

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PIMES  
DOUTORADO EM ECONOMIA**

**EQUILÍBRIO ECONÔMICO ECOLÓGICO DA PESCA MARÍTIMA  
NO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL**

*Cassius Rocha de Oliveira*

**RECIFE (PE)  
Novembro, 2004**

**CASSIUS ROCHA DE OLIVEIRA**

**EQUILÍBRIO ECONÔMICO ECOLÓGICO DA PESCA MARÍTIMA  
NO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL**

Tese de doutoramento, apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Economia, da Universidade Federal de  
Pernambuco, sob a orientação do Prof.  
Dr. Francisco Ramos.

**RECIFE (PE)  
Novembro, 2004**

Ao meu filho Lucas.

## AGRADECIMENTOS

Ao governo brasileiro pelo grande apoio em todas as fases da minha formação. Sem a existência das universidades públicas e as bolsas de estudo que me foram concedidas, **certamente** eu não teria chegado até aqui.

Ao CNPq por disponibilizar bolsas de estudo para que cientistas possam-se dedicar unicamente a seus estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Universidade Federal de Pernambuco e todo o seu corpo docente pela excelente qualidade de ensino e às secretárias pela pronta atenção em todas as horas.

Ao professor Francisco Ramos, meu orientador, pelos ensinamentos e pelo exemplo de como um professor deve-se portar dentro de uma universidade pública, pelas inúmeras horas de orientação e por ter-me dado a oportunidade de estudar o tema que eu realmente queria.

À FURG, ao Departamento de Economia e ao Prof. Paulo Renato Lessa Pinto pela compreensão e entendimento das dificuldades que enfrentei nesse período.

Aos meus pais Luiz Rota de Oliveira e Eloira Rodrigues Rocha pelo carinho, pelas visitas, pelo apoio durante toda a minha vida e pelas toneladas de erva-mate que me enviaram pelo correio, enquanto estive no nordeste.

Ao meu irmão Ulisses pelo carinho e pelas visitas que me fizeram agüentar melhor a distância de casa.

Aos meus amigos Urbano Neto, Adriano Firmino, Adriano Paixão, Inácio Machado e Sérgio Paraíba pelos ensinamentos e pela convivência durante todos esses anos.

A Sandra (Kika), madrinha do meu filho, pelas sugestões e correções no português da tese.

Ao meu sogro Valmor Franzoni e minha sogra Berenice, por terem-me agüentado em suas residências no Cassino e em Porto Alegre nesse período tão difícil de minha vida, quando necessitei dar aulas e fazer a tese.

A minha esposa Patricia, pelo amor, pela atenção, pelo apoio, pelas sugestões, pelo incentivo e pela força. Sem ela, a minha trajetória não seria essa.

E principalmente a DEUS, pela busca incessante do equilíbrio de todas as forças e pelas manifestações de amor e proteção. Muito obrigado!

## FICHA CATALOGRÁFICA

O48e Oliveira, Cassius Rocha de.

Equilíbrio Econômico Ecológico da Pesca Marítima no Rio Grande do Sul – Brasil/ Cassius Rocha de Oliveira, Recife, 2004.

175f.

Tese (Doutorado) – UFPE. Centro de Ciências Sociais Aplicadas, PIMES – Pós-Graduação em Economia, 2004.

1. Economia dos Recursos Naturais.
2. Pesca Extrativa.
3. Desenvolvimento Sustentável.
4. Equilíbrio Geral.

CDU: 338.439:639.2

Bibliotecário Responsável

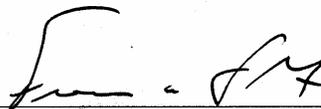
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
PIMES/ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO  
DOUTORADO EM ECONOMIA DE**

CASSIUS ROCHA DE OLIVEIRA

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato Cassius Rocha de Oliveira **APROVADO**.

Recife, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



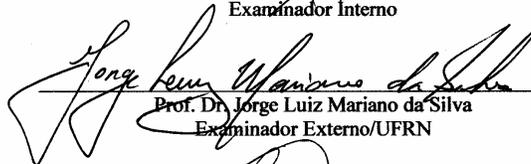
Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos  
Orientador



Prof. Dr. José Lamartine Távora Junior  
Examinador Interno



Prof. Dr. Álvaro Barrantes Hidalgo  
Examinador Interno



Prof. Dr. Jorge Luiz Mariano da Silva  
Examinador Externo/UFRN



Prof. Dr. Paulo Amilton Maia Leite Filho  
Examinador Externo/UFPB

## RESUMO

O trabalho analisa de forma integrada os aspectos econômicos e ecológicos que envolvem a pesca marítima no Rio Grande do Sul-Brasil. Mostra a diferença de se analisar o ambiente marinho com informação completa e incompleta sobre o ecossistema onde a extração de pescado está ocorrendo. Explica os motivos que levaram a atividade econômica do setor pesqueiro Gaúcho a declinar nas últimas décadas e sugere a forma de se obter a sustentabilidade do setor. O primeiro capítulo expõe os aspectos históricos e conjunturais do setor pesqueiro mundial; o segundo aborda os principais fatores influenciadores da atividade pesqueira e suas conseqüências no ecossistema marinho; o terceiro explora os aspectos sócio-econômicos e ambientais do RS. O quarto trás um referencial teórico dos principais modelos bioeconômicos, que sustentam a escolha metodológica. O quinto expõe a metodologia e o sexto mostra os resultados. O método utilizado foi um modelo de equilíbrio geral ecossistêmico, onde o ambiente é tratado com informação completa, isto é, leva em conta as principais espécies do ecossistema local, bem como suas inter-relações com as demais e, a título de referência, simulou-se um cenário com informação incompleta através de um modelo tipo *Gordon-Schaefer*. Os resultados encontrados indicam que nas últimas décadas as principais populações de peixes vêm sendo sobre exploradas no RS e que os níveis capturados nas últimas três décadas são insustentáveis. Os resultados mostraram que a máxima capacidade conjunta para a pesca de peixes fica por volta de 30 mil toneladas por ano, sendo que a pesca de elasmobrânquios não deve passar de 2 % desse volume, já os crustáceos somados com os moluscos atingem 9 mil toneladas por ano para uma captura sustentável. As simulações em ambientes mais degradados mostram fortes perturbações na trajetória das populações. Outra conclusão que as simulações evidenciaram é que quanto maior for o esforço de pesca, maior a variância e os ciclos percorridos pelas trajetórias das populações capturadas; quando o esforço é muito grande, as séries se desequilibram. Devido a grande oscilação dos estoques, a renda, a receita e os empregos gerados pelo setor pesqueiro não percorrem uma trajetória estável, o que compromete a previsibilidade necessária para investimentos no setor. A análise ecossistêmica permite que se entenda o que acontece com o ambiente como um todo quando a pesca é realizada a partir da reprodução, em simulação, do ecossistema original. Sem a capacidade de previsão em relação ao comportamento dos estoques, corre-se o risco da capacidade produtiva ser superdimensionada, como ocorreu em Rio Grande no RS, já que os níveis capturados nos primeiros anos de intensas pescarias não se repetem por muito tempo. É melhor que não se capture tudo que se deseja em um único ano, mas que o volume capturado permaneça constante, o que sinalizaria uma boa saúde do ecossistema marinho e permitiria a estabilidade do setor econômico e social.

## ABSTRACT

This work analyzes in an integrated way the economical and ecological aspects that involve the marine fishing in Rio Grande do Sul - Brazil. It shows the difference of analyzing the marine atmosphere with complete and incomplete information about the ecosystem where the fish extraction is happening. It explains the reasons that took the economic activity of the fishing section decline in the last decades and it suggests the form of obtaining the sustainable of the section. The first chapter exposes the historical and situation aspects of the world fishing section; the second chapter approaches the main factors influenced of the fishing activity and its consequence in the marine ecosystem; the third approaches the RS' socioeconomic and environment's aspects. The fourth chapter brings a theoretical referential of the main bio economics models, that sustain the methodological choice. The fifth chapter exposes the methodology and the sixth brings on the results. The used method was a model of general balance ecosystem, where the atmosphere is treated with complete information, that is, takes into account the main species of the local ecosystem as well as its inter relationships with the others and in the quality of reference a scenery was simulated with incomplete information through a model type Gordon-Schaefer. The found results indicate that in the last decades the main populations of fish are being explored in RS and that the levels captured in the last three decades are unsustainable. The results showed that the maximum capacity for the fishing of fish is about 30 thousand tons a year, and the elasmobranchs fishing should not pass 2% of that volume. Crustaceans and mollusks already add 9 thousand tons a year for a maintainable capture. The simulations in degraded atmospheres show strong disturbances in the trajectory of the populations. Another conclusion that the simulations showed is: the harder effort of fishing, the harder variance and the cycles traveled by the trajectories of the captured populations; when that effort is very hard, the series become unbalance. Due to the great oscillation of the stocks, the income, the revenue and the employments generated by the fishing section don't travel a stable trajectory. This fact commits the necessary forecast for investments in the section. The ecosystemic analysis allows understanding, which happens in the environment when the fishing is accomplished from the reproduction, in simulation, of the original ecosystem. Without a forecast capacity of the stocks' behavior, there's a risk of over sizing the productive capacity, as it has happened in Rio Grande-RS, because the levels captured in the first years of intense fisheries doesn't go on for a long time. It's better that everything wished is not captured in a single year, but that the captured volume stays constant. That would sign a good health of the marine ecosystem, and it allows the stability of the economic and social section.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>I A PESCA MARÍTIMA GLOBAL: ASPECTOS HISTÓRICOS, POLÍTICOS E CONJUNTURAIS.....</b>	<b>12</b>
1.1 A pesca marítima e oceânica.....	14
1.2 O consumo de pescado no mundo .....	16
1.3 O esforço de pesca no mundo.....	17
1.4 Pobreza e abastecimento de proteínas nas comunidades de pescadores.....	20
1.5 Políticas e gestão internacional no setor pesqueiro.....	22
1.6 A pesca marítima no Brasil.....	23
<b>II FATORES INFLUENCIADORES DA ATIVIDADE PESQUEIRA.....</b>	<b>28</b>
2.1 Os impactos sobre o meio ambiente.....	28
2.1.1 Pesca oceânica.....	30
2.1.2 Poluição no ambiente marinho.....	37
2.1.3 Degradação ambiental.....	42
2.2 Os efeitos das políticas públicas.....	43
2.2.1 Externalidades do setor pesqueiro.....	45
2.2.2 Direito de propriedade .....	48
2.2.3 Regulação do setor pesqueiro.....	49
2.2.3.1 Cotas individuais transferíveis (CIT).....	53
2.2.4 Subsídios ao setor pesqueiro.....	56
2.2.5 Casos empíricos de aplicação de políticas e regulação no setor pesqueiro.....	60
<b>III ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA PESCA MARÍTIMA NO RIO GRANDE DO SUL .....</b>	<b>63</b>
3.1 Aspectos sócio-econômicos da pesca no RS.....	68
3.2 A arte da pesca.....	72
3.2.1 Pesca artesanal .....	74
3.2.2 Pesca industrial .....	76
3.3 Políticas públicas e regulação da pesca no RS.....	80
<b>IV OS MODELOS BIOECONÔMICOS.....</b>	<b>85</b>
4.1 Modelo logístico de <i>Verlhust-Pearl</i> .....	86
4.2 Modelo bioeconômico de <i>Schaefer</i> .....	87
4.3 O modelo de <i>Gordon-Schaefer (GS)</i> .....	89
4.4 A teoria do controle ótimo aplicado à pesca.....	91
4.5 Modelo predador-presa de <i>Lotka e Volterra</i> .....	92
4.6 O modelo de <i>Von Bertalanfy</i> : taxa crítica de captura.....	95
4.7 Os modelos tipo insumo produto.....	97
4.7.1 O modelo de <i>Daly</i> .....	97
4.7.2 O modelo de <i>Isard</i> .....	98
4.8 Modelo de equilíbrio geral ecossistêmico.....	100

