetos TAMAR, ARGO e Albatroz. Os tamanhos originais dos animais capturados foram obtidos através da conversão dos pesos das carcaças desembarcadas em comprimentos furcais. Posteriormente foi feita a análise da variação anual e sazonal na estrutura de tamanhos das capturas dessa frota. Adicionalmente analisaram-se os níveis de abundância relativa (CPUE) para essa espécie e sua relação com determinadas variáveis espaço-temporais. Estimativas de mortalidade total (Z), natural (M) e por pesca (F) também foram obtidas através de curvas de captura. Medidas para a conservação da espécie foram propostas. As capturas eram principalmente compostas de juvenis (entre 100 e 120 cm CF), ou seja, 76,6 % dos indivíduos capturados (n = 5522). A maior captura de juvenis foi no outono, com 74,4% dos indivíduos imaturos. As variáveis que influenciaram significativamente a CPUE ( $p < 0,05$ ), foram o ano, as estações e o tipo de isca utilizada. A CPUE declinou ao longo dos anos, tendência que também foi observada para cada um dos barcos avaliados individualmente. Os rendimentos foram maiores na primavera, quando a isca utilizada era a lula. As capturas estiveram concentradas sobre o talude, entre 500 e 4000 metros de profundidade, mas também foram registradas capturas sobre as elevações submarinas. As estimativas de mortalidade obtidas através das curvas de captura indicaram uma média de 31% de mortes ao ano, sendo que 15% de causas naturais e 16% por pesca. A frota espinheleira atua sobre as áreas de criadouro de *C. signatus* o que compromete seriamente o seu recrutamento à fase adulta. É preocupante esse padrão de exploração, pois a espécie é longeva e com baixa resiliência à pesca intensiva.

Palavra-chave: Biologia pesqueira, machote, elasmobrânquios, abundância relativa.

## Abstract

The impact caused on the population structure of the night shark, *Carcharhinus signatus*, by the industrial pelagic longliners operating along the economic exclusive zone (EEZ) of the southeastern and southern Brazil, was assessed. Data were collected from the commercial fleet based in Itajai and Navegantes, Santa Catarina state, and research cruises, between 1996 and 2008, by the Assessment Program of Living Resources from The Economic Exclusive Zone (REVIZEE – South Score), Sea Turtle (Tamar), ARGO and Albatroz Projects. The carcasses weights landed were converted into furcal lengths to rebuild the original size compositions exploited. After that, the analysis of annual and seasonal variations in the size structure of the catches was done. Additionally, it was observed the relation of the relative abundance levels (CPUE) of this species with its spatial and temporal variables. The total (Z), natural (M) and fishing mortality (F) were also estimated from catch curves. Conservation measures for the species were also proposed. 76.6 % of the longline catches were composed of juveniles between 100 and 120 cm FL (n = 5522). The largest juvenile proportion in the catches was in the autumn (74.4%). The variables that produced a significant effect over the CPUE ( $p < 0.05$ ) were year, season and the type of bait. The CPUE index declined over the years, and similar behaviour was observed in each the fishing vessels individually. Yields were higher in spring, when the bait used was squid. Catches were concentrated over the slope, between 500 and 4000 meters deep, but they were also recorded over sea mounts. Mortality estimates, obtained from catch curves, indicated a mean value of 31% deaths per year, while 15% were by natural causes and 16% by fishing. The longline fleet operated on the breeding grounds of *C.signatus*, negatively affecting their recruitment to adulthood. It is a non-sustainable pattern of exploitation, because the species is long-lived and low resilient to intensive fishing.

Key-words: fisheries biology, night shark, elasmobranchs, relative abundance.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Capes pela bolsa concedida para elaboração deste trabalho, ao CEPESUL/ICMBio pelos dados e pela ajuda técnica na elaboração dos mapas - obrigada Bethe! À UFPR e aos professores Marco Fábio, Paulo Lana e os de lá que me ajudaram, à USP e às diversas bibliografias conseguidas - agradeço Venâncio Guedes e aos bibliotecários! À minha cunhada Michelle, pelos dias inteiros que cuidou do meu filhote enquanto eu estava discutindo minha dissertação com meus orientadores, à minha mãe que também foi minha parceira e ficou com meu bebê durante etapas importantes desta caminhada e no dia da defesa - saudações Santa Catarina e São Paulo! A todo pessoal de Pontal, Tia, Tannistha, Tami, Nessa, Lia, Gi, que estiveram sempre ao meu lado, na busca!! À minha família e orientadores, que me deram força e me possibilitaram terminar minha dissertação, mesmo com dificuldade para chegar ao fim do percurso - grata Henry e ao seu gol preto e ao Jorge Eduardo Kotas por toda a ajuda concedida e também pela amizade!! E agradeço à Deus por sempre me proteger e iluminar meu caminho, colocando nele pessoas que mais considero como anjos de luz!

ASSESSMENT OF THE INDUSTRIAL LONGLINE FISHING ACTIVITIES ON THE NIGHT SHARK, *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868) CAPTURED IN THE SOUTHERN BRAZILIAN ECONOMIC EXCLUSIVE ZONE.

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA FROTA INDUSTRIAL COM ESPINHEL-DE-SUPERFÍCIE SOBRE O MACHOTE, *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868) CAPTURADO NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA DO SUDESTE E SUL DO BRASIL.

**Revista pretendida:** Fisheries Research, ISSN (0165-7836), Fator de Impacto (JCR, 2011) = 1.586, Qualis CAPES = Estrato A2

LUANA D'AMBROSIO FERRARI<sup>1</sup>, JORGE EDUARDO KOTAS<sup>2</sup> & HENRY LOUIS SPACH<sup>1</sup>

(1)PGSISCO - Pós Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Laboratório de Ecologia de Peixes, Av. Beira-mar s/nº, CEP: 83255-000 Pontal do Sul, PR, Brazil.

(2) Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul CEPsul/ICMBio, Av. Ministro Victor Konder, nº 374, CEP: 88301-700, Itajaí, SC, Brazil.

Key-words: fisheries biology, night shark, elasmobranchs, relative abundance.

Palavra-chave: Biologia pesqueira, machote, elasmobrânquios, abundância relativa.

Luana D'Ambrosio Ferrari: luanaferrari@ig.com.br

Phone/fax: Fones: +5541 3511-8600 / Fax: +5541 3511-8648

Henry Louis Spach: henry@ufpr.br

Phone/fax: Fones: +5541 3511-8600 / Fax: +5541 3511-8648

Jorge Eduardo Kotas: jekotas@gmail.com

Phone: +5547 3348-6058

## Introdução

Nas últimas décadas, a principal causa de mortalidade sobre a classe Chondrichthyes tem sido a sua captura incidental (*bycatch*) em pescarias direcionadas a outras espécies (Bonfil, 1994). Adicionalmente, houve um acentuado interesse econômico pelos tubarões, reflexo da demanda internacional de barbatanas e do surgimento de um mercado para a carne desses animais e seus subprodutos (Kotas *et al.*, 1999; Hazin, *et al.*, 2000). O desenvolvimento acelerado na intensidade de pesca sobre este grupo de peixes, aliado à sua baixa resiliência, como fruto de suas características biológicas intrínsecas, ou seja, baixa fecundidade, longevidade e maturação tardia, dificultaram sobremaneira o manejo e a conservação destes valiosos recursos pesqueiros, levando inclusive muitas espécies a níveis de extinção biológica (Camhi *et al.*, 1998; Gúzman, 2006).

A espécie em estudo, *Carcharhinus signatus*, ocorre apenas no oceano Atlântico, possui hábitos oceânicos e se distribui sobre o talude, em águas tropicais, subtropicais e temperadas quentes, com temperaturas entre 11° e 16° C. Habita o ambiente epipelágico, preferencialmente entre 50 e 100 metros de profundidade, mas pode alcançar os 200 metros. São comumente capturados em cardumes, principalmente à noite, indicativo de possível migração vertical (Compagno, 1984). Na costa das Américas, *C. signatus* ocorre desde o Delaware, nos Estados Unidos (39°N), até o sul da Argentina (43°S). Na costa da África, se distribui entre o Senegal (14° N) e o norte da Namíbia (18° S) (Projeto Albatroz, 2009; FishBase, 2010).

No Brasil, duas importantes áreas de ocorrência são as regiões nordeste e sudeste-sul. No litoral nordeste a pesca de *C. signatus* ocorre sobre os bancos submarinos, localizados entre as latitudes de 3° a 4°S e longitudes de 33° a 38° W. Esta espécie foi bastante importante na pescaria local, representando mais de 90% das capturas e estando a maioria dos exemplares abaixo da idade de primeira maturação (89%). Ali as populações, devido ao seu comportamento gregário, são extremamente vulneráveis à pesca, havendo uma baixa ou inexistente troca genética com populações adjacentes (Santana *et al.*, 2009). No sudeste do Brasil, entre as décadas de 70 e 90, *C. signatus* apresentou uma alta abundância relativa, representando a principal espécie do gênero *Carcharhinus* desembarcada por espinheiros no Porto de Santos. Após este período houve um declínio destas capturas (Amorim *et al.*, 1998). No sul do Brasil e Uruguai a espécie é registrada entre as latitudes de 27° e 35°S sobre o talude continental, em locais com profundidades entre 300 e 3000 metros (Nardi & Vooren, 1997). Nessa região, a Convergência Subtropical (definida pela confluência da Corrente do Brasil, de águas quentes e com poucos nutrientes, com a Corrente das Malvinas, de águas frias e

ricas em nutrientes), determina a distribuição e o deslocamento de *C.signatus* (Vaz dos Santos *et al.*, 2007).

O comprimento total e o peso máximo dos adultos encontrado para esta espécie foi de 2,8 m e 76,7 kg respectivamente (FishBase, 2010; Projeto Albatroz, 2009). Santana e Lessa (2004), estudaram o crescimento de *C.signatus* na região nordeste do Brasil, e obtiveram valores de  $K = 0,11 \text{ ano}^{-1}$ ,  $L_{\infty} = 270 \text{ cm}$  e  $t_0 = -2,69$  anos, para sexos combinados. Na costa sul do Brasil, os valores das constantes foram  $K = 0,065 \text{ ano}^{-1}$ ,  $L_{\infty} = 300 \text{ cm}$  e  $t_0 = -5,12$  anos e as projeções estimaram a sua longevidade em até 35 anos (Hellebrandt, 2001). Apesar dessas diferenças regionais nos padrões de crescimento, não se conhece em detalhes a estrutura populacional de *C.signatus* na costa brasileira, ou seja, se há uma única população ou se existem pelo menos duas, uma restrita ao nordeste e outra ao sudeste-sul do Brasil (Hellebrandt, 2001, Santana *et al.*, 2006). De todas as formas, através destes parâmetros é possível identificar a produtividade da espécie, classificada como “muito baixa” (Musick *et al.*, 2000).

O modo reprodutivo de *C.signatus* é a viviparidade placentária (MMA, 2009); a fecundidade uterina observada por Hazin (2000) oscilou entre 4 e 15 embriões por gestação e o tamanho médio de nascimento ficou em torno de 40 cm. Nas águas brasileiras os nascimentos ocorrem na primavera-verão, ou seja, entre os meses de outubro e fevereiro (Projeto Albatroz, 2009). No nordeste do Brasil a cópula ocorre entre novembro e dezembro, sobre os bancos submarinos, próximo a cidade de Natal, RN (Amorim *et al.*, 1998). A gestação é de 1 ano (Hazin *et al.*, 2000) e a frequência reprodutiva é anual com proporção sexual de 1:1 nos embriões. A maturidade sexual é alcançada entre 156 e 160 cm para os machos e entre 168 e 173 cm de comprimento furcal (CF) para as fêmeas (Hazin *et al.*, 2000). Por outro lado, nesta mesma região, Santana e Lessa (2004) encontraram o tamanho de 1º maturação com comprimento total (CT) entre 180 e 190 cm para os machos e 200 e 205 cm para as fêmeas. Tais comprimentos equivalem, em idades, a 8 e 10 anos de idade, para os machos e fêmeas respectivamente. Fêmeas grávidas foram observadas, porém neonatos não foram capturados, possivelmente devido à seletividade da malha da rede utilizada (Santana *et al.*, 2006).

A dieta de *C. signatus* é composta por pequenos peixes ósseos (e.g., peixe-voador e carangídeos), moluscos (lulas) e crustáceos (camarões) (Compagno, 1984; Florida Museum of Natural History, 2010). Na região nordeste do Brasil, Vaske Jr *et al.* (2009) observaram uma dieta composta por 29 táxons, com a predominância de peixes bento-pelágicos e recifais, cefalópodes migradores, crustáceos de profundidade e até vestígios de uma espécie de ave marinha.

*C.signatus* foi intensivamente capturado com espinhel pelágico na costa norte-americana, onde sofreu declínios históricos em seus rendimentos e tamanhos médios entre as décadas de 70 - 80,

quando na década de 90 estas capturas se tornaram escassas. Entretanto, este declínio se estabilizou em 1992, quando o plano de manejo para a pesca de atuns, albacoras e tubarões listou *C. signatus* como espécie proibida à pesca. No mar do caribe, esta espécie era comum e atualmente é rara (Castro *et al.*, 1999; IUCN, 2011). Com exceção dos Estados Unidos, a espécie é ainda capturada ao longo do Atlântico (Castro *et al.*, 1999) sem as normatizações e restrições necessárias (Kotas, comunicação pessoal). No Brasil também foi notado o declínio no rendimento da pesca para esta espécie. Na década de 1990 as capturas de elasmobrânquios pela frota espinheira sediada em Itajaí (SC) representaram 48,2% do total desembarcado, com *C. signatus* contribuindo com 3,8% desse total (Kotas *et al.*, 1999). Já na década de 2000, as capturas de elasmobrânquios caíram muito e passaram a 3,5 % do total desembarcado em Itajaí (SC), período em que *C. signatus* contribuiu com apenas 0,5% dessa captura total. O declínio temporal sofrido por esta espécie fica ainda mais evidente quando analisa-se o comportamento da proporção relativa de *C. signatus* nos desembarques de elasmobrânquios da frota espinheira industrial em Santa Catarina no período de 2000 a 2010, já que no ano 2000 representava 1,6% das capturas totais de peixes cartilaginosos e em 2010 não passava de 0,18% (Figura 1). Para esse mesmo período, os meses de novembro e dezembro foram os que registraram as maiores médias mensais de captura e o mês de janeiro foi o de menor valor (GEP, 2012).

O histórico da pesca com o espinhel-de-superfície no Brasil se iniciou na década de 50, no Recife (PE), com barcos japoneses arrendados e sistema de “rolo” ou “multifilamento”, em que as espécies-alvo eram os atuns (*Thunnus obesus*, *T. albacares* e *T. alalunga*) (Amorim & Arfelli, 1988). Inicialmente, não havia interesse comercial sobre os tubarões e, portanto, os indivíduos capturados eram devolvidos ao mar. Esse cenário mudou a partir dos anos 80, com a alta dos preços das nadadeiras no mercado Asiático. Então esses animais começaram a ser retidos a bordo, extraídas as nadadeiras e descartadas as carcaças; atividade denominada internacionalmente como “finning” (Camhi *et al.*, 1998). Entre 1990 e 2000 houve a substituição do sistema japonês pelo sistema americano, que utilizava somente a linha de monofilamento e era mais prático, barato e exigia menor mão de obra. As diferenças entre os sistemas se relacionavam não somente à tecnologia empregada, como também às estratégias de pesca e às espécies-alvo (Projeto Albatroz, 2009). O sistema americano era inicialmente direcionado a áreas onde havia maiores chances de capturar o espadarte (*Xiphias gladius*) e devido a não utilização do estropo de aço na linha secundária, evitavam-se as capturas de tubarões. Entretanto com o incremento na demanda de barbatanas de tubarão pelo mercado internacional nos anos 90, muitas embarcações passaram a utilizar o estropo de aço na linha secundária do espinhel retendo as capturas dos seláceos. Nessa época, várias espécies de tubarões já

começam a apresentar sinais de sobrepesca (Kotas *et al.*, 1999). A partir de 2000 esta pescaria se encontra em fase de transformação e representa uma adequação ao sistema econômico em vigor. Neste caso se observa ainda a atuação do modelo de pesca americano, porém com a participação crescente de pescadores capixabas, com embarcações menores, na chamada “frota de Itaipava”. Entretanto os tubarões continuam a ser capturados com a utilização do estropo de aço, mesmo com os declínios nos rendimentos de diversas espécies, como é o caso dos tubarões-martelo (*Sphyrna lewini*, *Sphyrna zygaena*), raposa (*Alopias superciliosus*) e do machote (*Carcharhinus signatus*), que já se encontram ameaçados de extinção (IUCN, 2011).