<b>V</b>	<b>MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL ECOLÓGICO.....</b>	<b>102</b>
	5.1 Modelo de equilíbrio geral ecossistêmico.....	104
	5.1.1 <i>O problema da maximização</i> .....	105
	5.1.2 <i>Equilíbrio de curto e longo prazo</i> .....	109
	5.2 Cenários adotados para simulações com o modelo de equilíbrio geral ecossistêmico.....	111
	5.3 Um exemplo numérico do ecossistema marinho do RS, Brasil.....	112
	5.3.1 <i>O modelo para o RS</i> .....	113
	5.3.1.1 <i>Equilíbrio de curto prazo</i> .....	114
	5.4 Apresentação dos dados.....	115
	5.4.1 <i>Variáveis do modelo</i> .....	115
	5.4.2 <i>Parâmetros do modelo ecossistêmico</i> .....	116
<b>VI</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>
	6.1 Cenário 1: Informação imperfeita sobre as populações envolvidas no ecossistema.....	119
	6.2 Cenário 2: Modelo de equilíbrio geral ecossistêmico com informação completa sobre as populações.....	125
	6.2.1 <i>Ecossistema do Rio Grande do Sul com interferência do Homem</i> ....	128
	6.3 Cenário 3: Ecossistema submetido à pesca, poluição e degradação ambiental.....	133
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>135</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>143</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>148</b>
	A-1: <i>Rotina de calibração do modelo de equilíbrio ecossistêmico</i> .....	148
	A-2: <i>Características das principais espécies comerciais capturadas no RS</i> ....	151
	A-3: <i>Programação em GAMS</i> .....	152
	<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS ECOLÓGICOS E GEOLÓGICOS.....</b>	<b>157</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.1.</b>	Evolução da captura marítima mundial.....	15
<b>Gráfico 1.2.</b>	Ranking dos maiores pescadores.....	17
<b>Gráfico 1.3.</b>	Evolução dos pescadores no mundo, com destaque para Ásia.....	18
<b>Gráfico 1.4.</b>	Captura marítima histórica no Brasil.....	24
<b>Gráfico 1.5.</b>	Saldo da balança comercial do setor no Brasil (R\$ de 1999).....	25
<b>Gráfico 1.6.</b>	Captura total e importação de pescado no Brasil.....	25
<b>Gráfico 1.7.</b>	Maiores áreas de pesca por volume capturado.....	26
<b>Gráfico 2.1.</b>	Situação das zonas de pesca monitoradas pela FAO.....	32
<b>Gráfico 2.2.</b>	Evolução da exploração por tipo de zona (1970-2000).....	36
<b>Gráfico 2.3.</b>	Nível de equilíbrio com controle de externalidade.....	38
<b>Gráfico 2.4.</b>	Ganhos através do sistema de CIT .....	55
<b>Gráfico 2.5.</b>	Efeito dos subsídios sobre os custos de extração .....	57
<b>Gráfico 3.1.</b>	Desembarque de pescado no RS .....	64
<b>Gráfico 3.2.</b>	Local das capturas oceânicas no RS.....	67
<b>Gráfico 3.3.</b>	Captura média por esforço de pesca (barco e viagem) .....	70
<b>Gráfico 3.4.</b>	Receita total, industrial e artesanal proveniente do pescado (X 1000).....	71
<b>Gráfico 3.5.</b>	Preço médio do quilo de pescado no desembarque. ....	71
<b>Gráfico 3.6.</b>	Captura de peixes e crustáceos pela pesca artesanal (A) e industrial (I).....	73
<b>Gráfico 3.7.</b>	Desembarque histórico de crustáceos no RS.....	75
<b>Gráfico 3.8.</b>	Desembarque histórico dos principais peixes teleósteos capturados no RS.....	77
<b>Gráfico 3.9.</b>	Desembarque histórico de elasmobrânquios e seu principal representante: os tubarões no RS.....	78
<b>Gráfico 3.10.</b>	Desembarque histórico de Miragaia e Pargo Rosa no RS.....	79
<b>Gráfico 3.11.</b>	Crédito no RS (em milhões de R\$, 1998).....	81
<b>Gráfico 6.1.</b>	Trajectoria de crescimento dada pela equação 4.1 (1000 toneladas).....	120
<b>Gráfico 6.2.</b>	Trajectoria do estoque (1000 toneladas).....	121
<b>Gráfico 6.3.</b>	Trajectoria de crescimento do estoque (1000 toneladas).....	122
<b>Gráfico 6.4.</b>	Curva de rendimento máximo de <i>Schaefer</i> e equilíbrio com esforço E.....	123
<b>Gráfico 6.5.</b>	Biomassa de equilíbrio para os diversos níveis de esforço.....	123
<b>Gráfico 6.6.</b>	Máximo rendimento econômico (MRE) e máximo rendimento sustentável (MRS), em milhões de R\$ (1000 toneladas).....	124
<b>Gráfico 6.7.</b>	Equilíbrio das populações sem a interferência humana.....	126
<b>Gráfico 6.8.</b>	Demandas de biomassa pelos predadores.....	128
<b>Gráfico 6.9.</b>	Trajectoria das populações com nível baixo de pesca.....	130
<b>Gráfico 6.10.</b>	Trajectoria das populações com nível médio de pesca.....	131
<b>Gráfico 6.11.</b>	Trajectoria das populações com a máxima captura sustentável.....	132
<b>Gráfico 6.12.</b>	Trajectoria das populações com capturas insustentáveis.....	132
<b>Gráfico 6.13.</b>	Trajectoria das populações com capturas insustentáveis.....	133
<b>Gráfico 6.14.</b>	Trajectoria das populações com poluição e degradação do ambiente.....	134

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.1.</b> Número de pescadores pobres, por região e por tipo de pesca.....	21
<b>Tabela 2.1.</b> Objetivos da regulação do setor pesqueiro.....	50
<b>Tabela 2.2.</b> Vantagens do CIT.....	55
<b>Tabela 2.3.</b> Subsídios para uso doméstico no setor pesqueiro, por países selecionados.....	58
<b>Tabela 2.4.</b> Custos estimados do setor pesqueiro (US\$ bilhões).....	59
<b>Tabela 3.1.</b> Tipo de pesca por área, tipo de equipamento e principais espécies capturadas.....	74
<b>Tabela 3.2.</b> Regulação por tipo e áreas respectivas.....	83
<b>Tabela 4.1.</b> Matriz insumo-produto ambiental de <i>Daly</i> .....	98
<b>Tabela 4.2.</b> Matriz de <i>Isard</i> .....	99
<b>Tabela 4.3.</b> Sub matriz de <i>Isard</i> .....	99
<b>Tabela 5.1.</b> Variáveis dos modelos de equilíbrio geral econômico e ecossistêmico.....	115
<b>Tabela 5.2.</b> Parâmetros (Pmt) do modelo de equilíbrio geral ecossistêmico.....	116
<b>Tabela 6.1.</b> Níveis de pesca estabelecidos para as simulações de sustenta- bilidade .....	129
<b>Tabela A-4.1</b> Características gerais das principais espécies capturadas no RS.....	151
<b>Tabela A-4.2</b> Valores médios da produção.....	151

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.(a).</b> Trajetória de captura no oceano Pacífico, mar Mediterrâneo e Negro.....	33
<b>Figura 2.1.(b).</b> Trajetória de captura nos oceanos Atlântico e Índico.....	35
<b>Figura 3.1.</b> O mapa do litoral gaúcho.....	66
<b>Figura 5.1.</b> Rede alimentar do ambiente marinho no Rio Grande do Sul, Brasil.....	113

## INTRODUÇÃO

Os recursos naturais renováveis fazem parte de complexos ecossistemas e são utilizados para o consumo humano e nos processos de produção industriais. Um estoque de peixes ou uma floresta são capazes de fornecer recursos durante um longo tempo; porém, o volume dos fluxos e a estabilidade dos estoques dependem em parte do Homem, isto é, o tamanho e a sobrevivência das populações selvagens estão diretamente relacionados também com os processos de extração, que por sua vez dependem do comportamento do ecossistema.

Em mercados onde os recursos renováveis são utilizados como insumos, há relações muito próximas entre as variáveis econômicas (renda, consumo e preços) e as variáveis ecológicas (dinâmica das populações, taxa de crescimento e capacidade ambiental). Esse tipo de recurso, que é utilizado como insumo nas indústrias e faz parte de algum ecossistema, tem sua oferta atrelada a fatores econômicos e ambientais.

As reservas renováveis são caracterizadas como bens públicos. Portanto, escolhas que não considerem as externalidades e as características de tais bens podem levar à sua utilização ineficiente, já que o valor dos estoques e os custos de degradação podem não estar sendo levados em conta no processo de extração.

Segundo *Nordhaus e Kokkernberg* (1999), o monitoramento da depreciação dos recursos naturais requer um melhor entendimento das inter-relações entre a dinâmica dos ecossistemas e as atividades econômicas.

Em muitos estudos de sustentabilidade econômica envolvendo recursos renováveis, são utilizadas funções logísticas de crescimento para mostrar a trajetória de crescimento de uma população selvagem e, com isso, determinar a extração ótima. **Porém,**

**normalmente apenas a espécie que está sendo capturada faz parte do modelo e as inter-relações com as outras espécies e com o ambiente são desconsideradas** (ocasionalmente duas espécies são levadas em conta).

Os modelos logísticos reduzem um ecossistema ou parte dele a uma única espécie e utilizam poucos parâmetros, fatos que reduzem demasiadamente as complexas inter-relações entre as populações que compõem as redes alimentares. Existe, portanto, uma grande simplificação das variáveis ecológicas de suas inter-relações. A ONU (Organização das Nações Unidas), por intermédio da FAO (2002) (agência da ONU para a alimentação e agricultura), sinaliza que modelos que não reconhecem as inter-relações entre as espécies são insuficientes para a análise do setor pesqueiro.

*“Nos últimos anos tem-se reconhecido, cada vez mais, que o enfoque tradicional de ordenação pesqueira, que considera as espécies como sendo independentes, é insuficiente. A utilização sustentável dos recursos aquáticos vivos só pode ser conseguida se forem determinados e compreendidos os efeitos dos ecossistemas nos seres vivos e da pesca nos ecossistemas. Os pescadores fazem parte do ecossistema marinho e é preciso conseguir tanto o bem-estar dos pescadores como dos ecossistemas (FAO-2002)”.*

Portanto, torna-se necessário o tratamento analítico dos ecossistemas com uma metodologia compatível com a análise econômica. Economia e Ecologia estão intimamente ligadas por inúmeras variáveis que funcionam como elos entre estes dois campos da ciência. O bom desempenho econômico dos setores que de alguma forma utilizam recursos naturais renováveis, dependem do comportamento dinâmico do ecossistema onde está ocorrendo a extração e não somente do comportamento isolado da espécie que está sendo extraída.

Segundo *Tschirhart* (1998), os modelos econômicos têm sua lógica de funcionamento parecida com a de um ecossistema, ou seja, em uma economia competitiva os agentes ofertam e demandam mercadorias equilibrando os mercados em torno de um vetor de preço; nos ecossistemas, as espécies competem e se equilibram demandando

biomassa de suas presas e ofertando biomassa para seus predadores. Quando a população de determinada espécie diminui, a energia (Kcal) que seus predadores despendem na sua captura aumentará e a demanda diminuirá, fazendo sua população crescer novamente e restabelecer o equilíbrio e vice-versa. Essas semelhanças permitem criar uma metodologia mais elaborada que seja compatível com os dois ambientes (econômico e ecológico).

Segundo *Backer* (1976), economistas e biólogos tendem a ganhar com os fundamentos da biologia teórica. A mescla de técnicas a que *Backer* se refere é a determinação simultânea de um vetor de preços que harmonize os insumos e produtos da economia e um vetor de preços em energia (kcal) que equilibre o ecossistema envolvido no processo extrativista. **A racionalidade econômica pode ser adotada nos ecossistemas, ou seja, os predadores escolhem as presas minimizando o esforço para capturá-las.**

Segundo *Tschirhart* (1998), modelos de equilíbrio geral econômico incluem muitos consumidores e firmas que ofertam e demandam produtos de acordo com os preços. Um ecossistema compreende muitos organismos que se estabilizam demandando e ofertando biomassa de acordo com a dificuldade na captura (equivalente ao preço pago). Tentam também encontrar padrões de substituição entre os insumos e explicar como as alterações na taxa do capital ou trabalho afetam a relação capital e trabalho das firmas. Em modelos ecossistêmicos, procura-se entender como mudanças no padrão ambiental afetam as relações entre presas e os predadores.

A sustentabilidade econômica é desejada também em relação aos ecossistemas, ou seja, a determinação de um padrão de extração sustentável que aumente a previsibilidade de quanto de insumos o setor pesqueiro vai dispor nos próximos períodos. A competição movimenta tanto um mercado como um ecossistema. Enquanto as firmas brigam por lucros e equilibram-se quando estes chegam a zero, em um ecossistema, a seleção natural, que é a chave do processo de evolução segundo a teoria de *Darwin*, ocorre

a partir da competição e das adversidades do ambiente, ou seja, as espécies competem para consumir o máximo de biomassa ao menor gasto energético possível (custo de oportunidade) e as mais eficientes e mais adaptadas sobrevivem.

Segundo o modelo de *Tschirhart* (1998), cada espécie participa de uma rede de energia com suas presas e predadores e a estabilidade ocorre quando os fluxos de entrada e saída de biomassa são iguais, tornando o balanço da rede igual a zero<sup>1</sup>.

De acordo com *Finoff* e *Tschirhart* (2000), para integrar as análises econômica e ecológica é necessário identificar os pontos de contato, que são muitos: os humanos utilizam fontes naturais renováveis como os peixes e florestas; portanto, a variação dos estoques trará implicações na pesca e na indústria madeireira. A poluição destrói os ambientes e altera o clima da terra com repercussões em toda a economia.

O setor pesqueiro é um exemplo de mercado que utiliza recursos naturais como um dos principais insumos de produção. Segundo a FAO (2003), o Homem retira dos mares, através da pesca, aproximadamente 70 milhões de toneladas de pescado por ano. Portanto, para que tal setor seja sustentável e permaneça fornecendo benefícios para a população, deve-se conhecer o problema sob as óticas econômica e ambiental. No caso da pesca oceânica, as variáveis de ligação são as populações capturadas que servem como insumo para a produção e pertencem ao ecossistema marinho, as menos conhecidas, mas não por isso menos utilizadas pelo Homem.

Segundo a FAO (2002), o reconhecimento das interações essenciais entre a pesca, os peixes e o meio ambiente marinho não é nova. Em 1376, um grupo de pescadores do Reino Unido expressou sua preocupação ao Rei Eduardo III da Inglaterra sobre os efeitos causados no ecossistema marinho por um tipo de rede de arrasto com barras de

---

<sup>1</sup> Se uma rede está com déficit de energia, significa que se as presas diminuam, a espécie terá a população diminuída; se o balanço for positivo, significa que está sobrando energia, dada a relação da espécie com suas presas e predadores, a população aumentará até que o balanço seja igual a zero.

ferro nas extremidades das redes, que estaria causando grave destruição do patrimônio comum e da atividade pesqueira.

Os conhecimentos tradicionais ficaram esquecidos à medida que a pesca cresceu rapidamente nos séculos XIX e XX e desenvolveram-se métodos para calcular a forma de ajustar tal atividade com a produtividade dos recursos. Os modelos de uma única espécie foram os preferidos para esse tipo de avaliação, sendo as interações ecossistêmicas quase sempre desconsideradas.

Desde o começo da pesca industrial em grande escala por volta de 1950, o nível de extração anual triplicou, colocando o setor pesqueiro em destaque na economia de muitos países. Segundo a FAO em 2002, o setor envolveu diretamente 23 milhões de trabalhadores e gerando na primeira venda US\$ 81 bilhões<sup>2</sup>. Além disso, forneceu quase 20% das proteínas consumidas pelo Homem nesse ano.

Os maiores produtores mundiais são a China, que capturou em 2001 aproximadamente 17 milhões de toneladas, o Peru, com 8.4 milhões de toneladas, Japão, com 5.2 milhões de toneladas e o Chile, com 5 milhões de toneladas. O Brasil capturou menos de 500 mil toneladas nesse ano (16 vezes menos que o Peru para se ter uma idéia), situando-se entre o décimo e o décimo quinto no ranking dos maiores pescadores. A China, por sua vez, é responsável por 25% da produção mundial de pescados.

Entretanto, para atender à crescente demanda mundial, a pesca predatória é a principal causa da grande perda de biodiversidade que está ocorrendo atualmente no planeta. Os peixes lideram todas as listas das espécies em perigo de extinção, ameaçando o meio marinho, já que servem de alimento, também, para a maioria dos animais oceânicos de grande porte como baleias, orcas, golfinhos, focas, lobos, leões e elefantes marinhos, pingüins e muitos outros. “Os peixes são o abdômen dos oceanos, isto é, funcionam como

---

<sup>2</sup> Venda no desembarque do pescado.

centro de gravidade dos ecossistemas no sentido que são os principais fornecedores de biomassa para os grandes animais marinhos e são predadores dos pequenos animais”.

O nível de captura atual influencia as futuras pescarias, quer dizer, se capturarmos no presente mais do que os mares podem oferecer, os estoques diminuirão e as retiradas deverão diminuir de qualquer maneira. Já a aquicultura seria a versão marinha da pecuária e pode, portanto, ser analisada pela teoria econômica tradicional, já que os impactos nos estoques marinhos são indiretos<sup>3</sup>.

Se analisarmos o problema pela ótica da teoria da Escolha Pública, com fundamentação na micro economia neo-clássica, o problema da pesca é que ela ocorre em lugares de livre acesso, isto é, áreas comuns ou bens públicos. Segundo esta corrente de pensamento, o Estado, através do processo democrático das tomadas de decisões políticas, não consegue fornecer verdadeiros bens públicos, e portanto ocorre o problema da tragédia dos *commons*, ou seja, a super utilização do recurso.

As políticas públicas que vêm sendo aplicadas à pesca são bastante variadas. A redução dramática dos estoques marinhos em algumas regiões tem levado governos de alguns países a adotarem medidas drásticas para reduzir a captura, estabelecendo cotas ou até proibindo a atividade em alguns locais para que os estoques se recuperem, como é o caso do Canadá e da Islândia.

Porém, a maioria dos países continua utilizando principalmente políticas de subsídios que, no mínimo, são discutíveis sob a ótica da sustentabilidade do setor pesqueiro. Segundo *Millazo* (1998), inconscientemente, por pressão dos sindicatos de pescadores e das indústrias processadoras, os governos podem estar ajudando a super

---

<sup>3</sup> Os principais impactos indiretos são a alimentação dos peixes em cativeiro, que provém da captura de quase 30 milhões de toneladas de animais marinhos, e em algumas criações são utilizados alguns tipos de antibióticos que, juntamente com os dejetos orgânicos dos cativeiros, produzem poluição química e biológica, respectivamente.

explorar ou até esgotar os recursos pesqueiros, e isso trará implicações para as futuras pescarias, prejudicando ainda mais os pescadores e indústrias.

Além da atividade pesqueira, outro grande fator que ameaça a vida nos oceanos é a poluição emitida pelos complexos urbanos, agrícolas e industriais instalados em zonas litorâneas do mundo todo, que despejam no mar poluentes que, quando não matam, deslocam as populações marinhas para locais impróprios, impedindo-as de propagarem naturalmente suas espécies e prejudicando ainda mais a pesca. Como a maioria dos animais marinhos encontra-se nos litorais, a destruição dos ambientes costeiros, como mangues, estuários e deltas, afeta todo o ecossistema marinho, inclusive as espécies alvo da pesca.

Diferentemente dos animais e vegetais criados ou cultivados pelo Homem para seu próprio consumo, as espécies selvagens são equilibradas através das taxas naturais de crescimento e mortalidade. A estabilidade pode ser afetada por fatores naturais como mudanças nas condições climáticas ou pela ação humana através da pesca predatória e da destruição do meio ambiente. A enorme escala de produção do setor pesqueiro, bem como o aumento nas emissões de poluentes, estão provocando uma rápida diminuição na biodiversidade marinha. Segundo a FAO (2001), aproximadamente 20% já estão completamente extintas e 40% já figuram nas espécies mais ameaçadas de extinção.

No Brasil, que possui um litoral de 8400km de extensão e uma plataforma continental com 822.800km<sup>2</sup>, a zona econômica exclusiva (ZEE) chega a 4,5 milhões de km<sup>2</sup> e o país possui direito exclusivo de exploração nessa área. A produção de pescado está por volta de 450 mil toneladas ( $\cong$  0,5% da captura mundial).

Segundo a FAO (2000), o potencial estimado para captura no Brasil está entre 1.4 e 1.7 milhões de toneladas, ou seja, três vezes mais do que a atual produção.

Conforme o relatório REVIZEE (Recursos Vivos da ZEE) de 2003, a maioria dos estoques está no limite de exploração ou sobre explorados. Porém, as metodologias que estes dois órgãos utilizam para calcular esse potencial não são bem explicadas e apresentam grandes “buracos” nas pesquisas, segundo o próprio REVIZEE, principalmente por falta de verba para pesquisas mais detalhadas e demoradas.

Segundo a FAO (2002), o consumo *per capita* no Brasil é de 5,6 kg por ano, nível considerado muito baixo se comparado a grandes consumidores como o Japão, onde o consumo por habitante chega a 60 kg por ano, e também bem abaixo da média mundial, que é de 20 kg por ano. No Brasil, o setor pesqueiro gerou 1,4 milhões de empregos diretos e indiretos, e uma produção cujo valor bruto superou US\$ 1,5 bilhões, em 2000. O percentual no PIB ainda é pequeno, porém, a sua importância como fornecedor de alimentos e empregos nas áreas litorâneas é considerável.

O Rio Grande do Sul (RS), especificamente, tem um dos maiores estoques oceânico do país. Segundo o REVIZEE (2002), a área conhecida como litoral gaúcho<sup>4</sup> é a mais rica em nutrientes básicos (carbono anexado pelas micro-algas) de todo o país. Porém, os problemas que o setor vem enfrentando nas últimas décadas indicam a necessidade de estudos que integrem o problema econômico à capacidade sustentável do ambiente.

Em 1973, foram desembarcadas no RS mais de 105 mil toneladas (15% da captura nacional nesse ano). A economia pesqueira neste Estado possui a particularidade de que todas as indústrias e 95% do desembarque oceânico ocorrem na cidade de Rio Grande, localizada no estuário da Laguna dos Patos, e que possui um dos maiores portos marítimos do país, o que facilita sobremaneira a movimentação de todo tipo de embarcações.

---

<sup>4</sup> Geograficamente, o litoral tipicamente gaúcho coincide ao sul com a fronteira política do RS, o Uruguai, e ao norte estende-se até o cabo de Santa Marta, no sul do estado de Santa Catarina.

No entanto, a captura vem caindo acentuadamente nas últimas décadas. Atualmente, está por volta de 40 mil toneladas, volume semelhante ao pescado na década de 60, quando era quase toda artesanal. Além disso, não só a variedade de espécies oferecidas está diminuindo, remanescendo apenas grandes cardumes de espécies consideradas de segunda e terceira linha, como o próprio tamanho dos exemplares, o que autoriza concluir que o ritmo de extração é mais rápido do que o crescimento das populações.

A pesca artesanal foi a mais prejudicada, tendo a extração de peixes significativa redução. Talvez seja um indicativo de que a costa esteja mais explorada do que a plataforma e o talude continental, além da política adotada pelo atual governo brasileiro estar voltada para tal prática em águas profundas.

O setor pesqueiro do RS caracteriza-se pelos problemas apresentados, ou seja, possui grande relevância econômica e social, principalmente nos locais de desembarque; porém, seu ritmo vem caindo bastante nas últimas três décadas e os principais locais onde a pesca artesanal é praticada apresentam níveis consideráveis de poluentes.

Outro problema inter-relacionado com a pesca é o fato do litoral gaúcho abrigar duas colônias de leões marinhos, além de golfinhos e aves marinhas como os pingüins, os quais têm despertado no Homem o desejo de sua preservação pelo simples valor de existência ou pelo seu valor de uso indireto (obtido principalmente através do ecoturismo). Porém, consideráveis reduções nos estoques desses animais vêm sendo observadas.

Admitindo que os peixes são a principal fonte de alimentos para aves e mamíferos marinhos, não é preciso grande esforço para entender que a redução no estoque

de peixes reduz a população desses predadores, justamente para tentar manter o equilíbrio do ecossistema.

Os animais marinhos selvagens são recursos renováveis, porém esgotáveis se extraídos a uma taxa superior à capacidade de reposição natural. Em outras palavras, se pescarmos mais do que o mar pode repor, o declínio dos estoques de peixes será inevitável. O manejo de tais riquezas é um processo intrincado e requer a integração entre economia e ecologia, a fim de podermos entender melhor a complexa relação do Homem com o meio ambiente marinho exercida no esforço de pesca. A análise ecológica justifica-se porque, neste caso, a resposta do meio ambiente ao esforço de pesca terá implicações nas futuras pescarias e, conseqüentemente, na Economia.

Portanto, dada a problemática envolvida, pergunta-se: como o manejo integrado entre o setor econômico da pesca e o ecossistema marinho (não somente as espécies ou gêneros que estão sendo capturadas) pode auxiliar nas políticas aplicadas ao setor pesqueiro do RS no intuito de torná-lo sustentável?

Assim sendo, este trabalho busca analisar o setor pesqueiro marítimo do RS levando em conta aspectos sócio-econômicos e ecossistêmicos (considerando os principais gêneros e espécies envolvidas). O setor pesqueiro é visto sob dois aspectos, um com informação incompleta sobre as espécies e outro com informação completa sobre a dinâmica do ecossistema para mostrar os principais motivos que levaram ao declínio dos estoques e da pesca no Estado e de que forma isso poderia ter sido evitado.