Por ser direcionada à exportação, a pescaria de espinhel-de-superfície está sujeita a oscilações no mercado internacional, além de haver variações espaço-sazonais na disponibilidade e/ou direcionamento às espécies-alvo (atuns, espadarte e cações) ao longo dos anos. Ou seja, mesmo sendo uma atividade extrativa instável do ponto de vista econômico, deveria haver uma normatização desta, que na prática ainda não existe (Oceana, 2008; Kotas *et al.*, 2005; Projeto Albatroz, 2009).

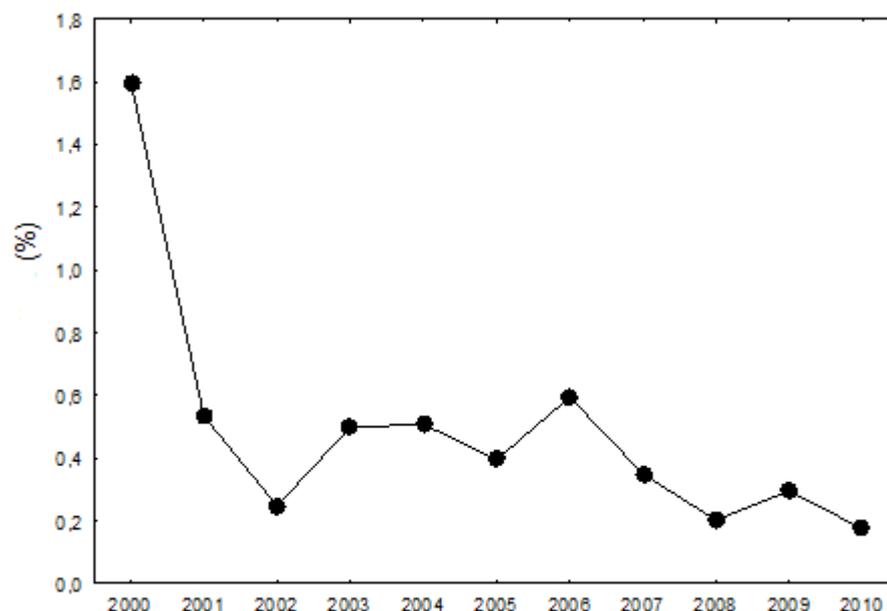


Figura 1: Comportamento anual da proporção relativa (%) de *C. signatus* nos desembarques totais de elasmobrânquios pela frota espinheleira industrial no estado de Santa Catarina ao longo da década de 2000 (pontos são as médias ; erros-padrão barras verticais).

No presente estudo, a hipótese a ser testada é de que a frota industrial com espinhel-de-superfície, sediada em Itajaí e Navegantes (SC), impactou a estrutura populacional de *C. signatus* na zona econômica exclusiva do sudeste e sul do Brasil, ou seja, ao longo de toda a sua distribuição espaço-temporal, baseado em análises de dados biológicos e da estatística pesqueira. Este trabalho se justifica pela necessidade de serem tomadas medidas para a conservação desta espécie de tubarão na

costa brasileira, considerando que é longeva, pouco resiliente à pesca e se encontra atualmente ameaçada de extinção, ou seja, vulnerável (VU) a nível global (IUCN, 2011) e sobreexplorada no Brasil (IBAMA, 2011).

### ***Os objetivos do estudo***

(1) Analisar as estatísticas oficiais disponíveis e os dados obtidos através do programa de observadores de bordo do Projeto Albatroz para o machote, *Carcharhinus signatus*, capturado pela frota industrial com espinhel-de-superfície sediada em Itajaí e Navegantes (SC), verificando-se tendências espaço-temporais nos rendimentos para esta espécie;

(2) Identificar a composição por tamanhos de *C. signatus* capturado pela frota industrial com espinhel-de-superfície sediada em Itajaí e Navegantes;

(3) Verificar a composição por tamanhos e sexos de *C. signatus*, capturado durante os cruzeiros de pesquisa do N.Pq. Soloncy Moura pelo Programa REVIZEE, Projeto TAMAR, bem como em cruzeiros de observadores de bordo pelo Programa REVIZEE na frota comercial e cruzeiros de prospecção pesqueira efetuados à bordo do N.Pq. Atlântico Sul pelo Projeto ARGO;

(4) Estimar as taxas instantâneas anuais de mortalidade total (Z) e por pesca (F) da espécie, através da análise das curvas de captura em comprimentos;

(5) Analisar a variação temporal dos rendimentos (CPUE) (número de indivíduos desembarcados por viagem) de *C. signatus*, pelos espinheleiros que desembarcaram em Itajaí e Navegantes acima de 500 indivíduos;

(6) Testar quais seriam os principais efeitos responsáveis pela variação da CPUE de *C. signatus*.

(7) Apresentar recomendações para a conservação da espécie.

## **Materiais e Métodos**

### ***Origem dos dados das capturas***

Os dados das capturas de *C. signatus* foram obtidos em cruzeiros de pesca comercial e científica entre os anos de 1996 e 2008, com a utilização do espinhel-de-superfície. Das capturas registradas, 5459 forneceram dados de carcaças e 2505 forneceram dados ambientais, e biológico-pesqueiros. O número de anzóis por lance de pesca variou de 195 a 2880, com anzóis do tipo “jota”

(8/0 e 9/0 0° offset) e também com anzóis do tipo “circular” (18/0 10° offset) que foram intercalados com anzóis do tipo “jota” (9/0 0° offset) nos experimentos de seletividade feitos pelo Projeto Tamar.

Os cruzeiros de pesca foram os seguintes:

- (1) Cruzeiros de observadores contratados pelo Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE – Score Sul) à bordo da frota espinheleira industrial nacional sediada em Itajaí e Navegantes (SC), entre 1996 e 2001;
- (2) Cruzeiros de prospecção pesqueira efetuados à bordo do N.Pq. Atlântico Sul pelo Projeto ARGO no ano de 1996;
- (3) Cruzeiros de prospecção pesqueira à bordo do N.Pq. Soloncy Moura pelo Programa REVIZEE – Score Sul, entre 2002 e 2003;
- (4) Experimentos de seletividade de anzóis pelo Projeto Tartarugas Marinhas (TAMAR) à bordo do N.Pq. Soloncy Moura, entre 2002 e 2008;
- (5) Cruzeiros de observadores de bordo do Projeto Albatroz na frota espinheleira comercial nacional, entre os anos de 2001 e 2007;

O termo “offset” refere-se ao ângulo de desvio, em graus, entre a ponta e a haste do anzol (Sales et al.; 2010).

### *Área da pesca*

Ao todo, foram registrados 605 lances de pesca com capturas de *C. signatus*. No início e final de cada lance foram registrados a data, hora, latitude e longitude, número de anzóis utilizados, profundidade local, temperatura da água de superfície, pressão atmosférica, o estado do mar, tipo de isca e o número de *C. signatus* capturados. A área de atuação da frota foi o sudeste e sul do Brasil (

Figura 2).

A captura por unidade de esforço (CPUE) foi expressa como indivíduos/1000 anzóis. A distribuição espacial e sazonal da abundância relativa (CPUE) de *C.signatus* ao longo dos anos, foi também avaliada através da elaboração de mapas, com a utilização do programa Arcview 9.3. Para a análise da sazonalidade da CPUE de *C.signatus*, as estações do ano foram definidas da seguinte forma: a primavera, entre os meses de outubro a dezembro; o verão, que compreende os meses de janeiro a março; o outono, os meses de abril a junho e o inverno, entre os meses de julho a setembro.

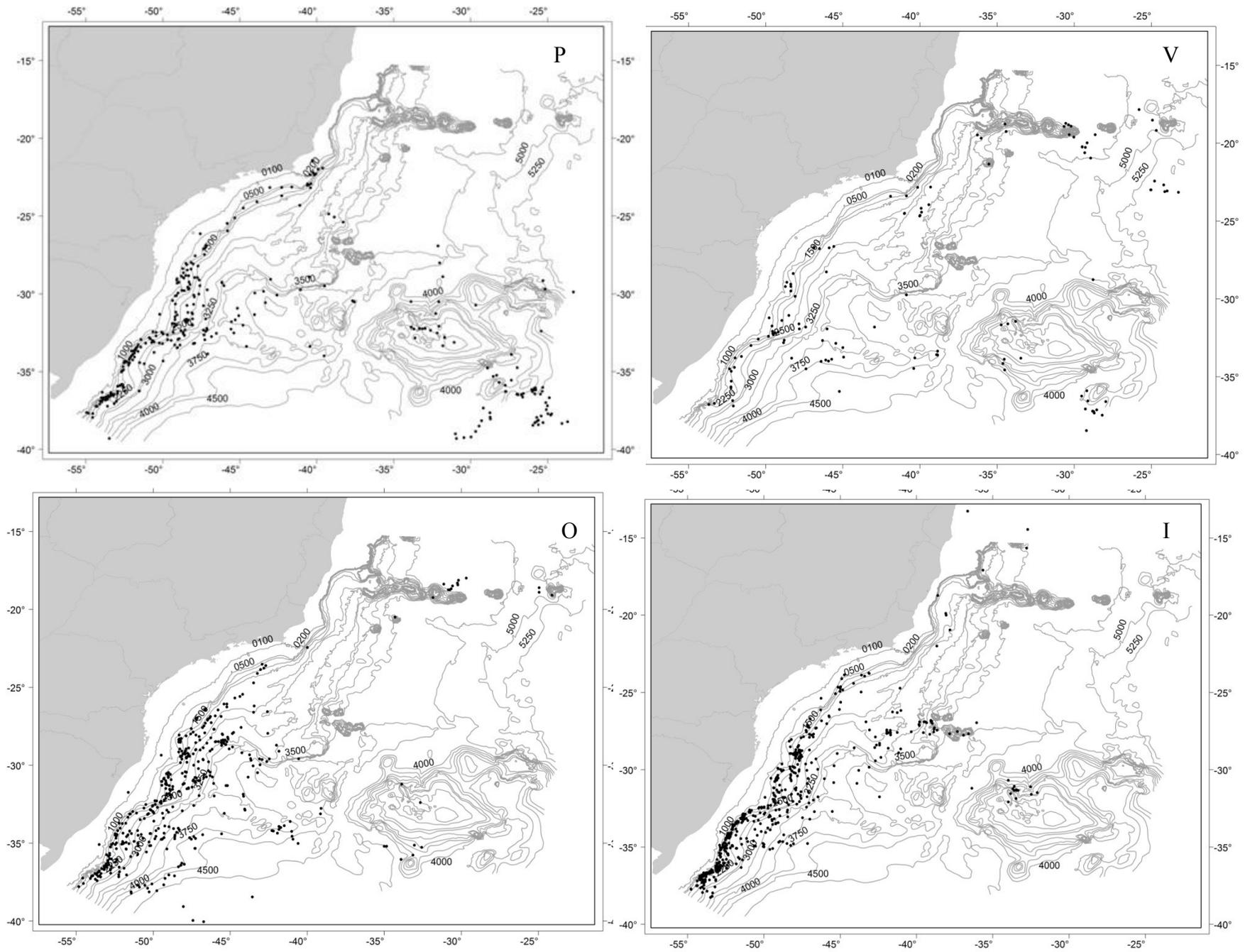


Figura 2: Locais onde ocorreram os lances de pesca de *C. Signatus* entre os anos de 1996 e 2008.

### ***Amostragem Biológica***

Os dados biológicos registrados foram obtidos de apenas 87 indivíduos amostrados à bordo. Os dados utilizados no trabalho foram o sexo, comprimento total (CT) (cm), comprimento furcal (CF) (cm), comprimento da carcaça (CC) (cm), peso total (PT) (g), peso do animal eviscerado (PE) (ou seja, sem cabeça, nadadeiras e vísceras) (g) e estágio reprodutivo (Tabela I). Os anos de 2003, 2004, 2005 e 2008 foram menos representativos, se comparados aos anos anteriores e, portanto, não foram considerados nas análises da estrutura de tamanhos.

Tabela I. Machotes, *C. signatus*, amostrados no presente estudo.

<b>Cruzeiro</b>	<b>Ano de Captura</b>	<b>Época do ano</b>	<b>Número de animais amostrados</b>
Programa Revizee - Frota espinheleira	1998	Verão	1
Programa Revizee - Frota espinheleira	1998	Outono	43
Programa Revizee - Frota espinheleira	1998	Primavera	10
Programa Revizee - Frota espinheleira	1998	Inverno	2
Programa Revizee - N.Pq. Soloncy Moura	2002	Primavera	1
Programa Revizee - N.Pq. Soloncy Moura	2003	Outono	9
Programa Revizee - N.Pq. Soloncy Moura	2003	Inverno	1
Projeto Tamar - N.Pq. Soloncy Moura	2002	Primavera	1
Projeto Tamar - N.Pq. Soloncy Moura	2003	Outono	10
Projeto Tamar - N.Pq. Soloncy Moura	2003	Inverno	1
Projeto Tamar - N.Pq. Soloncy Moura	2005	Verão	6
Projeto Tamar - N.Pq. Soloncy Moura	2005	Primavera	1
Projeto Tamar - N.Pq. Soloncy Moura	2008	Verão	1
		N total	87

### ***Conversão dos pesos das carcaças em comprimentos furcais***

As relações morfométricas e de peso-comprimento em tubarões, em conjunto com as medidas padrão de comprimento e peso obtidas das carcaças desembarcadas, são importantes para a reconstituição dos tamanhos originais dos animais capturados por pesca (Garrick, 1982 *apud* Hazin et al., 2000). Com esse objetivo foram utilizados os PE's (kg) de 5452 *C.signatus*, desembarcados pelos espinheleiros da empresa Comércio e Indústria de Pescado Kowalsky Ltda., sediada no município de Itajaí (SC), durante o período de 1997 a 2006. Estes pesos foram convertidos em CF's (cm), para a análise da variação anual e sazonal na estrutura em tamanhos capturada por essa frota.

Inicialmente, foi necessário construir com os dados disponíveis dos cruzeiros de pesquisa do Programa REVIZEE (2002 e 2003) e do Projeto TAMAR (2002 a 2008) (n = 39), um modelo de PE versus CF do tipo  $PE = \alpha * CF^\beta$ , para sexos combinados, onde a estrutura de erros foi considerada multiplicativa e o diagrama de dispersão não foi linear (Figura 3).

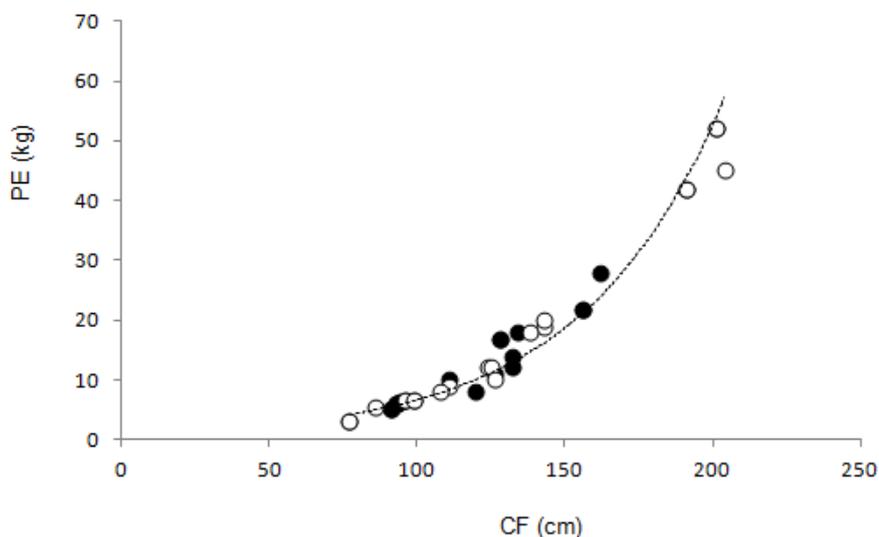


Figura 3: Diagrama de dispersão entre PE e CF de *C. signatus* capturado pelo espinhel-de-superfície em cruzeiros do Programa REVIZEE e do Projeto TAMAR de 2002 a 2008. Fêmeas representadas por círculos brancos e machos por círculos pretos. O modelo ajustado foi do tipo  $PE = 0,0000209264 * CF^{2,80}$  (n = 39 ;  $r^2 = 0,97$ ).

Para a estimativa dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , linearizou-se o modelo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) através de logaritmos neperianos (base e), ficando a equação da seguinte forma:

$$\ln PE = \ln \alpha + \beta \ln CF + \epsilon \quad (1)$$

Onde,

$\ln$  = logaritmo neperiano (base e)

$\epsilon$  = erro (variação não explicada)

Obtendo-se portanto,

Intersecção =  $\ln \alpha = -10,77$ , portanto  $\alpha = \exp^{-10,77} = 0,0000209264$

Inclinação =  $\beta = 2,76$

Os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  estimados para a linha de regressão foram significativos ( $p < 0,01$ ) e a inclinação da mesma foi diferente de zero. Portanto, a relação PE vs. CF, foi expressa da seguinte forma:

$$PE = 0,0000209264 * CF^{2,80} \quad (n = 39 ; r^2 = 0,97) \quad (2)$$

Sendo PE em quilos (kg) e CF em centímetros (cm).