Para que esses objetivos fossem atendidos, o trabalho foi organizado com a seguinte lógica: inicialmente o leitor é introduzido no assunto e na problemática em termos global e nacional. Como se trata de um assunto relativamente novo para a ciência econômica, torna-se necessário esse tipo de referência. O segundo Capítulo mostra os fatores influenciadores do setor pesqueiro. São divididos em dois grandes grupos:

ambientais, isto é, tipos de influências humanas sobre o ambiente marinho que afetam a pesca indiretamente e fatores políticos, institucionais e de regulação que atuam sobre o setor pesqueiro.

De posse do conhecimento do setor no mundo e no Brasil e dos principais aspectos ambientais, políticos e de regulação, o leitor é apresentado ao local, isto é, ao local de estudo deste trabalho. Portanto, o Capítulo 3 trata dos aspectos históricos, sócio-econômicos, conjunturais e ambientais da pesca marítima do RS. O Capítulo apresenta a região do estudo proposto por este trabalho e tem a responsabilidade de detalhar os motivos que levaram à realização do estudo e embasar a organização do método, das hipóteses, considerações e motivações deste trabalho.

Antes de apresentar a metodologia, o Capítulo 4 exhibe um resumo dos principais modelos bioeconômicos. A idéia é mostrar os motivos que levaram à escolha do método proposto pelo trabalho, através de uma análise comparativa com os principais modelos disponíveis na literatura. O Capítulo seguinte demonstra o modelo que foi utilizado e explica como foram obtidos e tratados os dados. O capítulo 6, que antecede a conclusão, mostra e analisa os resultados.

A idéia geral dessa organização foi embasar a análise local no RS, tendo como referência os principais agentes do cenário mundial e nacional no que se refere aos aspectos históricos e conjunturais e ambientais da pesca oceânica. Como se trata de uma área nova da economia, sentiu-se a necessidade de apresentar um resumo dos aspectos ambientais e políticos que norteiam esse setor, a fim de mostrar as principais influências externas ao setor pesqueiro. A escolha do método é sustentada por um referencial dos modelos bioeconômicos, a fim de não parecer que a escolha do método ocorreu ao acaso.

## CAPÍTULO I

---

### A PESCA MARÍTIMA GLOBAL: ASPECTOS HISTÓRICOS, POLÍTICOS E CONJUNTURAIS

Este capítulo traz os aspectos históricos, políticos e conjunturais que envolvem a atividade pesqueira em todo o mundo. Fatores como desembarque, consumo, segurança alimentar, combate à pobreza, renda e emprego, ligados ao setor pesqueiro são destacados. Na parte final do capítulo, aborda-se os fatores sócio-econômicos e conjunturais da pesca no Brasil. A finalidade é inserir o nosso foco de análise (Rio Grande do Sul) no contexto mundial e nacional para que os dados sobre o RS não fiquem sem parâmetros.

A pesca marítima faz parte das atividades humanas de subsistência desde os primórdios das civilizações. As pescarias com barcos e redes começaram, provavelmente, na China há mais de 5 mil anos. Como mostra a história, na Idade Média, os nórdicos já se aventuravam no Atlântico norte e os árabes pescavam no Mar Vermelho, no Golfo Pérsico e na costa do leste da África. Porém, como as técnicas de pescarias estão intimamente ligadas às de navegação e construção de embarcações, somente por volta de 1500 com as grandes navegações é que a pesca marítima ganhou uma nova dimensão.

Entretanto, mesmo com o grande desenvolvimento econômico e populacional<sup>5</sup> ocorrido nos últimos cinco séculos, e levando em conta que aproximadamente 75% da população da terra (em todas as épocas) vive nos litorais, somente por volta de 1950 a pesca atingiu a industrialização, utilizando barcos desenhados especificamente para esse fim e indústrias prontas para receber, processar e comercializar grandes quantidades de pescado.

---

<sup>5</sup> A população humana levou dois milhões de anos para atingir um bilhão de pessoas, fato que ocorreu no final do século XIX. Todavia, no final do século XX a população chegou a 6 bilhões. Em um século, os humanos aumentaram cinco vezes mais do que em dois milhões de anos.

Atualmente, o pescado constitui uma importante fonte de alimentos, emprego e renda em muitos países do mundo. Segundo a FAO (2002), em 2001 a produção total do setor pesqueiro chegou a 123 milhões de toneladas, o que dá um consumo *per capita* global de 20 kg e uma receita bruta de aproximadamente US\$ 100 bilhões de dólares<sup>6</sup> anuais. A pesca é responsável por aproximadamente 90 milhões de toneladas, sendo 12% nos continentes e o restante nos oceanos, o resto é fornecido pela aquíicultura, que é responsável por um quarto de tudo que é produzido, sendo 60% em cativeiros oceânicos e 40% nos cativeiros continentais. A captura oceânica com aproximadamente 80 milhões de toneladas.

Os países pobres e em desenvolvimento fornecem parte do que os países industrializados consomem. Existe uma tendência de crescimento nas importações dos países ricos, da ordem de 5% ao ano. Em 1999, os EUA aumentaram suas importações em 12% em relação a 1998, sendo o camarão o principal produto, totalizando US\$ 3.8 bilhões em importações. O Japão aumentou em 6% e a Comunidade Européia em 9% em relação a 1998, com destaque para importação de atuns.

As exportações mundiais em 1999 foram de 43 milhões de toneladas, gerando uma receita de US\$ 53 bilhões. O maior exportador do mundo é a Tailândia, que detém 8% das exportações mundiais, e o maior importador é o Japão, que importa 26% do total mundial exportado.

A partir de agora todas as referências deste trabalho são em relação à pesca de captura marinha, que é o seu alvo.

---

<sup>6</sup> Segunda a FAO (2003), o preço médio mundial do pescado está por volta de US\$ 0,8 o quilo no desembarque.

## 1.1 A pesca marítima e oceânica

A pesca marítima é aquela realizada na região nerítica<sup>7</sup>, que coincide com a parte da plataforma continental que fica submersa. A pesca oceânica ocorre na alta plataforma no talude<sup>8</sup> e no mar profundo.

Em relação à trajetória percorrida pelas capturas, a história do setor pesqueiro global tem que ser vista em duas partes, uma antes e outra depois de 1990. Na primeira fase, a trajetória da captura global era ascendente, e havia grandes áreas nos oceanos inexploradas ou moderadamente exploradas. A pesca estava em ascensão em quase todos os mares do mundo, com exceção do Oceano Polar Antártico e das baleias, que começaram a ser protegidas por leis ambientais.

Porém, nos últimos anos, existe um país que consegue influenciar as estatísticas de pesca de tal forma que é capaz de invertê-las, como é o caso da China. A captura global marinha de certa forma “estabilizou” na última década, mas com grandes ciclos de 5 a 7 anos. Porém, se retirarmos a China dos dados estatísticos, a trajetória encontra-se em queda há mais de uma década, como mostra o gráfico 1.1.

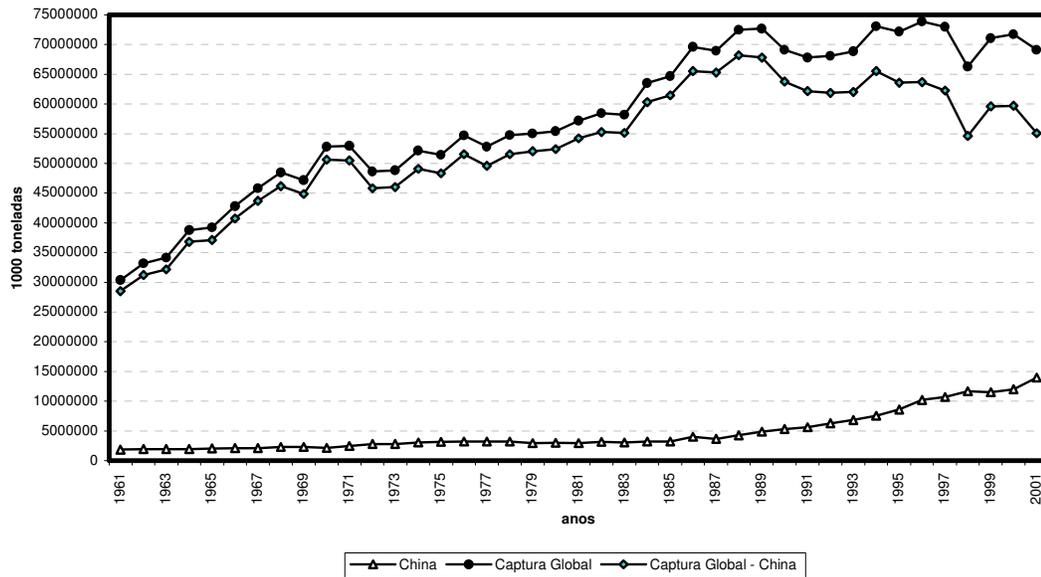
Segundo a FAO (2003), esse país tem uma larga tradição na criação de peixes, além de mandar seus barcos de pesca pelos sete mares. Ademais, há outros fatores relacionados ao custo, como a circunstância do país possuir um planejamento centralizado e contar com uma enorme população (1/5 da população do planeta). Um resumo dessa evolução da captura mundial nas últimas décadas, com e sem a China, pode ser visto conforme gráfico a seguir.

---

<sup>7</sup> Ver glossário.

<sup>8</sup> Ver glossário.

**Gráfico 1.1: Evolução da captura marítima mundial**



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO (2002).

Conforme se pode observar, a captura marinha total atingiu um pico em 1989 com 73 milhões de toneladas. Após esse período, começou um ciclo que durou 6 anos onde atingiu o nível mínimo em 1991 e voltou a subir, onde, em 1996 atingiu o maior nível histórico com 74 milhões de toneladas aproximadamente. Depois desse grande esforço de captura, começou uma queda abrupta chegando, dois anos mais tarde ao menor nível capturado desde 1985. Depois voltou a subir um pouco e, atualmente, a pesca está por volta de 68 milhões de toneladas.

Se a China for retirada da análise, a trajetória de queda se inicia em 1988 e se mantém até os períodos recentes com ciclos semelhantes ao percorrido pela trajetória das capturas totais. A China manteve praticamente o mesmo nível de captura entre 1975 e 1987, ou seja, 3,5 milhões de toneladas. Depois, iniciou uma trajetória ascendente que se estende até os dias de hoje. Atualmente, essa atividade na China está por volta de 15 milhões de toneladas.

Como mostra o gráfico 1.1, considerando-se a China, dado seu enorme esforço de pesca, a extração total marinha estabilizou por volta de 70 milhões de toneladas ao ano, mas especula-se que o início de grandes ciclos percorridos pelas trajetórias de desembarque, nos últimos 15 anos, são indícios de que a extração excedeu o nível de sustentabilidade.

## **1.2 O consumo de pescado no mundo**

Segundo a FAO (2002), o consumo de peixes marítimos selvagens cai de 16 para 13 kg *per capita* ao ano desconsiderando-se a China das estatísticas e o consumo total *per capita* (captura + aquicultura, em água doce e salgada) diminui de 20 para 13,6 kg.

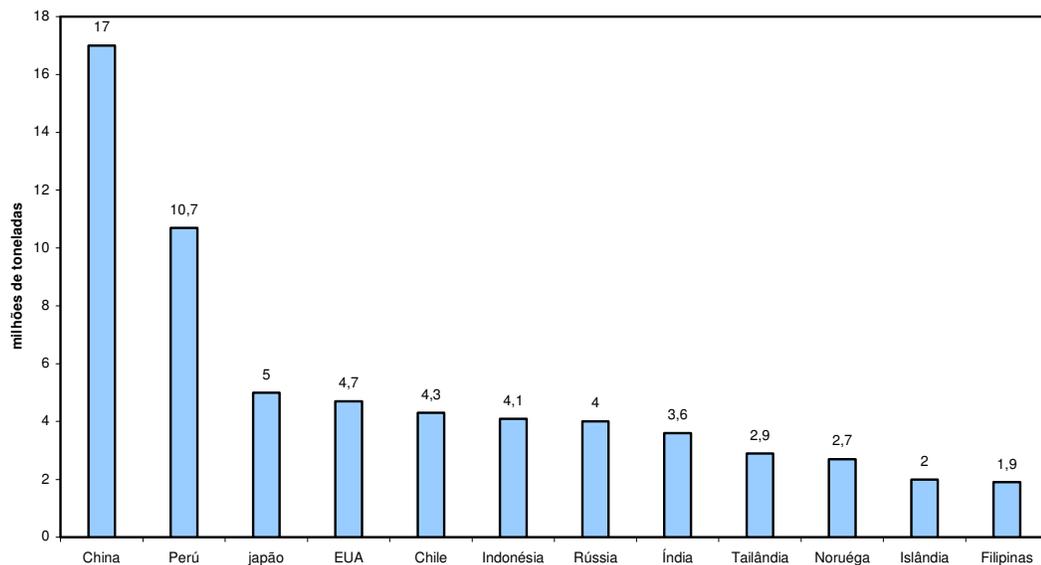
O volume consumido para alimentação aumentou de 27.6 milhões de toneladas em 1961 para 93 milhões no final do século XX e, em 1995, ultrapassou o nível de captura marinha. O consumo *per capita* vem aumentando a uma taxa média de 3.6% a.a. desde 1984, (se retirarmos a China o crescimento é quase nulo, passou de 13.1 no início dos anos 90 para 13,6 kg por habitante), enquanto a produção cresceu a uma taxa de 1.8% a.a. em média. O consumo médio aumentou de 9 kg por pessoa ao ano nos anos 60, para aproximadamente 20 kg no final do século passado, quando o gigante chinês entra nas estatísticas.

Apenas 31.3% da população mundial, incluindo a brasileira, busca no pescado menos de 10% das proteínas de origem animal que consome. Porém, 89 países enquadram-se neste nível. É surpreendente o baixo consumo *per capita* no Brasil em relação ao resto do mundo, já que o país possui um dos maiores litorais do planeta. Isso é um indicativo de possível expansão do setor.

### 1.3 O esforço de pesca no mundo

Como mostra o gráfico 1.2, os maiores pescadores mundiais são a China, que captura 17 milhões de toneladas, o Peru, com 8.4 milhões de toneladas, Japão, com 5.2 milhões de toneladas e o Chile com 5 milhões de toneladas. O Brasil extrai por volta de um milhão de toneladas ao ano (1.1 % da captura mundial), situando-se entre décimo e décimo quinto no ranking dos maiores pescadores.

**Gráfico 1.2: Ranking dos maiores pescadores**



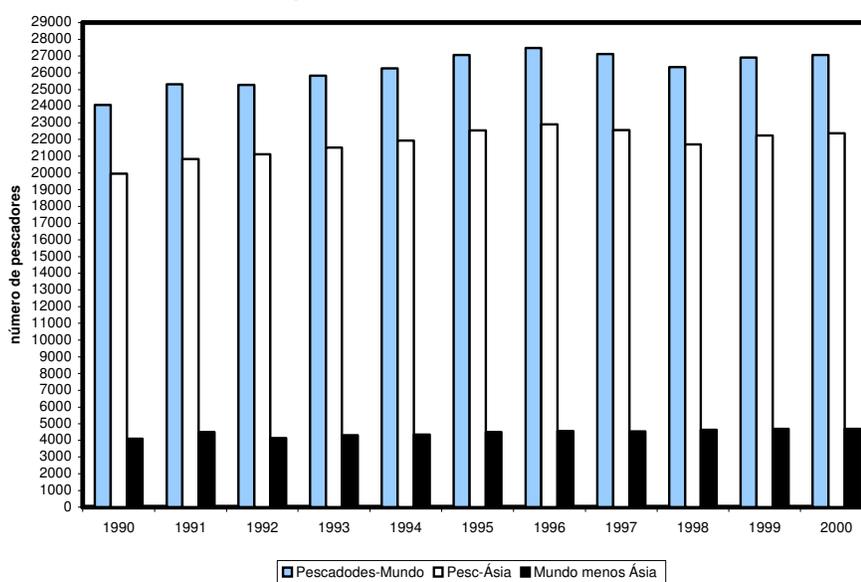
Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da FAO (2002).

Segundo a FAO 2002, existem aproximadamente 4.1 milhões de embarcações de pesca em todo mundo. Os pescadores<sup>9</sup> estão agindo dentro de suas lógicas de racionalidade individual, ou seja, se eles não realizarem a captura no maior volume e menor tempo possível, outros a farão. Portanto, quando todos agem dessa forma e os estoques acabam sendo sobreexplorados ou esgotados, a situação é levada a uma irracionalidade coletiva.

<sup>9</sup> O conceito inclui todos aqueles que praticam algum tipo de pesca, seja artesanal ou industrial.

Como mostra o gráfico a seguir, a maioria dos pescadores do mundo encontra-se na Ásia. O tamanho da população, a tradição alimentar, a presença de países com planejamento central, os baixos salários e a grande quantidade de ilhas (só na Indonésia são mais de 13000) pode explicar a enorme diferença entre o número de pescadores asiáticos comparativamente ao resto do mundo.

**Gráfico 1.3: Evolução dos pescadores no mundo, com destaque para Ásia**



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da FAO (2002).

Os pescadores fazem parte do ecossistema, de onde extraem parte das populações, são os verdadeiros predadores máximos das redes alimentares marinhas. Porém, como não se alimentam exclusivamente de animais marinhos, isso pode desequilibrar as populações de pescadores e de peixes. Se fosse um predador comum, quando a extração excedesse o nível de equilíbrio, diminuiria a comida do próximo período e a população do predador também reduziria, voltando ao equilíbrio.

O nível dos estoques pesqueiros está atrelado também a fatores ecológicos, como capacidade do ambiente, taxa de reprodução natural, entre outros. Ao não levarem

em conta esses aspectos ambientais, os níveis de captura podem estar sendo excessivos, o que pode afetar substancialmente os estoques e a biodiversidade futura em todos os mares e oceanos do mundo, com efeitos negativos para a atividade pesqueira.

Segundo a FAO (2001), a sobrepesca, o *bycatch*<sup>10</sup> e a má administração do setor levam a um desperdício de aproximadamente U\$ 15 bilhões por ano, em valores de 2001.

Desde 1989, os barcos pescam cada vez menos, o que tornou o setor pesqueiro deficitário, e gerou uma grande pressão nos governos por parte dos pescadores, referentemente a pedidos de subsídios. Em outras palavras, os governos estão contribuindo para que o nível de captura seja superior àquele determinado pelo mercado. Segundo o Banco Mundial, o setor pesqueiro marítimo necessita de subsídios na ordem de U\$ 54 bilhões anuais em todo mundo para que não opere de forma deficitária. Com isso, os governos mundiais estão estimulando a sobrepesca. Quando os custos de extração superam as receitas da pesca, pode ser um sinal do mercado que o esforço está maior do que os mares podem agüentar.

Mesmo com esse volume de subsídios, para conseguirem manter o nível atual de captura, os pescadores extraem peixes cada vez menores e mais jovens, além de aproveitarem espécies que anteriormente eram dispensadas para o consumo humano. A captura precoce desses animais reduz o número de adultos aptos à desova, prejudicando as pescarias futuras. Além disso, a explosão demográfica no litoral prejudicou os *habitats*, utilizados pela maioria dos animais marinhos para procriação e desova.

---

<sup>10</sup> Espécies que são capturadas e depois são jogadas fora, mortas, à medida que outras espécies de mais valor comercial vão sendo capturadas ou por terem a captura proibida, como é o caso dos milhões de golfinhos mortos na pesca do atum.

#### **1.4 Pobreza e abastecimento de proteínas nas comunidades de pescadores**

Um dos principais conflitos que ocorre atualmente no setor pesqueiro dá-se entre a pesca artesanal e a industrial. Os pescadores artesanais alegam que a pesca industrial está dizimando as populações locais. A máxima “os pescadores industriais vêm de longe para levar nosso peixe” é senso comum em todas as comunidades litorâneas onde se pratica a pesca artesanal.

Segundo Milazzo 1998, existem contratos de arrendamento de alguns litorais de países africanos por países da Europa. Os pescadores locais da Maurîtânia alegam que a pesca costeira diminuiu muito com a entrada de 200 barcos europeus industriais no seu litoral, e estão tendo que trabalhar como ajudantes da pesca industrial para sobreviver. A licença foi dada pelo governo em troca de perdão de parte da dívida externa do país.

Os pescadores artesanais normalmente pescam no lugar onde vivem e quase sempre fazem parte de antigas comunidades com forte apego cultural, beirando o romantismo. A renda do pescador artesanal é bem mais baixa do que a auferida na pesca industrial, sendo insuficiente, muitas vezes, até para o sustento básico, o que faz com que as comunidades dependam da pesca também para o fornecimento direto de proteínas.

Já a pesca industrial apresenta salários condizentes com o mercado, e na maioria das vezes é realizada distante do lugar de origem dos barcos, fazendo com que não exista qualquer tipo de relação dos pescadores com as comunidades costeiras, sendo que em geral os barcos não atracam nos próprios locais de pesca.

Os pescadores artesanais pescam muito menos, são mais pobres e mais vulneráveis às oscilações da pesca. Os desequilíbrios dos estoques, provocados pela sobrepesca, pelo *El Niño* ou algum outro fator climático, afetam as populações pobres de

pescadores de forma mais intensa do que os da pesca industrial. As comunidades artesanais possuem uma cultura enraizada nos locais onde praticam a pesca, desenvolveram um tipo de vida em torno desta, retiram do mar não só o dinheiro mas também boa parte da alimentação.

Os peixes capturados na pesca industrial normalmente alimentam populações que têm um poder de substituição de proteínas maior do que as comunidades de pescadores, de modo que o manejo adequado da pesca levando em conta tais diferenças é fundamental para o combate à fome nas zonas costeiras do mundo. A tabela a seguir mostra o número de trabalhadores pobres do setor pesqueiro por continentes. Foram excluídos os trabalhadores do setor de aquíicultura e da pesca de águas profundas, bem como os do continente europeu e da América do Norte e Central.

**Tabela 1.1: Número de pescadores pobres, por região e por tipo de pesca**

<b>Pescadores com menos de US\$1 ao dia</b>	<b>África</b>	<b>América do Sul</b>	<b>ÁSIA</b>	<b>Oceania</b>	<b>Ex-URSS</b>	<b>Total</b>
<b>Continental</b>	279598	2583	514023	0	0	796203
<b>Costeira</b>	122119	10148	95837	458	1331	219892
<b>Oceânica</b>	112875	43867	551133	13515	0	721390
<b>Sem especificar</b>	320733	40716	3660428	0	0	4021876
<b>Postos afins</b>	2475974	291940	14646262	41916	3993	17278097
<b>Total</b>	3301299	389254	10285683	55889	5324	23137449

Fonte: FAO, 2002.

Caracteriza-se como pobre aquele pescador que vive com menos de US\$1,00 por dia. Chama a atenção que na América do Sul o número de pescadores pobres na costa é maior do que no continente, enquanto na Ásia e África é o contrário. No caso da pesca marítima, que é o alvo deste trabalho, existe quase um milhão de pescadores pobres em todo o mundo, sem considerar os postos afins, como carregadores de gelo e ajudantes em geral, fato que elevaria sobremaneira o número de pobres envolvidos.

## 1.5 Políticas e gestão internacional no setor pesqueiro

As Nações Unidas através da FAO é o principal órgão mundial que mantém vários tipos de programas e atividades referentes à pesca. As principais linhas de atuação consistem em desenvolver estatísticas confiáveis em relação à atividade pesqueira em seus países-membros, orientar os países quanto às possibilidades e limites da atividade pesqueira, sempre com o intuito de garantir o fornecimento de proteínas vindas da pesca.

Em 1995, a FAO aprovou o código de conduta para a pesca responsável, primeira ocasião em que se destacou o enfoque ecossistêmico na análise da pesca e se tratou das intervenções na atividade pesqueira de forma relevante. O código estabelece princípios e normas internacionais para a aplicação de práticas responsáveis com o intuito de assegurar a conservação, a gestão e o desenvolvimento eficaz dos recursos marinhos vivos, com o devido respeito ao ecossistema e a biodiversidade.

Em tal normatividade são feitas muitas referências à necessidade de conservação dos ecossistemas por questões de segurança alimentar desta e das futuras gerações. Segundo o mesmo código *“os países devem desenvolver e aperfeiçoar as artes da pesca, no sentido de torná-las seletivas e ambientalmente seguras a fim de manter a biodiversidade e conservar a estrutura das populações e dos ecossistemas aquáticos”*.

Em relação aos outros impactos humanos sobre os ecossistemas marinhos, *“as medidas de conservação deveriam encaminhar-se para a conservação da biodiversidade, a consideração dos impactos ambientais e a redução ao mínimo de efeitos prejudiciais como contaminação, descartes, entredimento das redes alimentares das espécies alvo da pesca bem como suas relações com as outras espécies”*.

Os fundamentos do código foram assinados por 95 chefes de estado na Conferência Internacional sobre a Contribuição Sustentável da Pesca para a Segurança Alimentar realizada em *Kyoto* no Japão, em dezembro de 1995. Os países declararam

encaminhar políticas baseadas em estratégias de ordenação sustentável dos recursos marinhos vivos, utilizados pelo setor pesqueiro, com as seguintes premissas:

- 1) Manutenção dos ecossistemas marinhos;
- 2) Uso de dados científicos nas políticas de pesca;
- 3) Melhoria do bem-estar econômico e social dos pescadores;
- 4) Equidade entre as gerações e dentro de cada geração (altruísmo inter e intrageracional).