### *Análise dos rendimentos (CPUE) e de seus possíveis efeitos explicativos*

Foi analisado o comportamento anual e sazonal da CPUE média (indivíduos desembarcados/viagem) de *C.signatus*, capturados pelos espinheiros sediados em Itajaí (SC) e que desembarcaram acima de 500 indivíduos dessa espécie, durante o período de 1997 a 2005. Assim, contabilizaram-se 1400, 1054, 968 e 516 indivíduos capturados pelos barcos Marbella, Macedo IV, Macedo I e Yamaya III respectivamente.

Adicionalmente à análise temporal da CPUE, procedeu-se a testar a significância ( $p < 0,05$ ) ou não dos efeitos temporais, espaciais, oceanográficos e pesqueiros sobre a variação desse índice de abundância relativa. As variáveis elencadas, devido à sua maior disponibilidade nos mapas de bordo e nas fichas de pesca, foram os efeitos ano, sazonalidade, latitude de captura, tipo de isca utilizada, temperatura da água de superfície e profundidade local. Testes estatísticos de análise de variância (ANOVA) e modelos lineares generalizados (GLM) foram aplicados aos dados de CPUE, como função desses parâmetros e suas interações (ZAR, 1999).

Os modelos lineares generalizados (GLM) possuem três componentes: (1) uma componente aleatória que identifica a variável resposta  $Y$  e que se comporta de acordo com uma distribuição de probabilidades; (2) uma componente sistemática a qual apresenta as variáveis explicativas como preditores do modelo e (3) uma relação funcional ( $\mu$ ) entre as componentes sistemáticas (função “link”) e a média esperada da parte aleatória (VENABLES e RIPLEY, 2002). A equação básica do GLM é:

$$Y_n = \mu + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon,$$

onde  $Y_n$  é uma observação (média esperada),  $\beta$ 's são os coeficientes dos diversos níveis dos efeitos (constante),  $X$ 's são as variáveis independentes (preditores lineares do modelo) e  $\varepsilon$  é o erro (Venables & Ripley, 2002).

A grande vantagem nos modelos GLM é o fato de utilizar métodos de ajuste de *máxima verossimilhança* e de não haver a necessidade da transformação dos dados (por exemplo, logaritmização da CPUE). A variável resposta pode apresentar qualquer das distribuições que pertençam à família *exponencial* (ou seja, normal, binomial, Poisson, Gamma ou Gaussiana inversa). A função “link” é escolhida independente da componente aleatória e não requer variância constante ou normalidade de resposta. Nos modelos GLM, as variáveis independentes podem ser tanto contínuas como discretas (Hilborn & Walters, 1992).

### ***Estimativas de Mortalidade***

Quando se estudam as mortalidades, é mais conveniente utilizar as taxas instantâneas. Assim, Z representa o coeficiente instantâneo de mortalidade total. Neste caso há dois componentes importantes na mortalidade total: a morte natural, causada por enfermidades, predação, entre outros, que é dado por M (coeficiente de mortalidade natural), e a ocasionada pela pesca, que é dado por F (coeficiente de mortalidade por pesca) (Gulland, 1971). Portanto, estes dois coeficientes podem ser somados de forma que  $Z = F+M$  (Sparre e Venema, 1997).

Estimativas de mortalidade natural (M) e total (Z) em tubarões podem ser obtidas através de métodos indiretos, utilizando para isto parâmetros populacionais (por exemplo, a longevidade, os parâmetros de crescimento do modelo de Von Bertalanffy e a idade de primeira maturação) e fatores ambientais, como a temperatura em que o animal vive (Hoenig, 1983; Pauly, 1980 e Jensen, 1996). Como estes métodos empíricos assumem a mortalidade natural como sendo constante ao longo da vida (Sparre e Venema, 1997), sempre devem ser comparados com métodos alternativos que fornecem estimativas de mortalidade natural (M) que variam com a idade e o peso do animal (Peterson & Wroblewsky, 1984; Chen & Watanabe, 1989 e Lorenzen, 1996).

Assim, os resultados das estimativas únicas de M obtidas através dos métodos de Pauly (1980) e Jensen (1996), foram comparados com os valores médios de M obtidos através dos métodos de Peterson & Wroblewsky (1984), Lorenzen (1996) e Chen & Watanabe (1989). Posteriormente foi obtida uma média geral de mortalidade natural (M) para todos os métodos em conjunto.

O método de Hoenig (1983) utiliza dados de longevidade, para estimar a mortalidade total (Z) em estoques pouco explorados. O modelo foi baseado em 22 estoques de cetáceos, ou seja:

$$\ln Z = 0.941 - 0.873 \cdot \ln(\text{idade máxima}) \quad (3)$$

O modelo empírico de Pauly (1980) para estimar o valor do coeficiente instantâneo de mortalidade natural (M) para *C. signatus* é definido como:

$$\log(M) = -0,0066 - 0,279 \log(L_{\infty}) + 0,6543 \log(K) + 0,4634 \log(T) \quad (4)$$

Onde  $L_{\infty}$  = comprimento total teórico assintótico (cm); K = constante de taxa de crescimento (por ano) e T = temperatura média anual da água de superfície (°C).

Os parâmetros de crescimento de *C.signatus* utilizados no modelo, foram retirados de Santana & Lessa (2004), que fizeram a leitura dos anéis em cortes finos nas vértebras de ambos os sexos desta espécie capturada na região nordeste do Brasil e ali obtiveram os valores de  $L_{\infty} = 270$  cm e K = 0,112 por ano. Entretanto, o fato de ter sido utilizado o mesmo padrão de crescimento da região nordeste para o sudeste e sul do Brasil se baseia no condicionante de que esta espécie não varia tão drasticamente o seu crescimento de uma região para outra, além do trabalho ser de cunho conservacionista, com o foco de documentar estatisticamente a queda nos estoques de *C. signatus*; algo que já vem sendo observado, *in situ*, ao longo dos anos.

A temperatura média da água de superfície T = 22°C utilizada na estimativa de M, foi obtida dos dados dos cruzeiros de pesca que compõem o presente trabalho

Uma tentativa de obter estes parâmetros de crescimento para o sul do Brasil foi feito por Hellebrandt (2001). Entretanto a amostra analisada continha apenas indivíduos em fase inicial de crescimento e não indivíduos mais velhos, o que comprometeu a representatividade do modelo e os valores não foram considerados ( $L_{\infty} = 300$  cm, K= 0,065 por ano e  $t_0 = -5,12$  anos (dados observados) ;  $L_{\infty} = 300$  cm, K= 0,079 por ano e  $t_0 = -3,30$  anos (dados retrocalculados); segundo o modelo especializado de crescimento de von Bertalanffy).

No método de Jensen (1996) a mortalidade (M) pode ser relacionada tanto com a idade de primeira maturação como com a taxa de crescimento (K), ou seja:

$$M = 1,65 / \text{idade de primeira maturação} \quad (5)$$

$$M = 1,5K \quad (6)$$

Peterson e Wroblewski (1984) relacionam M com o peso seco (WS) em gramas. Segundo Cortés (2002) o fator de conversão de 1/5 pode ser usado para se obter o peso seco do peso úmido em tubarões.

$$M = 1,92 WS^{-0,25} \quad (7)$$

Já Lorenzen (1996) relaciona M com o peso úmido (WU) em gramas, baseado em dados de juvenis e adultos de diferentes ecossistemas aquáticos.

$$M = 3,69 WU^{-0,305} \text{ (para sistemas oceânicos)} \quad (8)$$

O método de Chen e Watanabe (1989) relaciona  $M$  com os parâmetros de crescimento de Von Bertalanffy. Ocorre em 2 fases: (1) declínio para os estágios iniciais da vida e (2) uma fase constante, para estágio de vida adulta (após a idade de 1<sup>o</sup> maturação -  $t_m$ ):

$$M(t) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{K}{1 - e^{-K(t-t_0)}}, t \leq t_m \\ \frac{1}{t} \ln \left( \frac{e^{K(t_{max}-t_m)} - e^{Kt_0}}{e^{Kt_m} - e^{Kt_0}} \right), t > t_m \end{array} \right\} \quad (9)$$

$$t_m = \frac{-1}{K} \ln(1 - e^{Kt_0}) + t_0$$

Onde  $K$  é a constante de crescimento (por ano),  $t$  a idade em que o indivíduos se encontra (ano),  $t_0$  é a idade teórica em que o indivíduo apresenta comprimento igual a zero (ano),  $t_m$  é a idade de primeira maturação (ano) e  $t_{max}$  a idade máxima encontrada (ano).

Com o valor do coeficiente  $Z$ , a proporção total de indivíduos que morrem ao ano, em valores absolutos, foi obtida através do cálculo da taxa de sobrevivência, ou seja:

$$N_t = N_0 e^{-Zt} \quad (10)$$

onde,

$N_t$  = número de indivíduos vivos no tempo ( $t$ ),

$N_0$  = número de indivíduos vivos no tempo 0 e

$t$  = 1 ano

$N_t/N_0 = S$  = taxa de sobrevivência (%)

Adicionalmente às estimativas de mortalidade natural ( $M$ ), e total ( $Z$ ) através de métodos empíricos, foram obtidos os valores dos coeficientes instantâneos de mortalidade total ( $Z$ ) e por pesca ( $F$ ), a partir da análise de curvas de capturas em tamanhos (Ricker, 1975; Sparre e Venema, 1997). Os dados usados para a elaboração dessas curvas foram o número de indivíduos capturados por classe de comprimento furcal e os parâmetros de crescimento ( $L_\infty = 270$  cm e  $K = 0,112$  por ano) de Santana e Lessa (2004). Para melhor ajuste da curva, foram excluídas algumas observações da análise de regressão (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), dentre elas a parte ascendente da curva, que corresponde a peixes que ainda não foram completamente recrutados à pesca e as últimas classes de comprimento, que estão muito próximas ao  $L_\infty$  onde, neste caso, a relação entre idade e comprimento torna-se incerta (Sparre e Venema, 1997). Foi feita a estimativa de  $Z$ , considerando uma única curva de captura para todo o período analisado, isto é, de 1997 a 2005 e posteriormente

construíram-se curvas de capturas anuais em separado, para as estimativas de Z em 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004 e 2005. O programa Excel foi utilizado para estimar as mortalidades.

Por fim, estas taxas de mortalidade foram usadas para se chegar à taxa de exploração do estoque (E), que é a fração das mortes causadas pela pesca (Sparre e Venema, 1997), dada pela relação

$$E = F/Z \quad (11)$$

Esta taxa varia entre os valores 0 e 1, ou seja, quanto mais próximo do meio (0,5), mais próximo do equilíbrio o estoque se encontra, já os valores próximos a 1 indicam sobreexploração, ou subexploração quando tender a zero (Pauly, 1980). Entretanto para indivíduos com os padrões de crescimento lento, K-estrategistas como os tubarões, acima de 0,5 já demonstra desequilíbrio no estoque e potencial sobreexploração.

## RESULTADOS

### *Área das capturas*

A área de pesca da frota comercial e dos cruzeiros de pesquisa que capturaram *C.signatus* durante o período de 1996 a 2008 esteve delimitada, em sua maioria, pelas latitudes de 20° a 35°S e longitudes de 32° a 51°W. O mapa de distribuição das capturas indicou que *C.signatus* é uma espécie associada ao talude continental do sudeste e sul do Brasil, ocorrendo sobre áreas com profundidades acima dos 500 m e abaixo dos 4000 m. Entretanto houveram capturas que não estavam associadas ao talude continental mas sim à elevações submarinas. Estas capturas variaram entre locais com 1638 e 4130 metros de profundidade, sobre a cadeia de montes submarinos Vitória-Trindade, por volta dos 20°S de latitude; na região do platô de São Paulo, próximo ao Monte submarino Jean Charcot, aos 26°S de latitude e na área que abrange a Elevação do Rio Grande, entre 32° e 34°S de latitude (Figura 4).

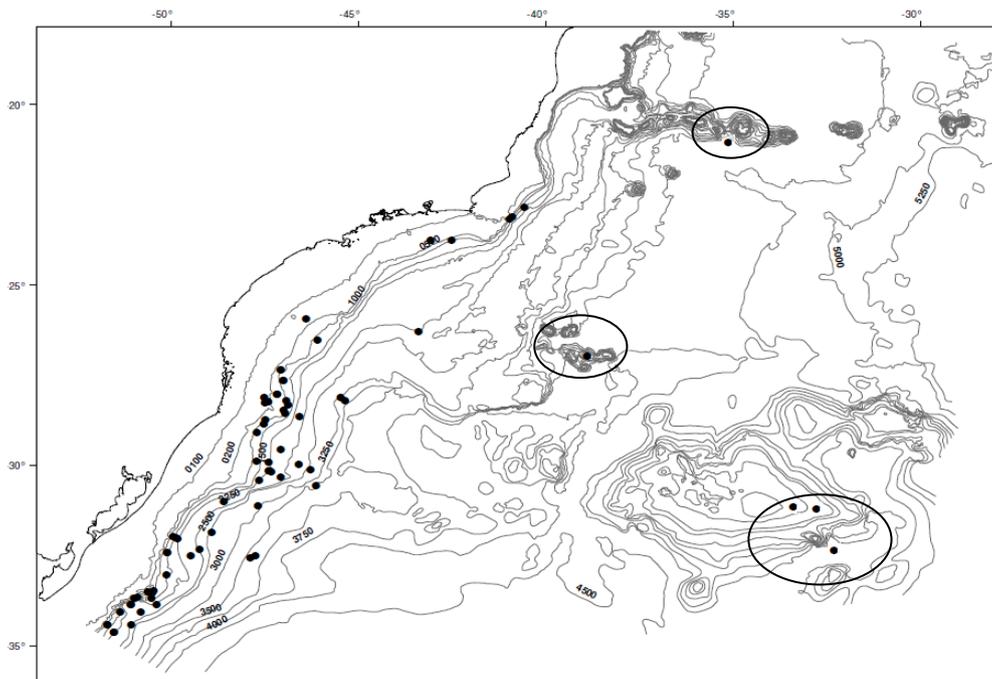


Figura 4: Mapa das localidades de captura de *C. signatus*, circulado os pontos de captura sobre as elevações.

### ***O impacto da frota espinheira sobre a estrutura dos tamanhos de *Carcharhinus signatus****

Entre os anos de 1997 e 2008, a frota espinheira sediada em Itajaí (SC) capturou 5622 *C. signatus* com CF entre 63,8 e 299 cm (média =140,9 cm e erro padrão =36,9 cm), exercendo mortalidade por pesca sobre os neonatos, juvenis e adultos, mas principalmente sobre o estrato juvenil. 76,6 % se encontravam abaixo do intervalo de 1° maturação sexual para machos e fêmeas, que ocorre com CF entre 156 e 173 cm (Hazin, 2000). Os dados aqui apresentados evidenciam que a frota espinheira captura *C. signatus* nas diferentes fases do seu ciclo de vida.

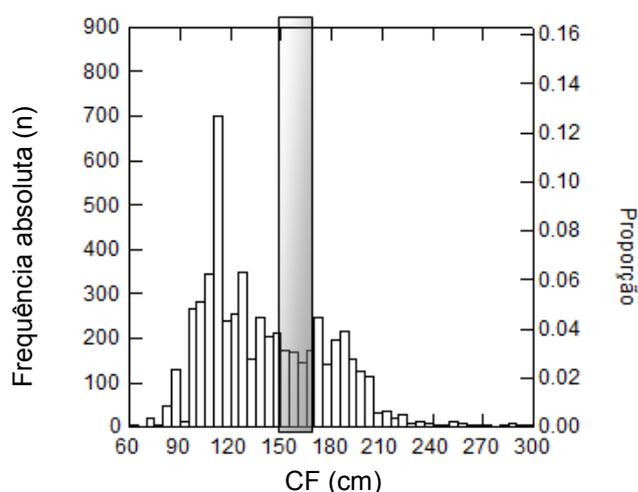


Figura 5: Distribuição de frequência de comprimentos em função de CF capturados pela frota espinheira sediada em Itajaí (SC) entre 1997 e 2008 (média = 140,9 cm; mínimo= 63,8 cm; máximo= 299,1 cm). A área sombreada representa o intervalo de tamanhos de 1° maturação sexual para ambos os sexos (CF entre 156 e 173 cm).

Os dados da Figura 5 indicam haver um padrão bimodal na estrutura de tamanhos capturada pela frota espinheleira, sendo a primeira moda representada principalmente pelos recrutas (juvenis) e a segunda em sua maioria pelos adultos.