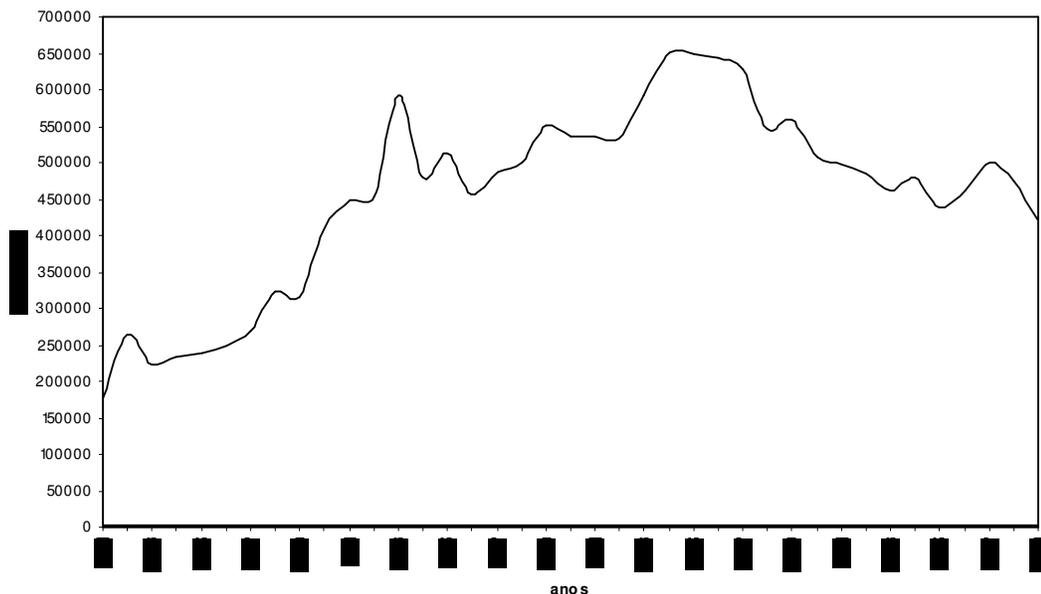
A FAO tem realizado anualmente um fórum mundial sobre pesca e aquíicultura na cidade de Sófia na República Tcheca, onde são reunidas todas as informações conjunturais e políticas sobre a atividade pesqueira no mundo no ano corrente e são debatidas as tendências para o setor. Nos últimos dois anos a FAO, preocupada com a crescente pressão sobre a pesca marítima mundial, iniciou outro fórum paralelo ao de Sófia, em *Reickjivik*, para debater os impactos ambientais de tal atividade sobre o meio-ambiente marinho e as conseqüências para as futuras pescarias.

## **1.6 A pesca marítima no Brasil**

O Brasil possui um litoral de 8400km de extensão e uma plataforma continental com 822800km<sup>2</sup>. A zona econômica exclusiva (ZEE) chega a 4,5 milhões de km<sup>2</sup> e o Brasil possui direito exclusivo de exploração nessa área.

As capturas marítimas totais no Brasil percorrem uma trajetória ascendente até 1985 e depois inicia a sua trajetória de queda, como mostra o gráfico a seguir.

**Gráfico 1.4: Captura marítima histórica no Brasil**

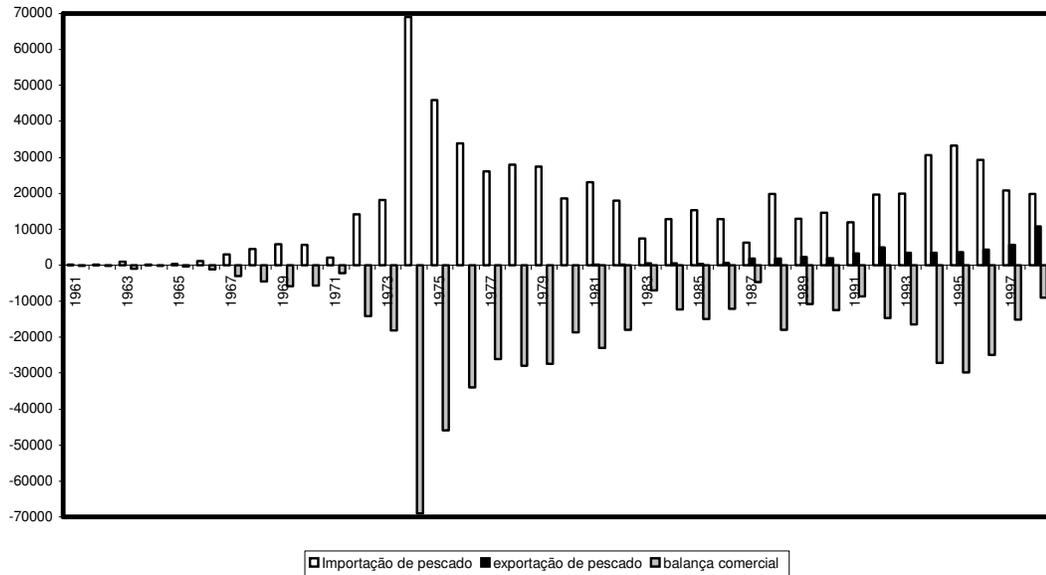


Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da FAO (2002).

A máxima captura histórica foi em 1984 e em 1999 atingiu o menor nível capturado desde 1970. No Brasil, o setor pesqueiro gerou 1,4 milhões de empregos diretos e indiretos, e uma produção cujo valor bruto superou US\$ 1,5 bilhões, em 2000. O percentual do PIB ainda é muito pequeno, porém, a sua importância como fornecedor de alimentos e empregos nas áreas litorâneas é relevante.

As importações chegaram em 2000 a 195 mil toneladas, ficando as exportações em 57 mil toneladas, o que indica uma necessidade do mercado interno na ordem de 600 mil toneladas por ano. O Gráfico 1.5 mostra o histórico do saldo comercial do setor pesqueiro do Brasil com o resto mundo.

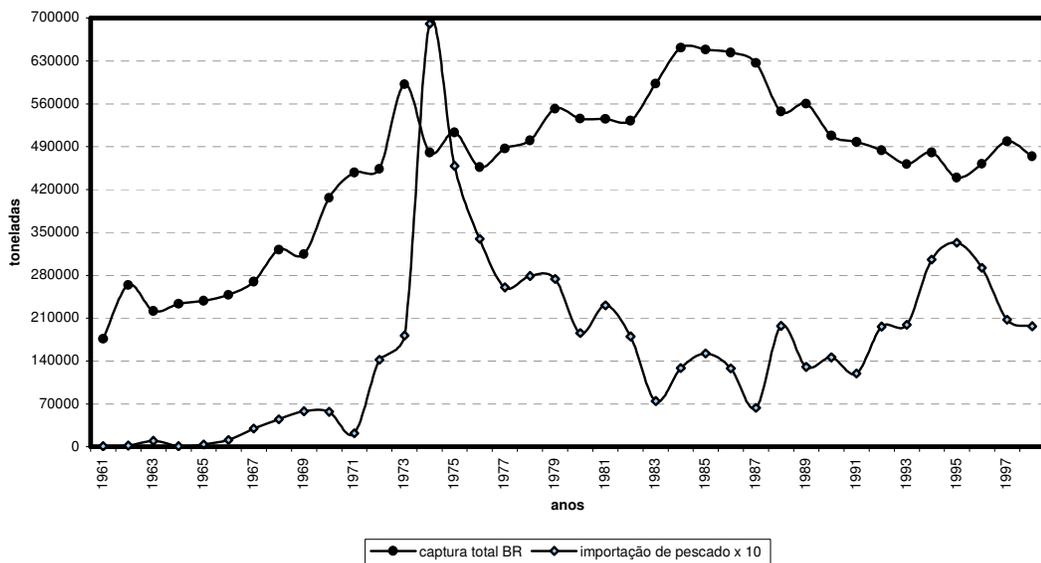
**Gráfico 1.5: Saldo da balança comercial do setor no Brasil (R\$ de 1999)**



Fonte: FAO, 2003.

O Brasil importa para suprir as necessidades internas. Nota-se que a partir de 1975 a importação é inversamente proporcional à captura, como mostra o Gráfico 1.6.

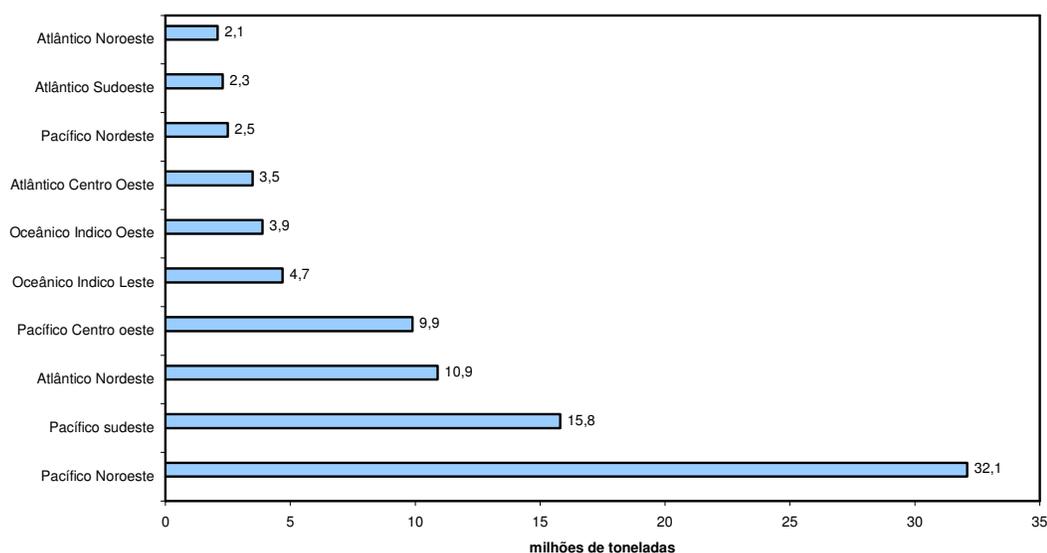
**Gráfico 1.6: Captura total e importação de pescado no Brasil**



Fonte: Elaboração própria, com base em dados da FAO (2002).

O Brasil, apesar de ter um litoral muito grande, tem uma captura pouco expressiva se comparado por exemplo com o Peru e com o Chile, porém alguns aspectos devem ser considerados para o melhor entendimento do problema. O mar brasileiro localiza-se no oceano Atlântico sudoeste (marcado em preto no gráfico a seguir), uma das regiões com menor nível de captura do mundo, apenas 2,3 milhões de toneladas, o Peru e o Chile ficam no Pacífico sudeste, uma das regiões de maior captura, com 15,8 milhões de toneladas por ano, como podemos ver no Gráfico 1.7.

**Gráfico 1.7: Maiores áreas de pesca por volume capturado**



Fonte: FAO, 2003.

A plataforma continental brasileira é muito rasa, fato que impede a ressurgência<sup>11</sup>, como ocorre no Peru e no Chile. Estes países têm uma fossa oceânica em todo seu litoral a pouco mais de 200 metros da costa, onde a profundidade chega a 4000m. Este fato aliado à corrente de Humboldt, que traz águas geladas e riquíssimas em nutrientes da Antártica, é o principal responsável pelo elevado estoque de peixes e de vida marinha nesses países. Essa corrente é tão rica que sem ela praticamente não existiria vida nas ilhas

<sup>11</sup> Fenômeno natural que traz nutrientes de águas abissais (> que 2000 metros de profundidade).

Galápagos no Equador. Essas circunstâncias tornaram o Peru e o Chile, respectivamente, segundo e quinto no *ranking* dos principais países pescadores do mundo.

No Brasil, a ressurgência ocorre no Rio de Janeiro, que possui uma das áreas mais profundas do nosso litoral, e, além disso, a corrente das Malvinas traz águas geladas e ricas em nutrientes, mas vai somente até o Rio Grande do Sul.

Como foi visto, a China é disparado o país que mais pesca no mundo. Porém é difícil de se comparar com um país com 1.3 bilhões de habitantes e um regime diferente do que conhecemos, ou seja, onde os parâmetros de escolha são diferentes e os custos de oportunidade podem não ser levados em conta em alguns casos. O Peru e o Chile são os maiores pescadores sul-americanos. Neste caso a explicação é evidente, estes países localizam-se em frente a fossa peruana por onde passa a corrente de *Humboldt*. Para se ter uma idéia do que isso significa, a referida fossa começa no sul do Chile e vai até o Equador com uma profundidade de até 4.000 metros bem próximo da costa desses países. Nessa enorme fenda passa a corrente de *Humboldt* que traz águas geladas e cheias de vida marinha da Antártica. O fim dessa corrente propicia a vida marinha nas exuberantes ilhas Galápagos. Além disso, dada a grande profundidade, ocorre o fenômeno de ressurgência, trazendo comida das profundezas para as superfícies.