Sazonalmente, para o período entre 1997 e 2008, 74,4% dos indivíduos capturados no outono estavam abaixo do tamanho de 1<sup>o</sup> maturação (n = 1671; média = 137,2 cm; desvio padrão = 41,1 cm); 64,9% no inverno (n = 1810; média= 140,3 cm e desvio padrão= 35,5 cm); 60,4% na primavera (n= 1851, média= 145,8 cm e desvio padrão= 37,8 cm) e 58,7% no verão (n= 205, média= 147,4 cm e desvio padrão= 35,7 cm). Portanto, a ocorrência de juvenis foi elevada em todas as estações, especialmente no outono e inverno (Figura 6 e Figura 7 a-b).

Aplicando-se a análise de variância (ANOVA) aos dados sazonais de CF, se observam diferenças significativas entre as médias ( $F=23,28$ ,  $p<0,01$ ). Assim, a comparação pareada através do teste de Tukey mostrou diferenças significativas entre o inverno e primavera ( $p<0,01$ ), inverno e verão ( $p<0,01$ ), outono e primavera ( $p<0,01$ ) e outono e verão ( $p<0,01$ ), com CF's em média maiores na primavera e verão. Em média, o CF não diferiu significativamente entre o inverno e o outono ( $p = 0,79$ ), e entre a primavera e o verão ( $p = 0,19$ ) (Tabela II).

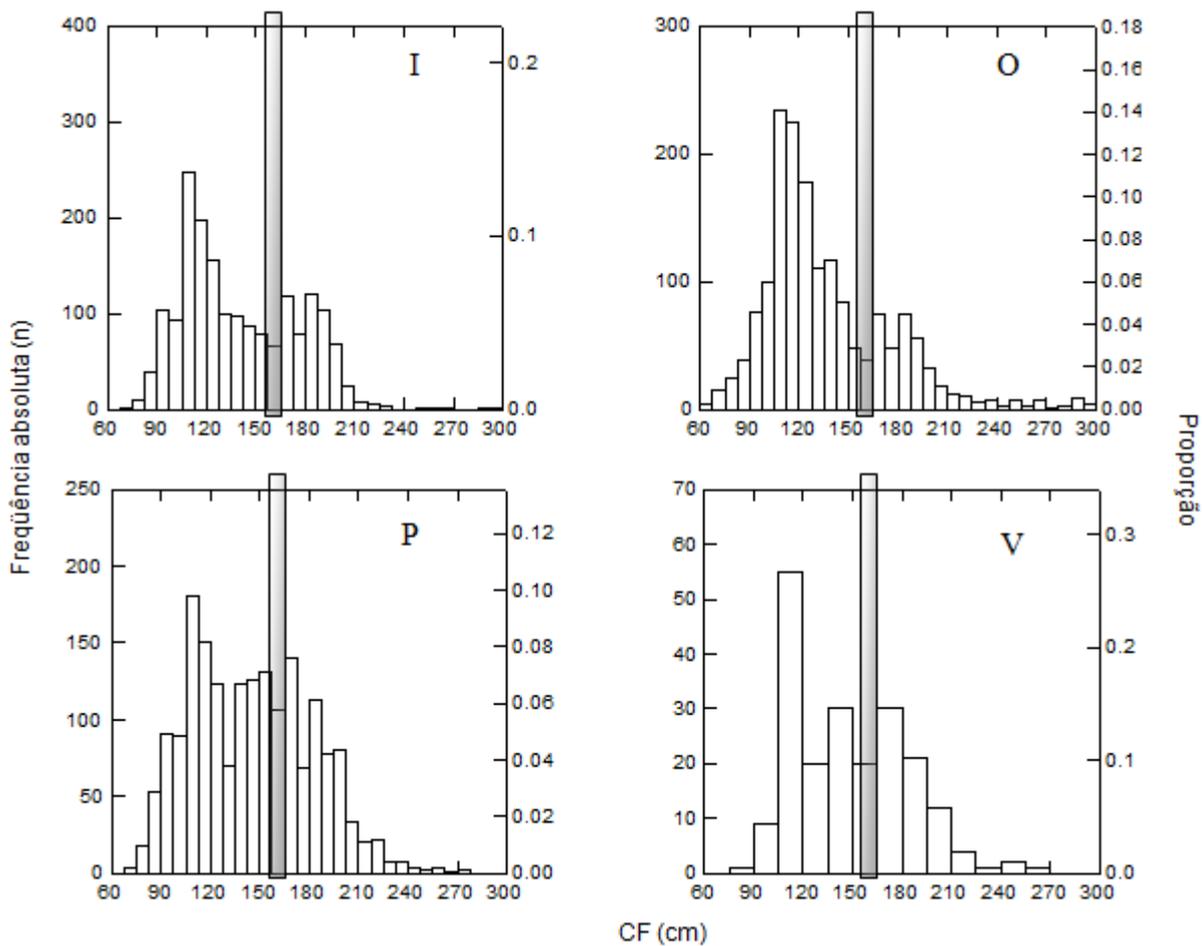


Figura 6: Frequência absoluta de *C. signatus* em função dos CF's capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC), entre os anos de 1997 e 2008. Barra vertical - intervalo de 1° maturação para ambos os sexos (CF entre 156 e 173 cm ; n= 5537). P – primavera; O – outono; V – verão; I – Inverno.

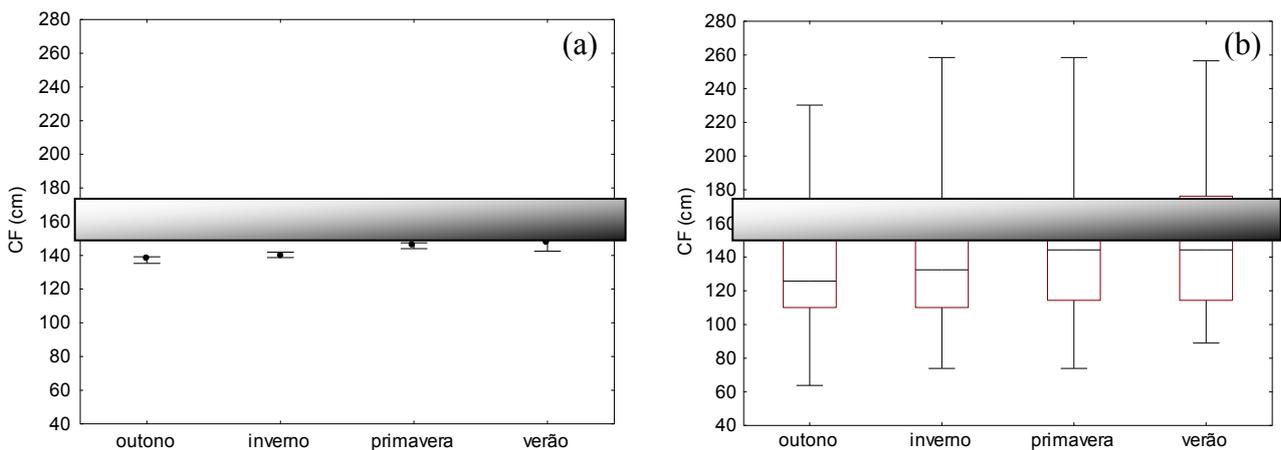


Figura 7: Variação sazonal dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC) entre 1997 e 2008. (a) distribuição sazonal das médias e (b) das medianas em relação ao intervalo de 1° maturação. No gráfico à direita os quartis estão representados pelas barras verticais e as linhas verticais indicam o erro padrão. Barra horizontal cinza: intervalo de 1° maturação para ambos os sexos (CF entre 156 - 173 cm).

Tabela II: Teste de Tukey aplicado às médias sazonais dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002 (em **negrito** onde  $p < 0,01$ ).

Estações	Probabilidades (P)			
	Inverno	Outono	Primavera	Verão
<b>Inverno</b>		0,799637	<b>0,000008</b>	<b>0,000052</b>
<b>Outono</b>	0,799637		<b>0,000008</b>	<b>0,000015</b>
<b>Primavera</b>	<b>0,000008</b>	<b>0,000008</b>		0,195384
<b>Verão</b>	<b>0,000052</b>	<b>0,000015</b>	0,195384	

O mesmo padrão de numerosas capturas de juvenis se repetiu ao longo dos anos (Figura 8), e as médias dos CF's capturados entre os anos de 1997 e 2002, indicaram essa tendência (Figura 9). Entretanto, a partir do ano 2000 foi observado um maior número de exemplares de grande porte do que em anos anteriores. Neste caso, houveram anos em que os CF's ultrapassaram os 300 cm, ou seja, acima dos tamanhos máximos encontrados para a espécie na literatura. Isto pode ser devido ao algum erro na leitura dos pesos na balança, nos locais de desembarque.

Diferenças significativas foram observadas na ANOVA entre as médias anuais de CF ( $F = 73,85$ ,  $p < 0,01$ ). O teste de Tukey mostrou que, em média, o CF foi maior no ano de 2000 em comparação aos demais anos ( $p < 0,01$ ), não existindo diferenças significativas entre as médias de CF dos outros anos ( $p > 0,05$ ) (Tabela III).

Tabela III: Teste de Tukey aplicado às médias dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002. (em **negrito** onde  $p < 0,01$ ).

Anos	Probabilidades (P)				
	1997	1998	2000	2001	2002
<b>1997</b>		0,210589	<b>0,000017</b>	0,999853	0,977300
<b>1998</b>	0,210589		<b>0,000017</b>	0,276970	0,865030
<b>2000</b>	<b>0,000017</b>	<b>0,000017</b>		<b>0,000017</b>	<b>0,000017</b>
<b>2001</b>	0,999853	0,276970	<b>0,000017</b>		0,989692
<b>2002</b>	0,977300	0,865030	<b>0,000017</b>	0,989692	

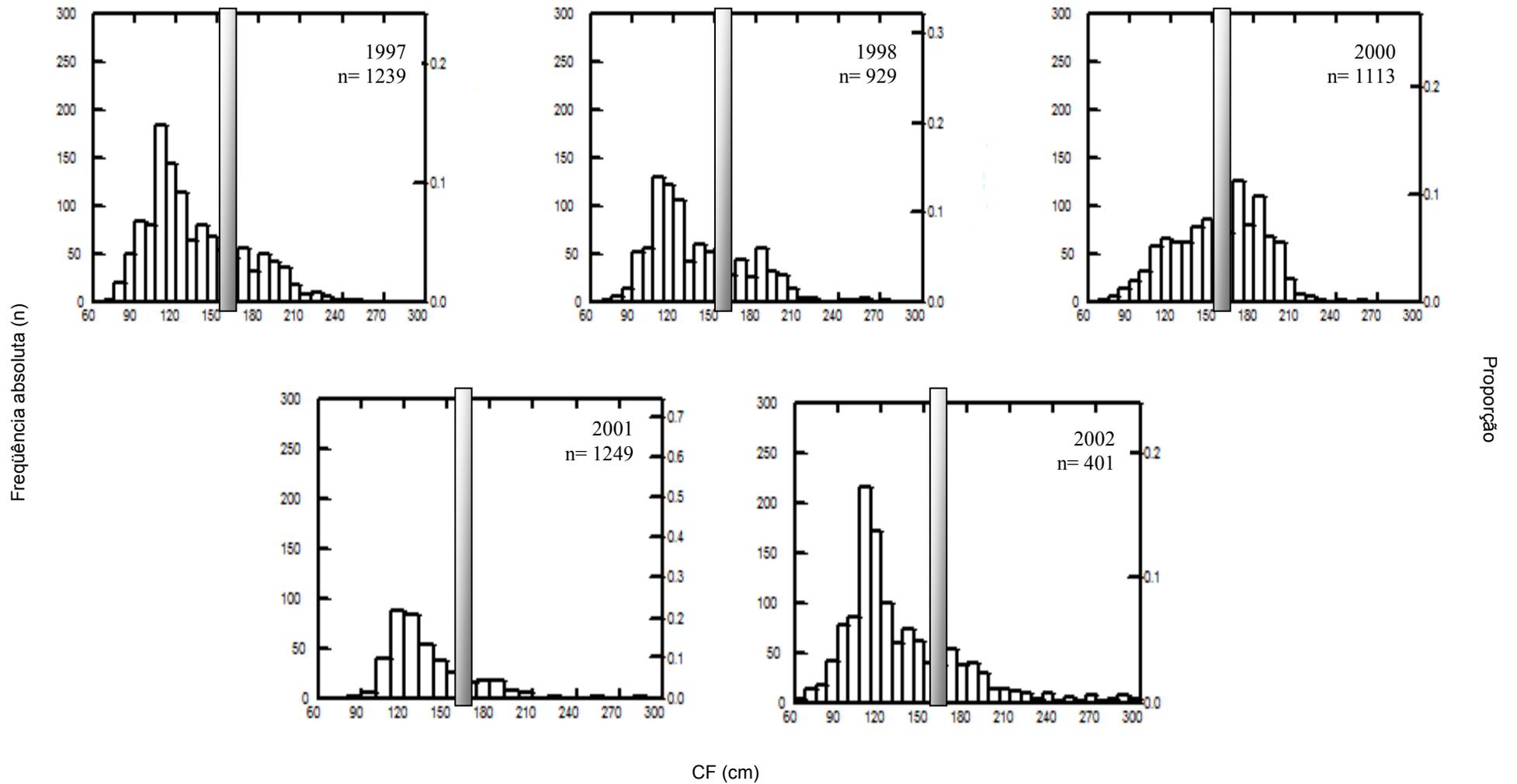


Figura 8: Frequência absoluta anual dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002. Barra vertical - intervalo de 1° maturação para ambos os sexos (CF entre 156 e 173 cm).

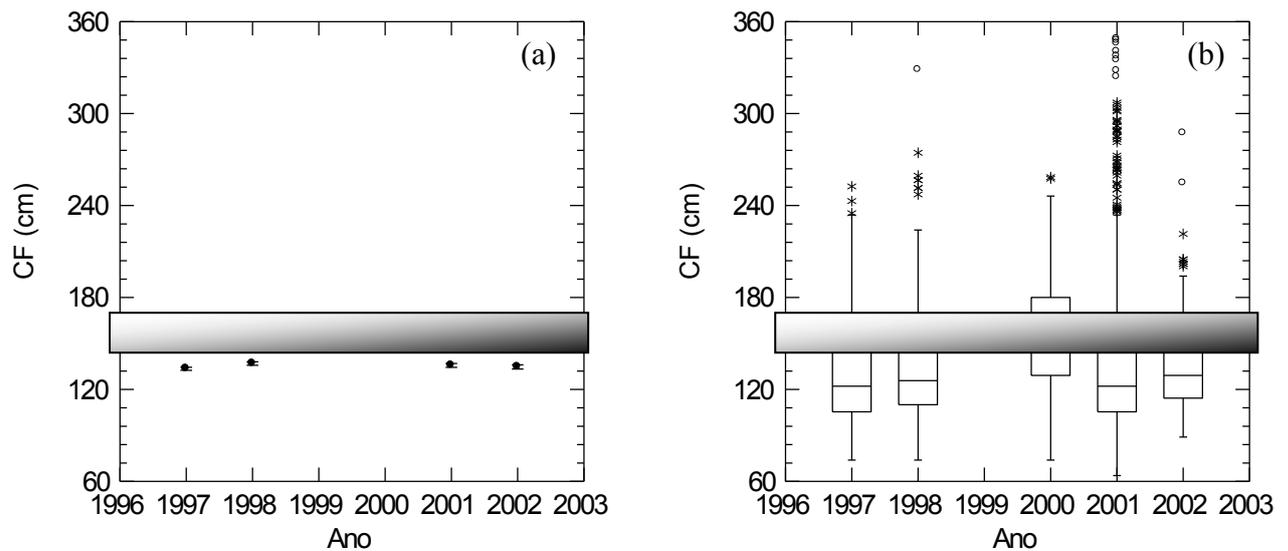


Figura 9: Distribuição das médias (a) e das medianas (b) dos CF's (cm) de *C. signatus* capturados pela frota espinheira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1997 e 2002 em relação ao intervalo de 1° maturação. No gráfico (b) os quartis estão representados pelas barras verticais e as linhas verticais indicam o erro padrão. Barra horizontal – intervalo de 1° maturação para ambos os sexos (CF entre 156 - 173 cm).

### ***Análise dos rendimentos (CPUE) e de seus possíveis efeitos explicativos***

O comportamento temporal dos rendimentos de pesca para *C. signatus*, ou seja, do número de indivíduos capturados por viagem (CPUE) foi analisado em conjunto e individualmente para os barcos Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III .

As análises gráficas evidenciaram um declínio na média anual dos rendimentos de *C. signatus* entre 1997 e 2006, tanto para as embarcações analisadas em conjunto como separadamente. Percebe-se uma estabilidade nas capturas à partir de 2003, porém a níveis bem inferiores aos de 1997 (Figura 10 a-b e Figura 11). Através da ANOVA, foram encontradas diferenças significativas entre as médias anuais de CPUE ( $F=4,93$ ,  $p<0,01$ ) para as embarcações avaliadas em conjunto. Por sua vez, o teste pot-hoc de Tukey demonstrou diferenças significativas entre 1996 e os anos de 1998, 2002, 2003, 2005 e 2006 ( $p<0,01$ ) (Tabela IV). Para cada barco em separado também foi feita a ANOVA, havendo diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre as médias apenas para o barco Macedo I ( $F= 2,4$  e  $p<0,05$ ). Neste último caso, o teste de Tukey apresentou média de CPUE significativamente diferente entre 1997 e 2001, 2004 e 2005 ( $p<0,05$ ) (Tabela V).

Adicionalmente, estudou-se o efeito das diferentes variáveis ambientais, pesqueiras e oceanográficas sobre a variação da CPUE desta espécie.

Os testes ANOVA indicaram que os efeitos significativos ( $p<0,05$ ) na variação da CPUE foram o ano, a sazonalidade e o tipo de isca (Tabela VI). A análise das interações entre os efeitos destas variáveis feita através do modelo GLM, sendo elas, ano versus tipo de isca ( $F= 0,5$ ;  $p= 0,6$ ),

sazonalidade versus tipo de isca ( $F= 0,8$ ;  $p= 0,6$ ) não foram significativas, já o ano versus sazonalidade ( $F= 4,5$ ;  $p= 0,006$ ) foi significativo, sendo o único que realmente explica a variação da CPUE (Tabela VII).

Para testar a existência ou não de normalidade na distribuição da CPUE, foram logaritmizadas apenas as capturas positivas e excluídas as observações zero. Aplicando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) a esse conjunto de dados, o teste mostrou não haver normalidade na distribuição ( $D_{obs} = 0,237 > D_{critico} = 0,049$ ), condição esta para a aplicação de modelos lineares generalizados. Apesar disso, as análises dos efeitos temporais, espaciais, oceanográficos e pesqueiros sobre a variação da CPUE foram todas feitas considerando-se os valores da CPUE logaritmizada.

Os efeitos temperatura, latitude e profundidade não tiveram influência significativa na variação dos rendimentos ( $p>0,05$ ).

A ANOVA aplicada as CPUE's logaritmizadas em função dos tipos de isca (Figura 12), indicou diferenças significativas entre as médias ( $F= 3,2$ ;  $p<0,05$ ). O teste de Tukey mostrou que a lula era a isca mais eficiente na captura desta espécie de tubarão (

Tabela VIII).

Em termos sazonais, houve maiores rendimentos na primavera, quando as temperaturas médias eram mais baixas, ou seja, abaixo de  $21^{\circ}\text{C}$  (Figura 13 a e b). Os mapas sazonais de CPUE também demonstraram de certa forma esta tendência, com as maiores CPUEs (indivíduos/1000 anzóis) na primavera (Figura 14). Embora o teste ANOVA tenha mostrado diferenças significativas entre as médias sazonais ( $F=2,83$ ,  $p<0,05$ ), o teste de Tukey não foi significativo quando se comparou cada uma das estações entre si ( $p>0,05$ ) (Tabela IX).

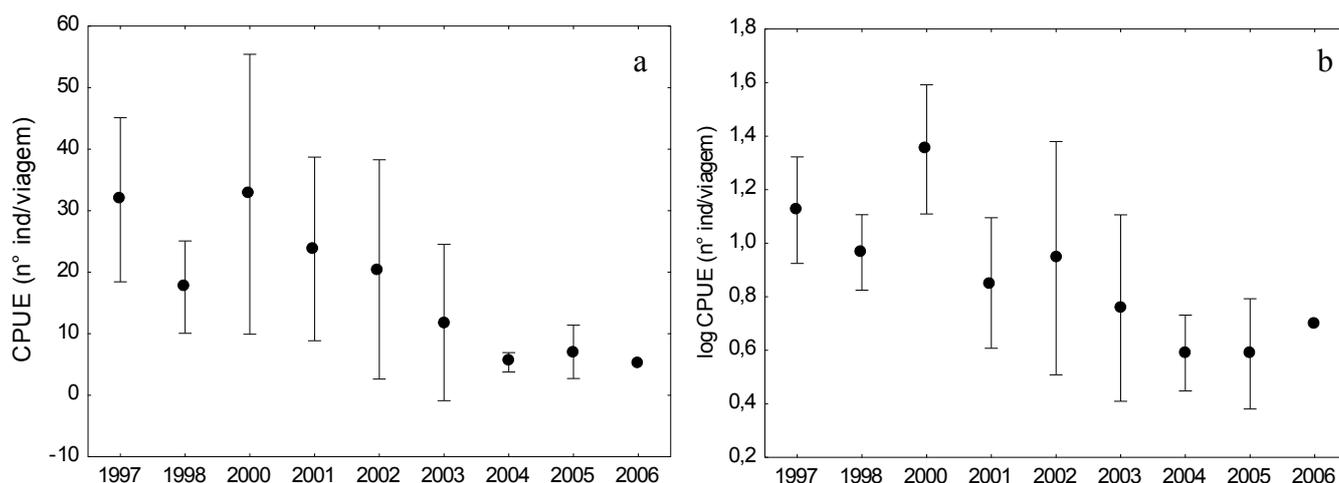


Figura 10: (a) Comportamento anual da CPUE com número médio de indivíduos capturados por viagem (CPUE) dos espinheleiros Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III, analisados em conjunto para o período de 1996 a 2007. (b) Comportamento anual das CPUEs logaritmizadas. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão.

Tabela IV: Teste de Tukey aplicado às médias de CPUE (indivíduos/1000 anzóis) de *C. signatus* capturados pela

		Probabilidades (P)							
Ano	1996	1997	1998	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1996		0,544	<b>0,004</b>	<b>0,025</b>	<b>0,006</b>	0,062	<b>0,000</b>	<b>0,009</b>	0,086
1997	0,544		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998
1998	<b>0,004</b>	1,000		0,998	0,992	0,999	0,987	0,997	0,988
2002	<b>0,025</b>	1,000	0,998		1,000	1,000	1,000	1,000	0,925
2003	<b>0,006</b>	1,000	0,992	1,000		1,000	1,000	1,000	0,841
2004	0,062	1,000	0,999	1,000	1,000		1,000	1,000	0,962
2005	<b>0,000</b>	1,000	0,987	1,000	1,000	1,000		1,000	0,652
2006	<b>0,009</b>	1,000	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000		0,897
2007	0,086	0,998	0,988	0,925	0,841	0,962	0,652	0,897	

frota espinheira sediada no porto de Itajaí (SC), entre os anos de 1996 e 2007. (em **negrito** onde  $p < 0,01$ ).

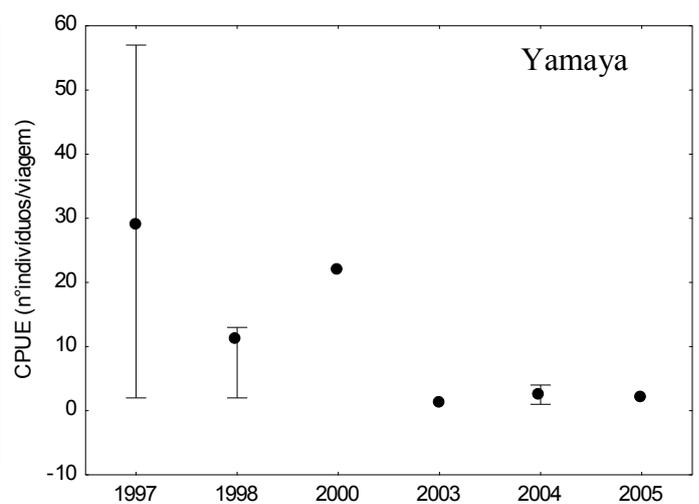
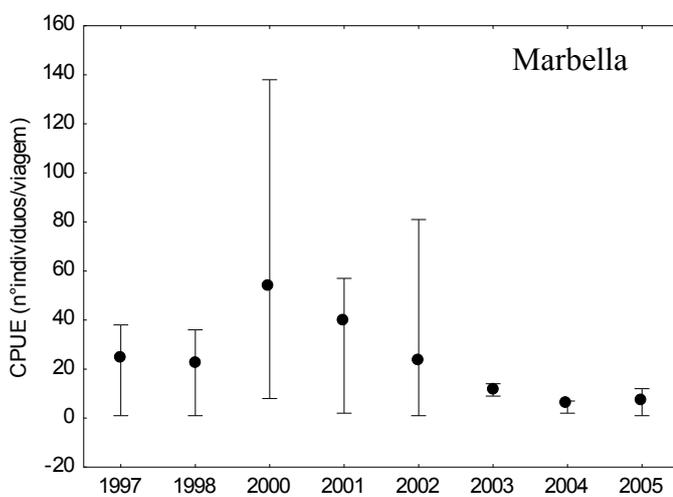
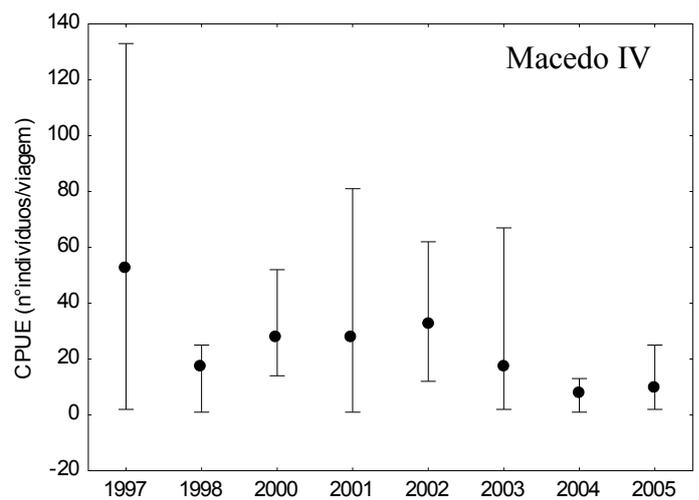
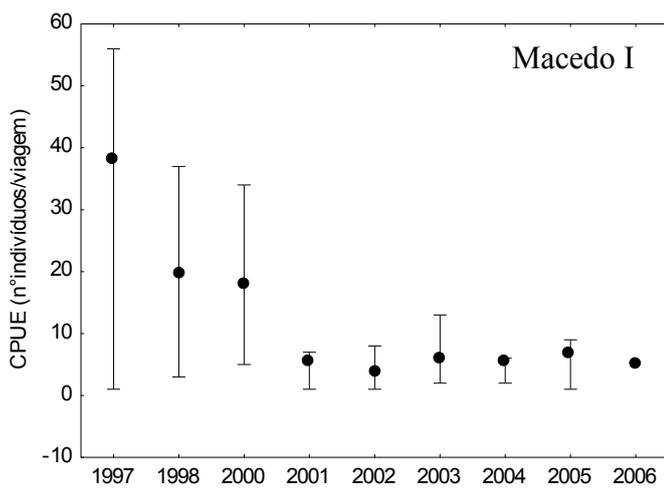


Figura 11: Número médio de *C.signatus* capturados por viagem (CPUE) pelos espinheleiros Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III separadamente entre os anos de 1997 e 2005. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão.

Tabela V: Teste de Tukey aplicado às médias de CPUE (indivíduos/1000 anzóis) de *C. signatus* capturados pelo barco Macedo I, entre os anos de 1997 e 2006 (em **negrito** onde  $p < 0,01$ ).

Ano	Probabilidades (P)								
	1997	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1997		0,525	0,828	<b>0,028</b>	0,319	0,412	<b>0,035</b>	<b>0,042</b>	0,885
1998	0,525		1,000	0,828	0,971	0,989	0,849	0,897	0,999
2000	0,828	1,000		0,987	0,995	0,999	0,989	0,994	1,000
2001	<b>0,028</b>	0,828	0,987		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2002	0,319	0,971	0,995	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000
2003	0,412	0,989	0,999	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000
2004	<b>0,035</b>	0,849	0,989	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000
2005	<b>0,042</b>	0,897	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000
2006	0,885	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Tabela VI: Resultados das ANOVAS sobre o comportamento do log CPUE (número de indivíduos capturados por viagem, logaritimizado) em função dos efeitos temporais-espaciais, oceanográficos e pesqueiros. (em **negrito** onde  $p < 0,05$ ).

Efeito	F	p	Grau de liberdade	MS	erro	n amostral
Ano	4,932	<b>0,000</b>	8	1,331	0,27	98
Estação	2,830	<b>0,043</b>	3	0,957	0,33	98
Isca	3,200	<b>0,046</b>	2	1,139	0,36	90
Profundidade	0,016	0,984	2	0,004	0,27	90
Latitude	0,003	0,958	1	0,001	0,33	97
Temperatura	0,658	0,419	1	0,180	0,27	90

Tabela VII: Resultado da análise do GLM para as interações entre os possíveis efeitos explicativos da variação de CPUE.

Efeito	Grau de liberdade	MS	F	p	erro
Ano	1	0,030	0,084	0,772	0,357
Isca	2	0,192	0,539	0,585	
Isca*Ano	2	0,192	0,539	0,586	
Isca	1	0,222	0,614	0,435	0,361
Estação	2	0,088	0,242	0,785	
Isca*Estação	5	0,286	0,790	0,560	
Ano	1	0,219	0,732	0,395	0,299
Estação	3	1,336	4,473	<b>0,006</b>	
Ano*Estação	3	1,335	4,470	<b>0,006</b>	

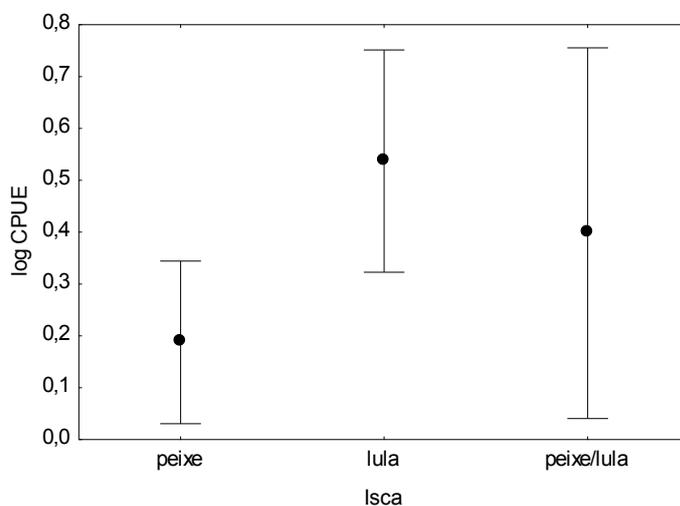


Figura 12: Comportamento das médias de log (CPUE) de *C. signatus* capturados com três tipos de isca no período de 1996 a 2007. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão. CPUE – número de indivíduos/viagem.

Tabela VIII: Teste de Tukey aplicado às médias de log(CPUE) (indivíduo/1000 anzóis) de *C. signatus* capturados com três tipos de isca, entre os anos de 1996 e 2007. (em **negrito** onde  $p < 0,05$ ).

Isca	Probabilidades (P)		
	peixe	lula	peixe e lula
peixe		<b>0,035</b>	0,493
lula	<b>0,035</b>		0,721

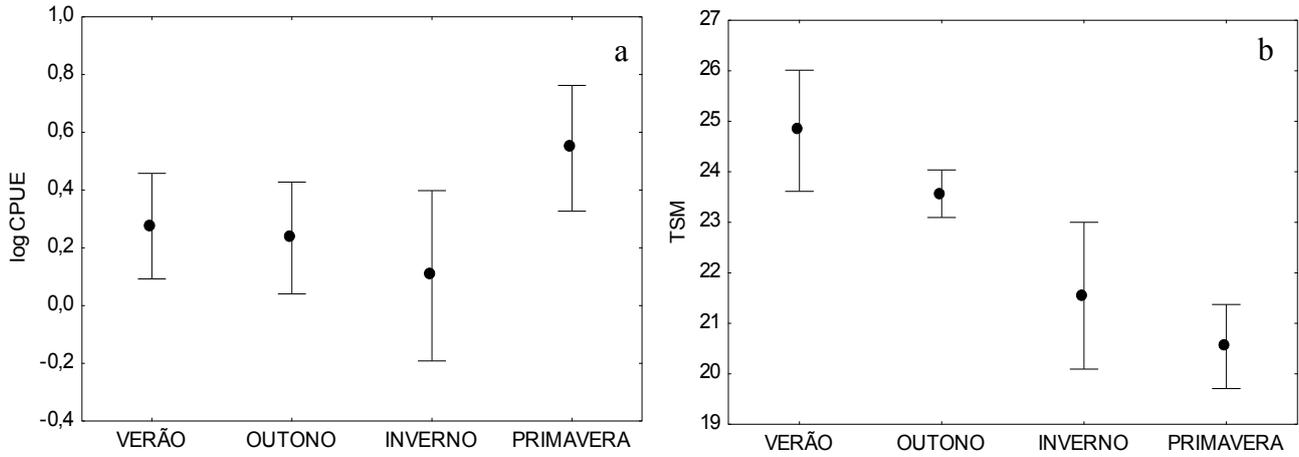


Figura 13:a) Comportamento sazonal das médias de log(CPUE) de *C. signatus* capturados pelos espinheleiros Macedo I, Macedo IV, Marbella e Yamaya III em conjunto entre os anos de 1997 e 2005. b) Comportamento sazonal das médias das temperaturas da água de superfície entre os anos de 1997 e 2007. Ponto central – média; barra vertical – erro-padrão. CPUE – número de indivíduos/viagem.