Os fatos acima relatados podem explicar a enorme diferença de captura destes países em relação ao Brasil.

## CAPÍTULO II

---

### FATORES INFLUENCIADORES DA ATIVIDADE PESQUEIRA

Este capítulo aborda as principais formas de interferência do Homem nos oceanos e mares que, direta ou indiretamente, interferem nas pescarias. As ações humanas são divididas em dois grupos: as que interferem no ecossistema marinho diretamente e, portanto, indiretamente na pesca e as que regulam politicamente a atividade pesqueira e portanto possuem, também, uma ação indireta sobre o meio marinho.

O primeiro grupo é formado pela própria pesca, pela poluição e a degradação do ecossistema marinho e costeiro. No segundo grupo, destacam-se as formas de regulação e os subsídios governamentais. Por fim, são mostradas algumas experiências de países que servem de referências positivas e negativas de ações e políticas realizadas.

#### 2.1 Os impactos sobre o meio ambiente

Os oceanos e mares cobrem 71 % de toda a superfície do planeta e são povoados em todas as profundidades, porém com uma distribuição bastante desigual. A zona nerítica (região costeira com no máximo 150 metros de profundidade) abriga 92% de tudo o que é pescado. Como se vê, os mares são gigantes, mas a zona onde vive a maior parte dos animais marinhos que interessam à pesca é uma pequena área de toda essa extensão.

Os oceanos contêm grandes quantidades de animais e plantas que podem ser utilizados como alimentos e insumos industriais. Atualmente, a maior parte (aproximadamente 60 % segundo a FAO 2001) da extração é feita por grandes barcos com

capacidade superior a 100 toneladas, que utilizam os mais modernos equipamentos para localização e armazenagem dos cardumes.

Os peixes figuram as espécies mais ameaçadas de extinção. No mar do Norte, espécies como o bacalhau, arenque, cavala e salmão só não se extinguiram porque normas bastante rígidas foram implantadas na pesca do local. Esse nível de extração já está causando sérios danos à vida marinha, em especial porque os peixes são os elos principais entre os alimentos básicos como os plânctons, algas e pequenos organismos com os predadores maiores como tubarões, golfinhos e leões marinhos.

A quebra desse elo provocará profundas mudanças na estrutura do ecossistema dos oceanos. No capítulo seis pode ser visto que quando a captura atinge um certo nível acima da estabilidade, os ciclos de extração aumentam e as extrações não percorrem uma trajetória estável, isto é, com uma variância pequena e convergindo para algum ponto.

Todos os animais e matérias orgânicas que se encontram nos mares estão ligados entre si por relações alimentares. A matéria orgânica produzida pelos fitoplânctons é consumida por animais herbívoros, que são consumidos por animais carnívoros, que, por sua vez são devorados por carnívoros de ordens superiores.

Segundo *Lacazze* (1996), o elemento chave é a capacidade dos vegetais marinhos, dotados de pigmentos clorofílicos, de utilizar a energia solar para realizar a síntese das moléculas orgânicas a partir de compostos minerais simples. A partir desse processo começa a cadeia alimentar, que termina com maiores predadores.

A poluição e a degradação dos ambientes costeiros são outros fatores antropogênicos que afetam os oceanos porque diminuem os pontos de desova das espécies marinhas e, dependendo, pode tanto empobrecer o ambiente quanto superenriquecer de nutrientes a ponto de diminuir a quantidade de oxigênio para os peixes, além de emitirem

substâncias venenosas, provocando as perigosas marés coloridas. Esses processos afetam diretamente as populações de crustáceos, moluscos e peixes menores e indiretamente todo o ecossistema marinho.

### ***2.1.1 Pesca oceânica***

Para entendermos a ação do Homem sobre os ecossistemas oceânicos através da pesca, é necessário que façamos algumas suposições iniciais. Admita que as populações dos seres marinhos encontravam-se em equilíbrio antes da intervenção humana através da pesca em larga escala e da poluição e degradação do meio-ambiente.

Por simplificação, suponha que existem apenas três espécies no ecossistema: 'A' se alimenta de 'B' que se alimenta de 'C'. Caso a população de B aumentasse por algum motivo qualquer, inicialmente a população de A aumentaria por ter mais comida e a população de C diminuiria por ser mais capturada. Em um segundo momento, a população de B diminuiria por excesso de predadores e falta de presas, já que a população de A aumentaria e a de C diminuiria, restabelecendo o equilíbrio original.

Para entendermos o efeito da pesca, admita que a espécie 'B' começa a ser capturada pelo Homem. Inicialmente 'B' teria a sua biomassa (número de indivíduos multiplicados pelo peso individual) reduzida, com isso faltaria alimento para a espécie 'A' que também teria sua biomassa reduzida. A espécie 'C' aumentaria de tamanho pela diminuição do seu predador 'B'.

Numa segunda etapa, 'B' não voltaria para o equilíbrio, porque um dos seus principais predadores (o homem) não morreria por falta de peixes (pelo menos a ponto de reduzir a captura e permitir o aumento de B). Quando a espécie *B* estivesse próxima da extinção, 'A' poderia se alimentar de 'C', assim como o Homem poderia começar a capturar

tanto 'A' como 'C' ou os dois. Enfim, a tendência é um achatamento na pirâmide das populações até a extinção de várias espécies.

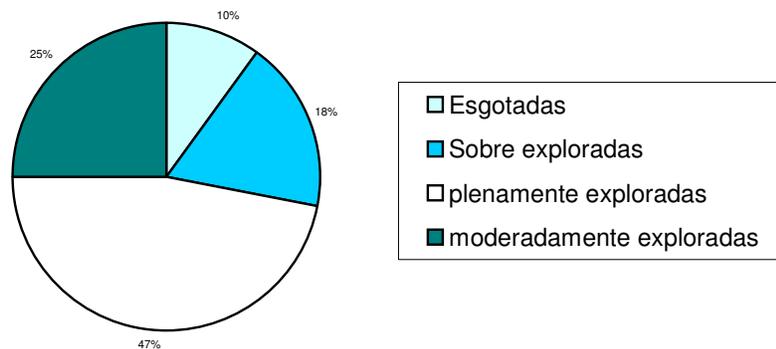
O comportamento das espécies também depende da taxa de reprodução de cada uma, das relações alimentares com as outras espécies e da capacidade que a população tem para crescer dependendo das características físico-químicas e orgânicas dos ambientes em que vivem. Os tubarões, por exemplo, possuem uma taxa de reprodução mil vezes menor do que a maioria dos outros peixes, os mamíferos têm uma taxa ainda menor.

Segundo a FAO (2001), o volume de peixes selvagens capturados nas últimas décadas está levando muitos estoques marinhos ao esgotamento. Praticamente todas as espécies estão sendo capturadas sem qualquer tipo de regra. Existe um consenso entre cientistas e gerentes do setor pesqueiro, no sentido de que os estoques estão sendo explorados de forma insustentável (estima-se uma sobrepesca de 30%).

A pesca, dependendo da quantidade extraída, pode comprometer a vida não só das espécies capturadas mas como das que lhes são dependentes. A maioria dos animais marinhos de médio porte (com exceção dos que comem plâncton e crustáceos como as baleias e o tubarão baleia, e dos que evoluíssem nesse sentido) seria extinta se os peixes se extinguissem.

Porém, a definição do que seria caracterizado como sobrepesca ou pesca predatória é muito difusa. Fala-se muito sobre os termos, mas não se define tecnicamente o que é sobrepesca. A FAO classifica os ambientes em esgotados (E), sobreexplorados (SE), plenamente explorados (P) e moderadamente explorados (ME). O estado das regiões de pesca segundo a análise da FAO pode ser visto no gráfico 2.1.

**Gráfico 2.1: Situação das zonas de pesca monitoradas pela FAO**



Fonte: FAO, 2003.

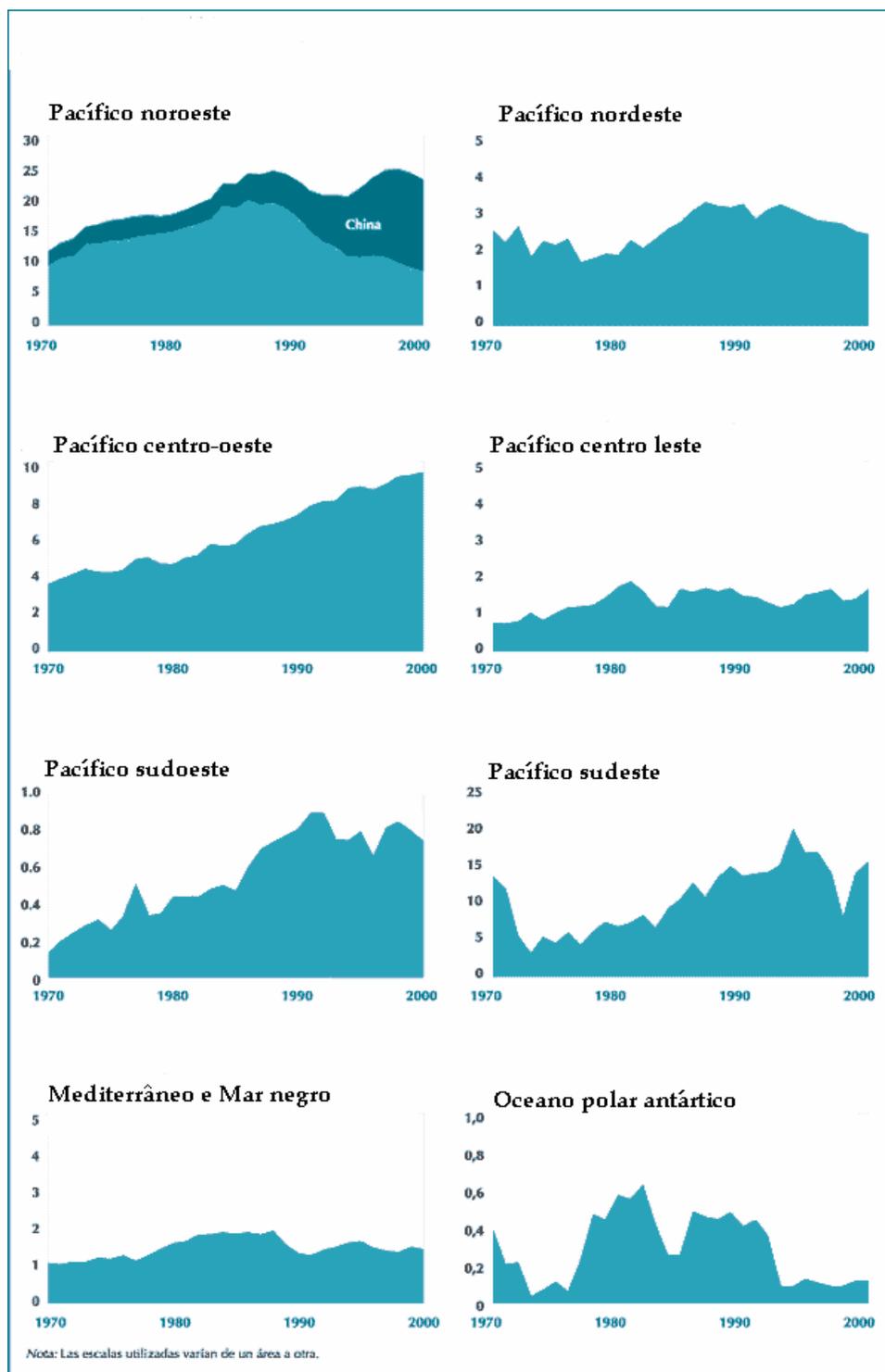
Segundo a FAO (2001), a expansão do setor pesqueiro poderá ocorrer apenas em 25% das zonas. Como mostra o gráfico 2.1, quase 30% das áreas de pesca estão sobreexploradas ou esgotadas e quase 5% de todos os mares estão no limite de exploração.

Quando um recurso se esgota economicamente, pode ser que sua extinção biológica não tenha ocorrido de fato, mas os indivíduos são tão poucos que a exploração é inviável. Em relação aos conceitos de moderadamente e plenamente explorados, estes são definidos pela trajetória do estoque como um todo, ou por uma única espécie alvo. Se a trajetória for ascendente, a exploração é considerada moderada; se for horizontal, é porque a oferta dos mares chegou ao limite.

Para fins deste trabalho, sobrepesca significa que a extração no tempo presente é tal que não permitirá, com o mesmo esforço, se obter no futuro, o mesmo nível de retirada. Isso significa que a extração excedeu o nível de crescimento da população (o lucro anual do estoque), e portanto o que restou não gerará o mesmo crescimento do passado.