Tabela IX: Teste de Tukey aplicado às médias sazonais, entre os anos de 1996 e 2007

Estação do ano	Probabilidades (P)			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Primavera		0,526	0,113	0,076
Verão	0,527		0,997	0,884
Outono	0,113	0,997		0,895
Inverno	0,076	0,884	0,895	

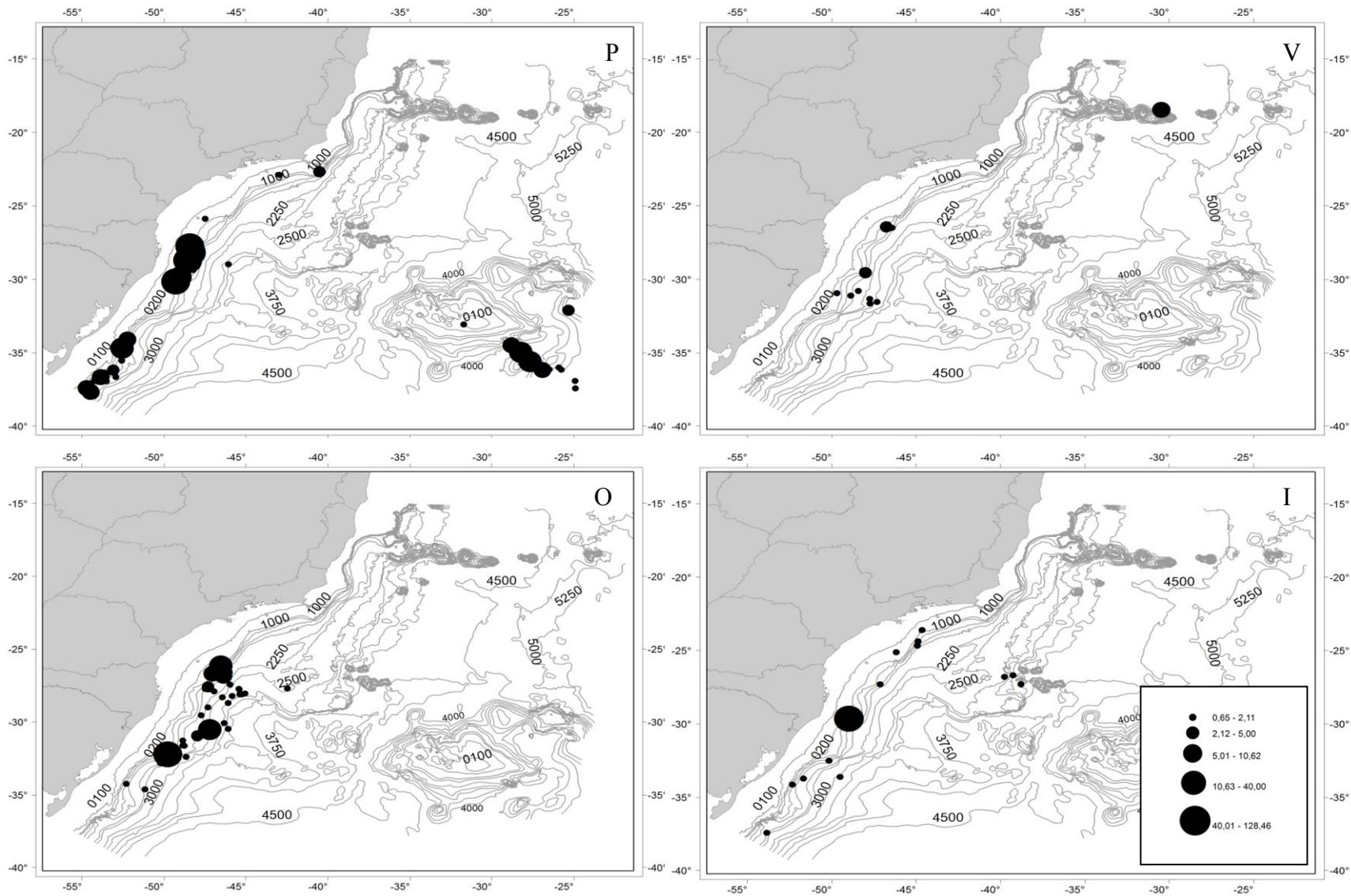


Figura 14: Mapas sazonais da distribuição dos rendimentos de *C.signatus* (indivíduos/1000 anzóis) capturados pelos espinheiros de Itajaí (SC) entre 1996 e 2008. (P) primavera, (V) verão, (O) outono e (I) inverno.

### ***Estimativas de mortalidade***

Através da análise das curvas de captura por idades, obteve-se o valor médio do coeficiente instantâneo de mortalidade total ( $Z$ ) de 0,37/ano para *C.signatus* capturado pela frota espinheira-de-superfície sediada em Itajaí (SC) entre os anos de 1997 e 2005 (Figura 15 a e b). A mortalidade natural ( $M = 0,18$  por ano) foi obtida pela média dos métodos empíricos citados na Tabela X; foi obtida a taxa de mortalidade por pesca ( $F$ ) através da relação  $Z = M + F$ , onde  $F = 0,19$  por ano.

Com o valor do coeficiente  $Z$  de 0,37 por ano foi calculada a taxa de sobrevivência ( $S$ ) de 69% ao ano, chegando assim à proporção total de 31% de indivíduos que morrem por ano. Com estas informações se conclui que de uma maneira geral no período de 1997 a 2005, de 31 % das mortes que ocorreram para *C. Signatus* no período de um ano, em torno de 15 % foram devidas a causas naturais (por exemplo, doenças, envelhecimento, predação) e 16 % à pesca. Entretanto houve variações anuais nos valores da mortalidade por pesca, reflexo da variação na acessibilidade do recurso à frota espinheira.

Adicionalmente foram elaboradas separadamente as curvas de captura anuais para *C. signatus* (Figura 16). Neste caso, se observou que determinadas estimativas anuais de  $Z$  foram baseadas em pontos flutuantes, ou seja, não tão próximos à linha de regressão, como foi o caso dos anos de 1997, 1998, 2001 e 2002. Estes pontos segundo Gulland (1975) quando ajustados à reta, não estimam de forma confiável o valor da mortalidade, que pode inclusive ser maior do que a já calculada. O melhor ajuste pode ser visto para os anos de 2000 e 2004, onde os pontos estão mais próximos à reta e os valores de  $Z$  são maiores, ou seja, 0,80 e 0,63 por ano respectivamente. Para estes dois anos *C.signatus* esteve mais acessível à frota espinheira (Figura 17).

Em relação à taxa de exploração ( $E$ ), o valor encontrado foi de 0,51, ou seja, em níveis de equilíbrio do estoque. Entretanto estes resultados devem ser avaliados com cautela, já que a frota atuou principalmente sobre o estrato juvenil, ou seja, sobre áreas de criadouro no talude continental, não havendo maior representatividade do estoque adulto. Além disso os valores de  $Z$  podem estar subestimados em função da flutuação dos pontos em torno das linhas de regressão nas curvas de capturas anuais, o de certa forma mascara uma mortalidade total muito maior do que a que foi estimada.

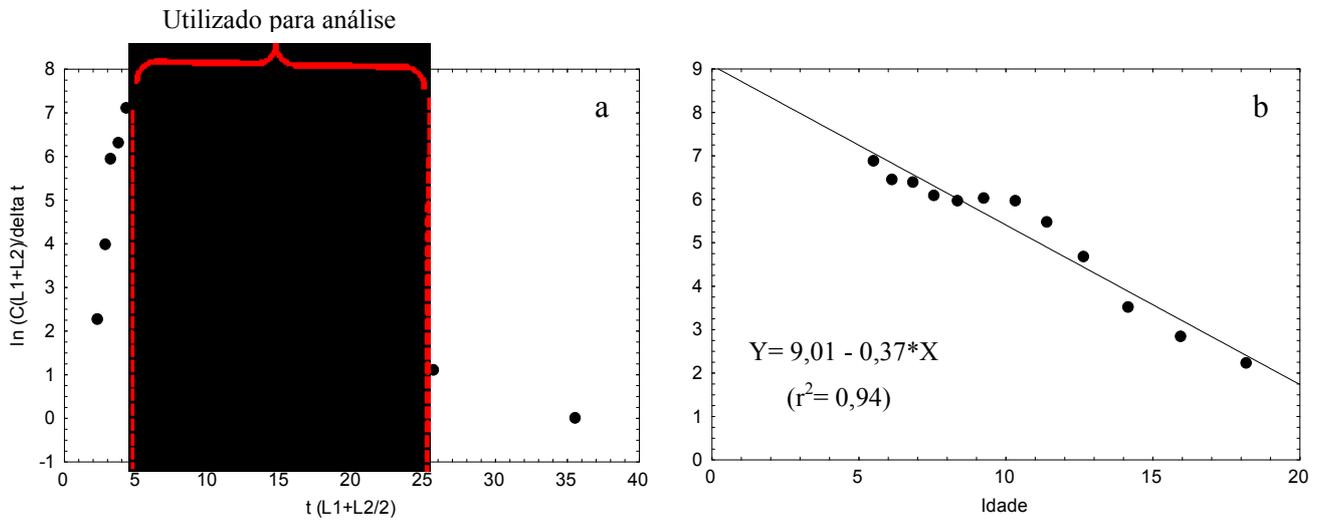


Figura 15: (a) Curva de captura baseada na composição de comprimentos de *C. signatus* capturados pela frota espinheira sediada no porto de Itajaí (SC) entre os anos de 1997 e 2005. Eixo x = ponto médio de intervalo de tempo para *C. signatus* crescer de L1 para L2; Eixo y = captura linearizada por ponto médio de intervalo de tempo (n = 5509). (b) Pontos utilizados na estimativa da taxa instantânea de mortalidade total (Z) através da curva de captura baseada na composição de comprimentos. O valor obtido de Z foi igual a 0,37/ano.

Tabela X: Estimativas de mortalidade natural (M) através dos métodos de Pauly (1980), Peterson & Wroblewsky (1984), Chen & Watanabe (1989), Jensen (1996) e Lorenzen (1996), bem como de mortalidade total (Z) através do método de Hoenig (1983) para *Carcharhinus signatus*, no presente estudo.

MORTALIDADES (por ano)									
Idade (ano)	CF (cm)	PT (g)	Peterson & Wroblewski (peso seco)	Hoenig	Pauly	Chen Watanabe	& Jensen (1ª maturação)	Jensen (K)	Lorenzen (peso úmido)
0	66,8	2690	0,40	0,25	0,20	0,43	0,17	0,17	0,33
1	91,9	6580	0,32	0,25	0,20	0,33	0,17	0,17	0,25
2	113,4	11850	0,28	0,25	0,20	0,28	0,17	0,17	0,21
3	128,8	16920	0,25	0,25	0,20	0,24	0,17	0,17	0,19
4	142,7	22550	0,23	0,25	0,20	0,21	0,17	0,17	0,17
5	154,7	28270	0,22	0,25	0,20	0,20	0,17	0,17	0,16
6	165,9	34380	0,21	0,25	0,20	0,18	0,17	0,17	0,15
7	176,8	41080	0,20	0,25	0,20	0,17	0,17	0,17	0,14
8	185,9	47280	0,19	0,25	0,20	0,16	0,17	0,17	0,14
9	194,8	53890	0,19	0,25	0,20	0,15	0,17	0,17	0,13
10	202	59660	0,18	0,25	0,20	-0,01	0,17	0,17	0,13
11	206,9	63800	0,18	0,25	0,20	-0,01	0,17	0,17	0,13
12	215,7	71690	0,18	0,25	0,20	-0,01	0,17	0,17	0,12
13	222,2	77910	0,17	0,25	0,20	-0,01	0,17	0,17	0,12
14	226,9	82610	0,17	0,25	0,20	-0,01	0,17	0,17	0,12
15	231,7	87600	0,17	0,25	0,20	-0,01	0,17	0,17	0,11
		Médias	(M) 0,22	(Z) 0,25	(M) 0,20	(M) 0,14	(M) 0,17	(M) 0,17	(M) 0,16

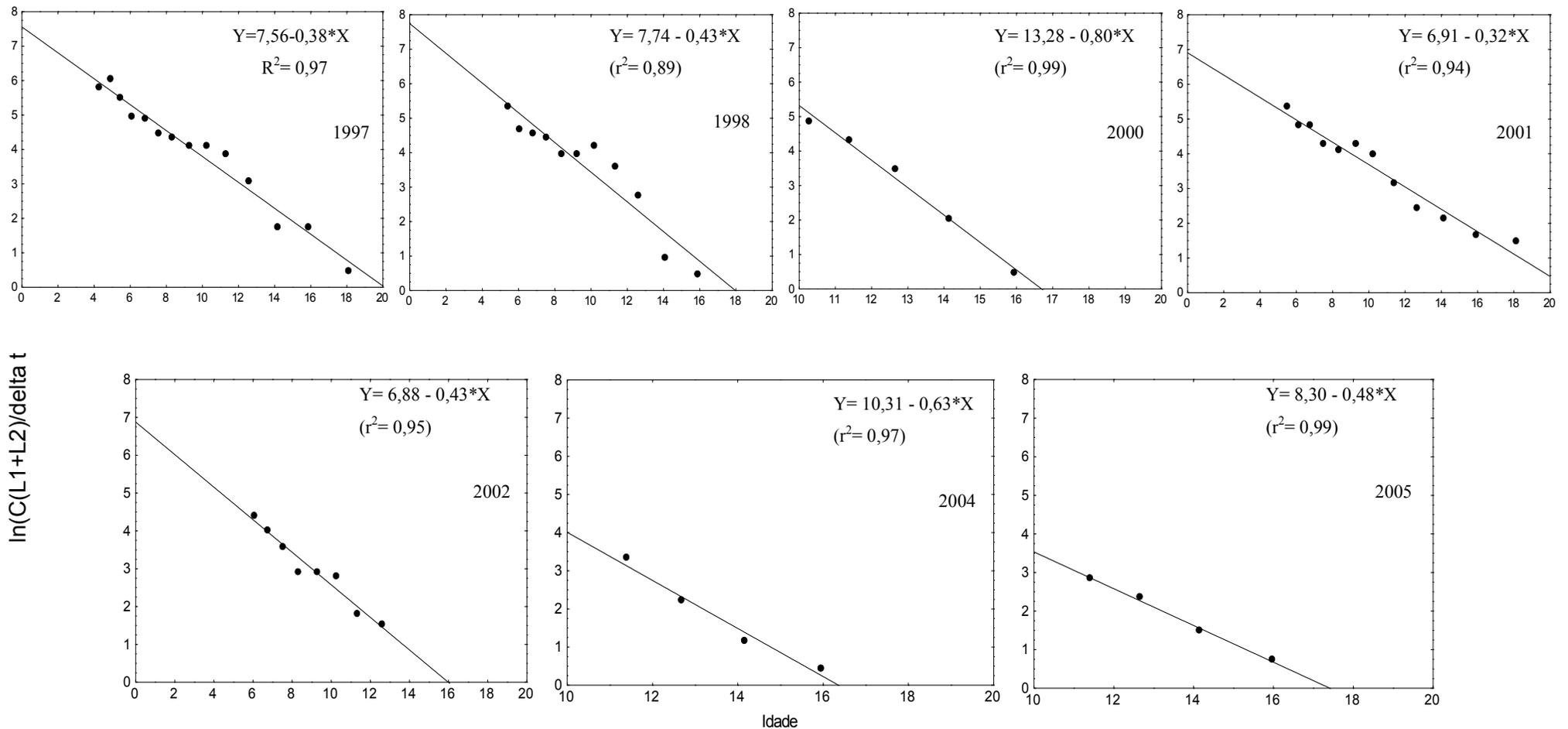


Figura 16: Pontos utilizados nas estimativas das taxas instantâneas de mortalidade total (Z) através das curvas de capturas anuais baseadas nas composições de tamanho de *C. signatus* capturados pela frota espinheira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC), entre os anos de 1997 e 2005. Eixo x = ponto médio de intervalo de tempo para *C. signatus* crescer de L1 para L2; Eixo y = captura linearizada por ponto médio de intervalo de tempo. Os anos analisados foram 1997 (n= 14), 1998 (n= 11), 2000 (n= 5) e 2001 (n= 12), 2002 (n= 8), 2004 (n= 4) e 2005 (n= 4). Os valores obtidos de Z foram 0,38/ano; 0,43/ano; 0,80/ano; 0,32/ano; 0,43/ano; 0,63/ano, e 0,48/ano para os anos de 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004, e 2005 respectivamente.

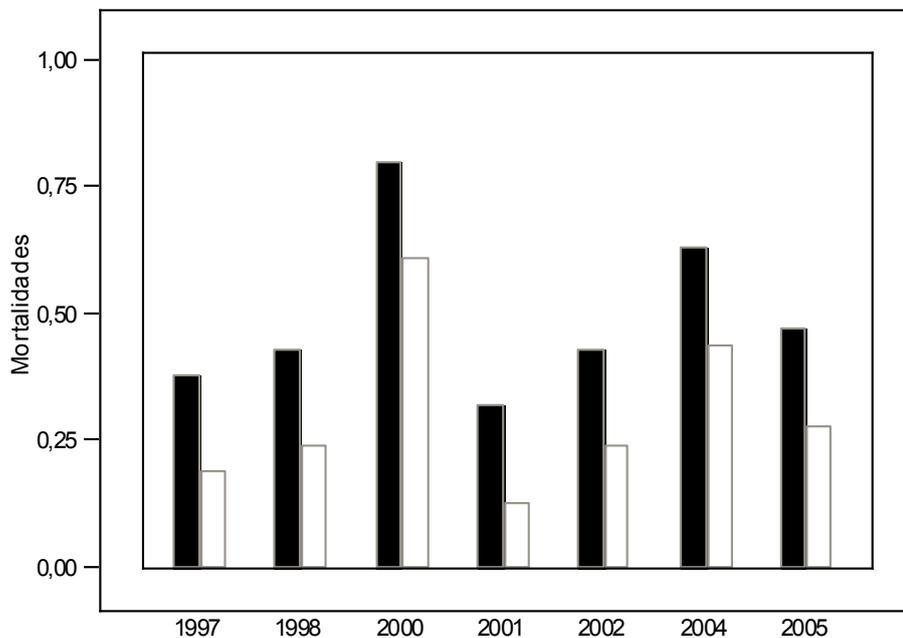


Figura 17: Valores anuais de mortalidade por ano ( $\text{ano}^{-1}$ ), em que a mortalidade total (Z) é representada pela barra escura e mortalidade por pesca (F) pela barra clara; obtidos através da análise das curvas de capturas anuais baseadas nas composições de tamanho de *C. signatus* capturados pela frota espinheleira sediada nos portos de Itajaí e Navegantes (SC), entre os anos de 1997 e 2005. Os valores obtidos de F foram 0,19/ano; 0,24/ano; 0,61/ano; 0,13/ano; 0,24/ano; 0,44/ano; 0,28/ano para os anos de 1997, 1998, 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 respectivamente.

## DISCUSSÃO

### *Composição de tamanhos das capturas de C. signatus pela frota espinheleira*

As capturas de *C. signatus* pela frota catarinense de espinhel-de-superfície, entre 1997 e 2008, foram em sua maioria de jovens, com tamanhos entre 100 e 120 cm CF. Houve também a captura de neonatos, com cerca de 63 cm de CF. Neste caso, 76,6 % das capturas ocorreram sobre indivíduos abaixo do intervalo de 1<sup>o</sup> maturação sexual e que ocorre entre 156 cm e 160 cm de CF para os machos e 168 cm e 173 cm de CF para as fêmeas (Hazin, 2000). Portanto, a frota exerceu mortalidade por pesca sobre todas as idades, mas principalmente sobre o estrato juvenil.

A captura intensiva de juvenis de *C. signatus* também está de acordo com as observações de comprimento e idade feitas por Hellebrandt (2001) e Hellebrandt & Vooren (2002) no talude da região sul, entre as latitudes de 27° e 35° S. Neste caso cerca de 83% dos indivíduos capturados no espinhel-de-superfície tinham até 4 anos de idade. A maturação sexual é alcançada por volta dos 8 anos para os machos e 10 anos de idade para as fêmeas (Santana & Lessa, 2004; IUCN, 2011) o que indica que o talude sul do Brasil seja uma área de berçário e criadouro de juvenis para *C. signatus*, estando o estrato adulto pouco acessível a frota espinheleira (o que pode estar associado à arte de

pesca utilizada). Vooren et al. (1999) também constataram a predominância de neonatos e juvenis sobre o talude entre Tramandaí e São Simão (latitudes de 30 a 31°S), assim como na região sudeste do Brasil, onde foi observado um maior número de capturas de *C.signatus* nessas fases do ciclo de vida. Uma possível explicação para a não ocorrência de indivíduos adultos nestas regiões seria a migração vertical desse estrato populacional ou migrações temporais realizadas pelos adultos para fora da área, como justifica Amorim et al. (1998). Porém houve a captura de indivíduos grandes (300 cm) entre os anos de 2000 e 2002, o que pode ser reflexo de mudança na área de pesca; entretanto são necessários estudos mais específicos quanto à distribuição dos lances de pesca nessa região.

Na região nordeste, os indivíduos desta espécie são recrutados à pesca a partir dos 5 anos de idade, ou seja, quase 5 anos antes da idade de maturação sexual (Santana et al., 2009). Tal fenômeno é uma constante nessa região e compreende cerca de 90% das capturas de elasmobrânquios feitas por espinhéis-de-superfície em montes submarinos (IUCN, 2011).

No sul do Brasil, cerca de 72% das capturas de *C.signatus* ao longo dos anos se concentrou em indivíduos que ainda não entraram na fase reprodutiva, ou seja recrutas, o que certamente levará à depleção desse recurso valioso, antes mesmo de muitos aspectos de sua biologia serem conhecidos; como a existência ou não de intercâmbio genético ao longo da costa brasileira (Hellebrandt & Vooren, 2000). Também é preocupante este padrão de exploração realizado pela frota catarinense sobre *C.signatus*, já que se trata de uma espécie longeva, pouco resiliente à pesca e que pode chegar aos 35 anos de idade (Hellebrandt, 2001).

Um trabalho de modelagem realizado por Stevens et al. (2000) e que utilizou diversos parâmetros para medir os efeitos diretos (mudança na abundância, nas estruturas de tamanhos, extinção da espécie) e indiretos (interações tróficas na comunidade com a remoção de determinado predador ou presa, habilidade em obter alimento, entre outros) sobre a captura de elasmobrânquios em diferentes cenários, indicou maior sensibilidade dos modelos a variações na mortalidade e idade de 1° maturação sexual. Ou seja, junto a diferentes mecanismos compensatórios, a elevada sobrevivência dos juvenis possibilitaria uma maior resiliência à pesca.

Estudos mostram que a retirada de juvenis de qualquer espécie de tubarão (seja ela longeva ou não) apresenta um maior risco de depleção de estoque do que pescarias que tradicionalmente removem uma fração da biomassa do estoque adulto (Gallucci et al., 2006). Vários autores sugerem que os estoques de tubarões são mais resilientes à pesca quando um pequeno número de classes etárias são alvo da pescaria e a classe etária escolhida é a chave para a sustentabilidade (Prince, 2005; McAuley et al., 2007).

### ***Comportamento dos rendimentos (CPUE) e seus possíveis efeitos explicativos***

De uma maneira geral, se observou que os rendimentos de pesca de *C.signatus* declinaram no período de 1996 a 2007 no talude sul do Brasil, apesar do incremento no tamanho da frota espinheleira de Itajaí e Navegantes, entre os anos de 2000 e 2003, de 8 para 72 barcos (Quaggio et al., 2011) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.0**).

Embora o fator ano explique de modo significativo ( $p < 0,05$ ) a variação nos níveis de abundância relativa (CPUE) da espécie, na realidade, esta é uma variável que engloba muitos elementos que afetam a sua capturabilidade. No presente estudo estas variáveis não foram totalmente controladas, devido a fatores diversos, tais como a falta de informações sobre as características da frota, a variação temporal no direcionamento as espécies-alvo, o desenvolvimento de melhorias tecnológicas para detecção dos cardumes de peixes e até mesmo habilidades individuais de cada mestre (Ruiz, 2002).

Porém, é fato que em diversas partes do mundo houve um declínio na captura de *C. signatus* ao longo dos anos. No Caribe, entre 1937 e 1941 estas capturas compunham de 60% a 75% do total pescado, até que na década de 70 houve uma queda substancial nos desembarques dessa espécie pela frota espinheleira. Na região ao sul da Flórida a pesca esportiva também contribuiu com a captura de indivíduos grandes na costa norte-americana, além da pesca industrial, que também atuava sobre o recurso (Castro et al., 1999; IUCN, 2011). O mesmo ocorreu para as regiões nordeste e sudeste e do Brasil (Amorim et al., 1998, Santana et al., 2006).

As análises constataram que a sazonalidade também tem um efeito importante na variação da CPUE de *C.signatus*. As capturas para esta espécie foram mais intensas na primavera. Este mesmo comportamento foi também observado na região sul por Nardi e Vooren (1997). Como constatado por Hellebrandt (2001), o maior rendimento desta espécie nas capturas do espinhel-de-superfície para o período de primavera, possivelmente esteja associado ao fenômeno da Convergência Subtropical, mais intenso nessa época (Haimovici et al., 1996; Silveira et al., 2000; Carneiro et al. 2000; Haimovici, 2007). O fenômeno oceanográfico de Convergência determina um aumento na produção primária e propicia, na região do talude, a concentração de espécies forrageiras (lulas, cavalinhas, anchoitas), que por sua vez servem de alimento a diversos predadores como os atuns, espadarte e várias espécies de tubarões, como é o caso de *C.signatus* (Vooren et al., 1999). Além disso, no outono, inverno e primavera, se observa a concentração do esforço de pesca sobre o talude, por causa da maior ocorrência nesta região do espadarte, *Xiphias gladius*, que é uma das mais importantes espécie-alvo capturada pela frota espinheleira de Itajaí (SC) (UNIVALI, 2007).

A análise do efeito isca sobre a variação da CPUE mostrou que a lula foi a responsável pelo maior número de capturas. Isto comprova as observações anteriormente feitas por Vaske Jr et al. (2009), onde foi observada a preferência desta espécie por lulas migratórias como *Histioteuthis* sp., *Ommastrephes bartramii*, *Ornithoteuthis antillarum* e *Vampyroteuthis infernalis*.

### ***Estimativas de mortalidade***

Segundo Santana & Lessa (2000), a taxa de mortalidade total ( $Z$ ) encontrada na região nordeste do Brasil foi de 0,36/ano, valor semelhante ao encontrado no presente estudo.

As análises demográficas utilizando dados de capturas de *C.signatus* pelos barcos espinheiros atuantes sobre os montes submarinos do nordeste do Brasil, estimaram uma  $M = 0,24$ /ano e  $F = 0,12$ /ano. Entretanto, neste último caso, o valor encontrado na mortalidade causada pela pesca era mais do que o dobro do que é aceitável para manter a população de *C.signatus* em equilíbrio ( $F_{\text{equilíbrio}} = 0,05$ /ano), causando uma perda anual de 4,4% ao estoque (IUCN, 2011). Entretanto devemos considerar estas estimativas iniciais com cautela, já que a maioria das capturas eram de indivíduos jovens, pois a frota atua mais sobre a área de criadouros desta espécie, sendo o estrato adulto o menos representado nas capturas. Segundo os últimos estudos feitos nessa localidade, já houve uma alteração nestas taxas, que passaram a  $M = 0,22$ /ano e  $F = 0,15$ /ano, ou seja elevando ainda mais os níveis de mortalidade por pesca (MMA, 2009).

Análises demográficas ainda não foram efetuadas para *C.signatus* capturado no talude do sudeste e sul do Brasil. Entretanto, considerando a baixa magnitude no valor de  $F_{\text{equilíbrio}}$  encontrada para a região nordeste do Brasil, e que é explorada pela mesma modalidade de pesca existente no sudeste e sul do Brasil, é bem provável de que o valor de  $F_{\text{equilíbrio}}$  para *C.signatus* capturado no talude sudeste e sul do Brasil esteja bem abaixo dos níveis de  $F$  atualmente praticados pela frota espinheira (MMA, 2009). É preocupante o fato das capturas desta espécie estarem concentradas em uma faixa etária delicada, ou seja, de indivíduos que ainda não entraram na fase reprodutiva; evidenciando o fenômeno de sobrepesca de crescimento (Sparre e Venema, 1997).

Quanto ao comportamento dos valores anuais de  $Z$  e  $F$ , foram observadas duas modas; uma no ano 2000 e outra em 2004. Uma possível explicação para isso possa estar relacionada a fato do estoque de *C.signatus* ter estado mais vulnerável à frota espinheira durante esses dois anos, como reflexo de mudanças na estratégia de pesca (por exemplo maior concentração das atividades

pesqueiras sobre o talude, onde se concentra a espécie-alvo, *Xiphias gladius*) (Kotas, comunicação pessoal).

Apesar da taxa de exploração (E) ainda demonstrar uma tendência ao equilíbrio na exploração desta população, é preocupante o fato de haver elevados níveis de capturas de juvenis de *C. signatus* pelo espinhel-de-superfície sobre a zona de talude (SBEEL, 2005). Áreas de exclusão à pesca em determinadas regiões do talude, bem como a utilização do espinhel em maiores profundidades, a fim de evitar as capturas dos indivíduos menores, seriam alternativas que poderiam ser avaliadas.

A nível mundial houve um aumento na pressão pesqueira sobre os estoques de *C. signatus*, em locais onde antes eram relativamente abundantes (Hazin et al., 2000). Na costa sudoeste dos Estados Unidos, *C. signatus* apresentou taxa de mortalidade acima de 80% nas capturas pelo espinhel-de-superfície (Beerkircher et al., 2002). Portanto, *C. signatus* foi considerado, segundo os critérios da IUCN, vulnerável e dependente de conservação na costa americana, em função dos baixos valores encontrados na taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r = 0,021$ ), bem como nas taxas de crescimento corporal, fecundidade baixa, longevidade, baixa mortalidade natural e a idade de maturação sexual tardia. A mortalidade por pesca sobre os juvenis causou um declínio populacional de 8,1% ao ano, o que levou a captura de *C. signatus* a ser banida dos Estados Unidos (Carlson et al., 2008).

### ***Medidas para conservação da espécie no Brasil***

A captura intensiva de neonatos e juvenis de *C. signatus*, que ocorre tanto nos montes submarinos do nordeste quanto no talude sul do Brasil, é preocupante em termos de conservação, pois compromete o seu recrutamento (Santana & Lessa, 2000; Santana et al., 2009). Desta forma a reposição dos estoques de *C. signatus* é seriamente afetada, já que grande parte dos indivíduos não chegará à fase adulta, levando à sobrepesca de crescimento (SBEEL, 2005).

De um modo geral, as pesquisas no Brasil não vem acompanhando o aumento de intensidade de pesca sobre os elasmobrânquios e em função da inexistência de políticas de conservação para este grupo, muitas espécies têm alcançado níveis de extinção sem que medidas de manejo tenham sido tomadas (Vooren, 1997; Vooren & Klippel, 2005). A sobrepesca de crescimento, exercida pela frota espinheleira nacional, tanto na região nordeste como no sudeste e sul do Brasil, impede que as populações de *C. signatus* se mantenham de fato em equilíbrio (Santana et al., 2009).

As potenciais ações de conservação para *C. signatus* em águas jurisdicionais brasileiras seriam (1) o controle do número de licenças de pesca, (2) a criação de áreas de exclusão à pesca

sobre os locais de exploração dos bancos oceânicos da cadeia Norte da região Nordeste e no talude da Plataforma sudeste-sul brasileira, (3) identificação de outras prováveis áreas de exclusão à pesca e avaliar a possível expansão das já existentes, (4) o monitoramento através de observadores de bordo e rastreamento por satélite das embarcações nacionais espinheleiras sobre as áreas de concentração de *C. signatus*, (5) a adoção de novas tecnologias de pesca que mitiguem a captura de juvenis (MMA, 2009), (6) mudança nas estratégias de pesca do espinhel pelágico, como utilização dessa arte de pesca em maiores profundidades, evitando-se a captura de juvenis, (7) a proibição do uso do estropo de aço na linha secundária do espinhel (SBEEL, 2005; MMA, 2009) e (8) a obrigatoriedade no desembarque das carcaças dos tubarões com as nadadeiras inseridas, estabelecida pela Instrução normativa de 24 de agosto de 2012 (Brasil, 2012). Além disso, há a necessidade de mais investimentos em cruzeiros de pesquisa e estudos de marcação em tubarões pelágicos para se entender melhor a migração vertical feita por *C. Signatus*.

A proibição da utilização de estropos de aço na linha secundária do espinhel é uma medida de extrema importância para a conservação dos tubarões, pois este artefato não possibilita o escape destes ainda vivos. O fato da frota espinheleira nacional ainda utilizar o estropo de aço é bastante preocupante (Kotas *et al.*, 1999). Outro fator a ser considerado é a prática do *finning*, que foi proibida no Brasil pela Portaria do IBAMA 121-Instrução normativa de 24 de agosto de 1998 (Brasil, 1998), a qual permite apenas o transporte à bordo ou o desembarque de barbatanas em proporção equivalente ao peso das carcaças desembarcadas. Entretanto a fiscalização para que se cumpra esta norma é pouco eficaz para o controle do *finning* e portanto, medidas mais restritivas para essa atividade, como a implementação de uma lei que proíba o desembarque e o transporte de barbatanas de tubarões, sem estarem inseridas nas suas carcaças correspondentes, em conjunto com uma fiscalização mais intensiva, deveriam ser implementadas (Kotas, comunicação pessoal).

O estabelecimento de um tamanho mínimo de captura (cerca de 180 cm CF), e que possibilite aos indivíduos entrarem na fase reprodutiva, também seria uma das medidas de manejo a ser adotadas para auxiliar na conservação da espécie, aliado a um programa de observadores de bordo para a sua implementação. Porém, impedir a captura de juvenis tem que ser um esforço conjunto entre a fiscalização, os órgãos ambientais responsáveis, e de uma conscientização dos próprios pescadores, com a percepção da importância que os indivíduos jovens tem para a manutenção dos estoques e da pesca em si.

Desta forma, o Plano Nacional de Ação para os Elasmobrânquios (NPOA) segundo os moldes da FAO, vem com um conjunto de ações, de comum acordo entre as partes envolvidas, ou seja, setor produtivo, pesquisadores, ambientalistas e governo, visando a conservação e o manejo

sustentável dos tubarões, raias e quimeras na costa brasileira (Santana et al, 2006; Kotas comunicação pessoal). O seu formato inicial foi apresentado pela Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL) em 2005, havendo a necessidade do mesmo ser aprimorado e discutido com os principais atores envolvidos. Este documento, já foi elaborado por países vizinhos como é o caso da Colômbia e do Uruguai. Segundo a versão do Plano da SBEEL (2005), as principais recomendações que se adequariam a *C.signatus* seriam: (1) a curto prazo, a coleta e análise de dados de desembarques, capturas e do esforço de pesca; (2) a longo prazo, estudos de dinâmica populacional, avaliação de estoques e análise demográfica (SBEEL, 2005).

No Brasil, a legislação ambiental brasileira inicialmente classificou *C. signatus* como ameaçada de extinção através da Instrução Normativa N° 05 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 21/05/2004 (Brasil, 2004). Posteriormente foi realocada para a categoria de sobreexplotada, após uma melhor avaliação do seu status populacional pela Instrução Normativa N° 52 do MMA em 08/11/2005 (Brasil, 2005). Pelo Livro Vermelho da IUCN (Santana et al., 2006; IUCN, 2011), a nível global, a espécie atualmente se encontra na categoria vulnerável (VU), devido à sua baixa resiliência à pesca, sendo necessários acima de 14 anos para a duplicação da sua população (FishBase, 2010).

Diversos são os problemas para se entender o status em que a população de tubarões se encontra, ou seja pelo acesso limitado aos dados de pesca (espécimes agrupados, sem a devida separação por espécie), pela composição das capturas (que não podem ser extrapoladas, já que esta muda ao longo do tempo) ou por padrões migratórios intrínsecos aos tubarões (capturas em 2 ou mais países, o que torna problemática a determinação de um total de capturas ou estrutura de idades da população). Devido a estas limitações o estabelecimento do status da população pode ser feito com dados históricos, como número de capturas, desembarques feitos e CPUE entre outros (Castro et al., 1999).

Historicamente, a exploração de tubarões e raias de modo intensivo não é sustentável, sendo geralmente seguida por um rápido declínio nas taxas de captura ou até mesmo um colapso da pescaria. Neste caso os estoques levam décadas para se recomporem (Castro *et al.*, 1999; Projeto Albatroz, 2009). O declínio experimentado pelo *C. Signatus* na costa norte Americana e Cubana é um dos mais dramáticos exemplos de como uma espécie capturada como *bycatch* pode declinar e desaparecer antes mesmo de se conhecer grande parte de seus aspectos biológicos (Castro et al., 1999).

## Considerações finais

O interesse pela avaliação do impacto da pesca sobre *C. signatus* se deve a um descontrolado esforço pesqueiro sobre uma espécie endêmica do Atlântico, de baixa produtividade biológica e que se mostra em pleno declínio populacional em seu lado oeste. Tanto nos mares do Brasil, como de outros países da América Central e sul dos EUA, a quase totalidade das capturas recai sobre indivíduos que se encontram abaixo da idade de 1º maturação sexual, além do recrutamento à pesca ocorrer aproximadamente na metade do tempo necessário para ser atingida a maturação sexual (IUCN, 2011).

A gestão de recursos pesqueiros, como é o caso de *Carcharhinus signatus*, não é uma tarefa fácil e requer esforços interdisciplinares, com diversas vertentes envolvidas, sendo estas de viés ecológico, biológico-pesqueiro, sócio-econômico e de educação ambiental. Estes esforços pretendem reverter a situação de declínio nos estoques de *Carcharhinus signatus* no Brasil, de forma a garantir no futuro, a sua exploração sustentável, além de colaborar para a conservação do ecossistema onde este ocorre, minimizando os impactos causados pela ação antrópica na degradação do habitat desta espécie. Desta forma será também possível promover a conscientização de todos os atores sociais envolvidos nas capturas, informando-os sobre a importância de sua participação na gestão deste recurso pesqueiro. Assim, identificar recursos pesqueiros e fontes de renda alternativos, para contribuir na diminuição das pressões sobre os estoques, além do intercâmbio de experiências de regulação da pesca e gestão dos espaços marinhos entre as comunidades envolvidas, seria essencial para o sucesso deste tipo de iniciativa (MMA, 2009).

## Referências Bibliográficas

- Amorim, A.F. & Arfelli, C.A., 1988. A pesca de elasmobrânquios pelágicos no sudeste e sul do Brasil. In: Simpósio da FURG sobre pesquisa pesqueira, Resumos, 73 p.
- Amorim, A.F., Arfelli, C.A., Fagundes, L., 1998. Pelagic elasmobranchs caught by longliners off southern Brazil during 1974-1997: an overview. *Marine and freshwater research*. 49: 621-632.
- Projeto Albatroz, 2009. Passageiros do vento, trabalhadores do mar: aspectos históricos da pesca com espinhel no sul e sudeste do Brasil e a visão do pescador sobre a conservação das aves marinhas., Editora Comunnicar, Santos.
- Beerkircher, L.R., Cortés, E. & Shivji, M., 2002. Characteristics of Shark Bycatch Observed on Pelagic Longlines off the Southeastern United States, 1992–2000. *Marine Fisheries Review*, 64: 40-49.
- Bonfil, R., 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO Technical Paper*, 341: 119.

- Brasil (1998). Portaria do IBAMA nº 121, Instrução Normativa de 24 de agosto de 1998.
- Brasil (2004). Instrução Normativa Nº 5 do Ministério do Meio Ambiente, de 21 de maio de 2004. Anexos I e II: 136–142.
- Brasil (2005). Instrução Normativa Nº 52 do Ministério do Meio Ambiente, de 08 de novembro de 2005.
- Brasil (2012). Instrução Normativa Nº 12 do Ministério do Meio Ambiente, de 22 de agosto de 2012.
- Camhi, M.; Fowler, S.; Musick, J.; Brautigam, Fordham, F. S., 1998. Sharks and their relatives. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission. 20: pp. 39.
- Carneiro, M. H.; Fagundes L.; Ávila-da-Silva, A.O., Souza, M.R., 2000. Ambientes marinhos explorados pelas frotas pesqueiras de Santos e Guarujá (SP). In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Ecossistemas. Publ. ACIESP, Vitória, 109: 83-91.
- Carlson, J.K., Cortes, E., Neer, J.A., McCandless, C.T., Beerkircher, L.R., 2008. The Status of the United States Population of Night Shark, *Carcharhinus. Signatus*. Marine Fisheries Review. 70: 1-13.
- Castro, J.I., Woodley, C. M. and Brudeck, R. L., 1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. Food Agric. Organ., U.N., FAO Fish. Tech. Pap. 380, pp. 72.
- Chen, S., and Watanabe, S., 1989. Age Dependence of Natural Mortality Coefficient in Fish Population Dynamics. Nippon Suisan Gakkaishi, 55:205-208.
- Compagno, L. J. V., 1984. Sharks of the World: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 - Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop. 125 (4/2): 251 - 655.
- Oceana, 2008. Italian driftnets: illegal fishing continues. Porticello-Porto Bagnera, pp. 46.
- Fish Base. Disponível em [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), acesso em 18 de agosto de 2010.
- Florida Museum of Natural History. Disponível em [www.flmnh.ufl.edu](http://www.flmnh.ufl.edu), acesso em 18 de agosto de 2010.
- Gallucci, V., Taylor, I.G., Erzini, K., 2006. Conservation and management of exploited shark populations based on reproductive value. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63, 931-942.
- Garrick, J. A. F., 1985. Additions to a Revision of the Shark Genus *Carcharhinus*: Synonymy of *Aprionodon* and *Hypoprion*, and Description of a New Species of *Carcharhinus* (Carcharhinidae). NOAA Technical Report. NMFS 34: 20-24.
- GEP - Grupo de Estudos Pesqueiros/UNIVALI. Disponível em <http://siaiacad04.univali.br/>, acesso em 23 de abril de 2012.

Gulland, J.A., 1971. Manual de métodos para a avaliação das populações de peixes. FAO, Roma, pp. 386.

Guzmán, A.T., 2006. O Futuro da pesca artesanal da raia-pintada, *Aetobatus narinari* (Euphasen, 1790) no estado de Nueva Esparta, Venezuela. *Elasmovisor*, 7.

Haimovici, M., 2007. A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: Levantamento de dados e avaliação crítica. MMA/SMCQ, Brasília.

Haimovici, M.; Silva Martins, A.; Castelli Vieira, P., 1996. Distribuição e abundância de peixes teleosteos demersais sobre a plataforma continental do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 56: 27-50.

Hazin, F., Lucena, F., Souza, T., Boeckman, C., Broadhurst, M. and Menni, R., 2000. Maturation of the night shark, *Carcharhinus signatus*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. *Bulletin of Marine Science*, 66: 173–185.

Hellebrandt, D. & Vooren, C.M., 2002. Crescimento de juvenis de *Carcharhinus signatus* no sul do Brasil. In: Reunião da Sociedade Brasileira para Estudo dos Elasmobrânquios - SBEEL, Resumos. João Pessoa.

Hellebrandt, D., 2001. Idade e crescimento de *Carcharhinus signatus* no sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, FURG. Rio Grande.

Hellebrandt, D., Vooren, C.M., 2000. Composição da população de *Cacharhinus signatus* da região sul do Brasil. In: II Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios - SBEEL, Resumos. Santos.

Hilborn, R.; Walters, C.J., 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York.

Hoening, J. M., 1983. Empirical use on longevity data to estimate mortality rates. *Fishery Bulletin NOAA, NMFS* 81(4): 898-903p.

IBAMA, 2011. Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável de elasmobrânquios sobre-explotados ou ameaçados de sobre-explotação no Brasil, Brasília, pp. 156.

ICCAT - International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, 2007. Cpue and catch trends of shark species caught by brazilian longliners in the southwestern atlantic ocean. *Collective Volume of Scientific Paper*, 60: 636-647.

IUCN. Red List of Threatened Species. Disponível em [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), acesso em 25 de agosto de 2011.

Jensen, A. L., 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 820-822.

Kotas, J. E.; Azevedo, V. G.; Santos, S., 1999. A pesca de espinhel de superfície (“longline”) na região sudeste-sul do Brasil. Ano – 1998. Relatório Anual Técnico-Científico. Sub-Projeto – Avaliação Estatística de Elasmobrânquios. Programa REVIZEE – Score Sul, pp. 183.

Kotas, J.E., Petrere, M., Jr., Azevedo, V.G. de, Santos, S., 2005. A pesca de emalhe e de espinhel-de-superfície na Região Sudeste-Sul do Brasil. Série documentos Revizee: Score Sul, pp. 72.

Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. *Journal of Fish Biology*. 49(4): 627–642p.

MacAuley, R.B., Simpfendorfer, C.A., Hyndes, G.A., Lenanton, R.C., 2007. Distribution and reproductive biology of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus* (Nardo, 1827) in western Australian waters. *Marine and Freshwater Research* 58, 116-126.

MMA, 2009. Proposta de plano de gestão para o uso sustentável do grupo de elasmobrânquios sobreexplorados ou ameaçados de sobreexploração no Brasil.

Nardi, J. A. and Vooren, C. M., 1997. Juveniles of *Carcharhinus signatus* (Elasmobranchii, Carcharhiniformes) are abundant off southern Brazil in spring. In: I Reunião da Sociedade Brasileira para o estudo de Elasmobrânquios - SBEEL, 2002, Resumos. Ilhéus, Ba.

Pauly, D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 39: 175-192.

Peterson, I. and Wroblewski, S. J., 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1117- 1120.

Prince, J.D., 2005. Gauntlet fisheries for elasmobranchs – the secret of sustainable shark fisheries. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 35, 407-416.

Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.

RUIZ, M.S., 2002. Estandarización de series de CPUE com S-plus. Manual estatístico.

Sales, G., Giffoni, B.B., Fiedler, F.N., Azevedo, V.G., JORGE E. Kotas, J.E., Swimmere, Y., Bugonif, L. , 2010. Circle hook effectiveness for the mitigation of sea turtle bycatch and capture of target species in a brazilian pelagic longline. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystem*. 20: 428–436.

Santana, F.M. & Lessa, R., 2000. Análise demográfica da população do tubarão toninha, *Carcharhinus signatus* (Poey, 1868) no nordeste do Brasil. In: II Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios, Resumos. Santos, SP.

Santana, F.M. and Lessa, R., 2004. Age determination and growth of the night shark (*Carcharhinus signatus*) off the northeastern Brazilian coast - *Fish. Bull.* 102:156–167.

Santana, F.M., Duarte Neto, P., Lessa, R., 2009. Demographic analysis of the night shark (*Carcharhinus signatus*, Poey, 1868) in the equatorial Southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, 100: 210–214.

Santana, F.M., Lessa, R. & Carlson, J., 2006. *Carcharhinus signatus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.2. Disponível em [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), acesso em 15 de julho de 2010.

SBEEL - Sociedade Brasileira Para o Estudo de Elasmobrânquios, 2005. Plano Nacional de Ação para a Conservação e o Manejo dos Estoques de Peixes Elasmobrânquios no Brasil. Recife, pp. 100.

Silveira, I.C.A. da; Schmidt, A.C.K.; Campos, E.J.D.; Godoi, S.S.de & Ikeda, Y., 2000. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. *Revista brasileira de oceanografia*. 48:171-183.

Sparre, P. E. & Venema, S. C., 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, Manual. FAO Fisheries Technical Paper, 306: 140-146.

Stevens, JD; Bonfil, R, Dulvy, NK, Walker, PA., 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*. 57: 476-494.

UNIVALI, 2008. Boletim Estatístico da Pesca Industrial de Santa Catarina - Ano 2007. Programa de Apoio Técnico e Científico ao Desenvolvimento da Pesca no Sudeste e Sul do Brasil. Grupo de Estudos Pesqueiros (GEP). Itajaí, pp 87.

Vaske Junior, T.; Vooren, C. M. & Lessa, R. P., 2009. Feeding strategy of the night shark (*Carcharhinus signatus*) and scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) near seamounts off northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. 57: 97-104.

Vaz dos Santos, A.M., Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B, Figueiredo, J.L., 2007. Recursos pesqueiros compartilhados: bioecologia, manejo e aspectos aplicados no brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 33: 273 - 292.

Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002 *Modern applied statistics with S*. Springer-Verlag, New York.

Vooren, C. M. & Klippel, S., 2005 *Ações para conservação de tubarões e raias no sul do Brasil*. Igaré, Porto Alegre., pp.112.

Vooren, C.M., 1997. Subtropical convergence environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic, Berlin: Springer, cap. Demersal elasmobranchs. 141-146.

Vooren, C.M., Castello, J.P., Torres de Bem Jr, R., Gomez, I.C., Hellebrandt, D., Isoldi, M.A. , 1999. Avaliação dos Recursos Pesqueiros dos peixes pelágicos de grande porte. Relatório final do Projeto Argo, Furg, Rio Grande.

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