Existem, porém, zonas bem mais exploradas do que outras. A Figura 2.1.(a) e (b) a seguir mostra a trajetória das capturas em todos os oceanos e mares:

**Figura 2.1.(a):** Trajetória de captura no oceano Pacífico, mar Mediterrâneo e Negro



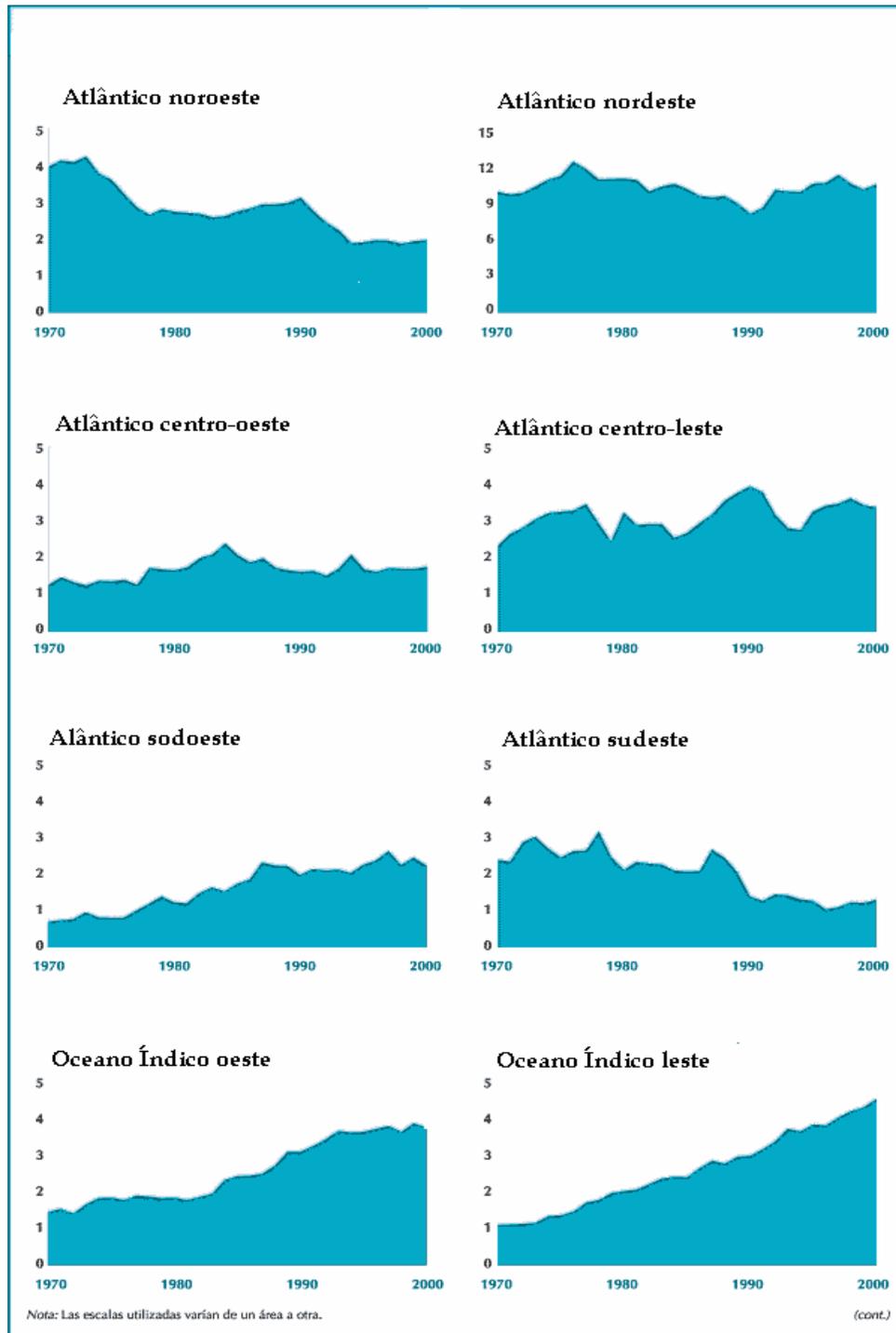
Fonte: FAO, 2003.

Para uma análise mais detalhada, as trajetórias podem ser divididas em antes e depois de 1990. Antes de 1990, praticamente todas as trajetórias eram ascendentes ou constantes. A partir disso, a história muda. O pacífico norte (nordeste e noroeste), onde se localizam a China o Japão e os EUA, mostra uma queda na captura nos últimos 13 anos.

O Pacífico sul (sudeste e sudoeste), onde se localizam o Chile e o Peru, também está em queda nos últimos anos. Chama a atenção o tamanho do ciclo de captura no Pacífico sul. Segundo as simulações do capítulo 6, isso indica que o esforço de pesca sobre os peixes, principalmente, está muito alto. Porém, a queda abrupta observada no Pacífico sudeste no ano de 1998, ocorreu por causa do fenômeno *El niño*, que teve grande influência sobre os estoques de anchova do Peru e do Chile.

O Pacífico centro-oeste é o único que mostra uma trajetória ascendente nas últimas três décadas. Isso se deve em parte ao enorme esforço da Tailândia e às técnicas utilizadas. Esse país realiza capturas que são contestadas pelos ambientalistas por serem muito agressivas ao ambiente, para capturar peixes e outros animais escondidos principalmente em arrecifes de corais, são utilizadas bombas de dinamite e venenos para espantar ou matar os animais e depois capturá-los.

**Figura 2.1.(b): Trajetória de captura nos oceanos Atlântico e Índico**

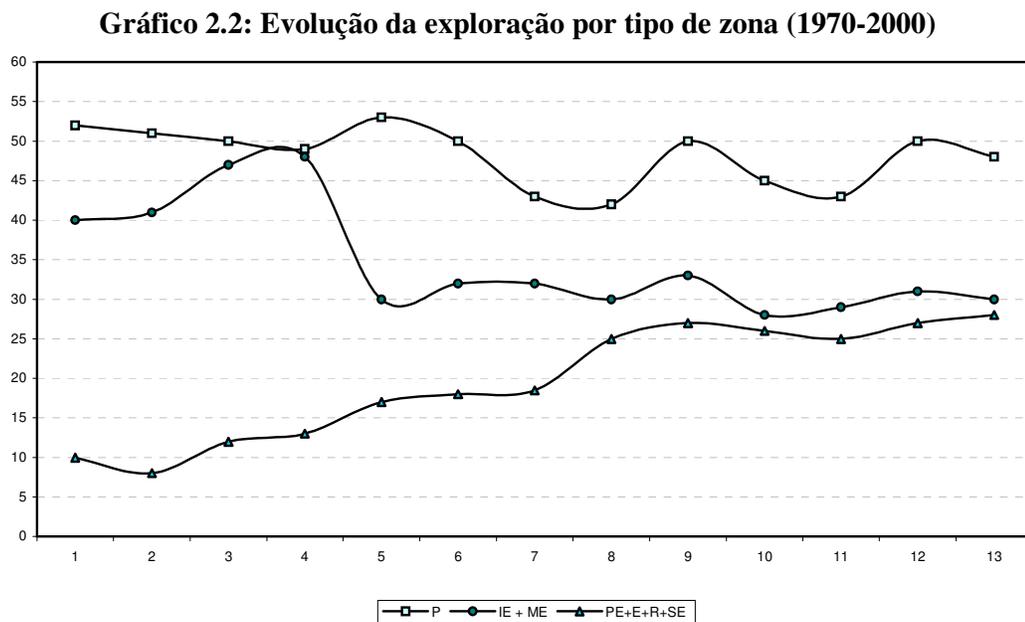


Fonte: FAO, 2003.

O oceano Atlântico apresenta as piores situações na parte noroeste e sudeste onde se localizam os EUA e litoral oeste africano.

O oceano Atlântico nordeste, onde se localiza a Europa, mantém o nível de captura próximo ao de 1970 quando começaram as medições. O oceano Índico demonstra uma trajetória ascendente nas últimas três décadas, apresentando ainda boas possibilidades de exploração. O Atlântico sudoeste, onde se localiza o litoral brasileiro, a trajetória das capturas mostra indícios de que ainda não foi atingido o limite de exploração nessa área.

À medida que a demanda por pescado aumenta, a pressão sobre os estoques cresce, e as zonas vão passando de insuficientemente exploradas (IE) para medianamente explorados (ME), plenamente exploradas (P) e depois para sobre exploradas (SE) ou esgotadas (E). As zona plenamente exploradas se mantém mas os ciclos estão aumentando. O tempo de esgotamento depende do esforço de pesca e da dinâmica das populações de cada local. O gráfico a seguir mostra a evolução histórica da exploração.



Fonte: FAO.

Note que as zonas esgotadas, plenamente exploradas e sobreexploradas estão crescendo e as zonas pouco exploradas estão diminuindo. Segundo a FAO 2002, a frota passou de 816.700 barcos profissionais em 1980, para 4.100.000 barcos, em 2002, sendo que o número de grandes embarcações (com capacidade superior a 50 toneladas de peixes nos porões) aumentou de 18.217 para 23.718 no mesmo período. Mesmo o esforço de pesca tendo aumentado mais de quatro vezes nos últimos vinte anos, o acréscimo da captura nesse período, quando ocorreu, foi bem mais modesto.

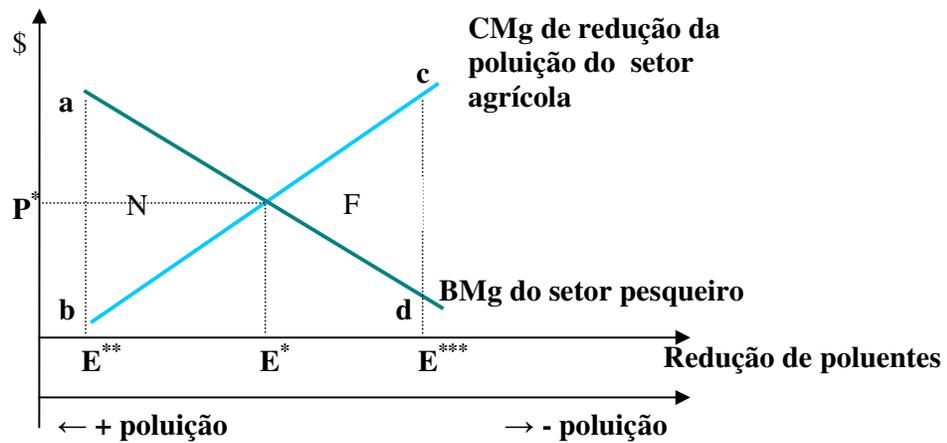
Nos 9198 km do litoral brasileiro, ocorrem praticamente todos os tipos de pesca oceânica: do jangadeiro, ainda encontrado no nordeste, e as grandes embarcações estrangeiras, com capacidade para mais de 100 toneladas, que estão atuando no mar territorial brasileiro graças a permissões dadas pelo Governo para arrendamento de barcos estrangeiros, principalmente de bandeira espanhola.

### ***2.1.2 Poluição no ambiente marinho***

A poluição afeta o ambiente marinho e, indiretamente, a pesca. Iremos agrupá-la em grandes categorias: química (hiperfertilização, substâncias tóxicas), biológica (micróbios, espécies trazidas de outros lugares) e física (poluição térmica, radiativa, petrolífera e sedimentar).

O gráfico a seguir ilustra, a título de exemplo, o efeito de uma externalidade negativa colocada pelo setor agrícola sobre o pesqueiro.

**Gráfico 2.3: Nível de equilíbrio com controle de externalidade**



Fonte: Elaboração própria.

Se o direito de emitir fosse dado ao setor agrícola, ele lançaria emissões no nível  $E^{**}$ , ou seja, o maior possível. Nesse ponto, o benefício que o setor pesqueiro teria se a redução de uma unidade ocorresse, seria igual a (a), e o custo que o setor agrícola teria de reduzir essa unidade de poluição seria igual a (b). Portanto, a distância (a-b) é o prejuízo social caso a redução não ocorra. O ideal seria que o setor pesqueiro reduzisse para  $E^*$ , que é o ótimo social. A partir disso, o custo da redução dos poluentes pelo setor agrícola é maior que o benefício gerado ao setor pesqueiro. Os triângulos N e F representam as perdas sociais nos dois casos.

Como não existe um controle sobre as externalidades, o setor agrícola emite o mais próximo de  $E^{**}$ , aumentando N, isto é, o custo externo imposto à pesca pelo agrícola.

Com base em *Lacazze* (1996), os principais grupos de poluentes são detalhados a seguir:

- **Poluição química:**

**Hiperfertilização:** a fertilização excessiva das águas por sais nutritivos (principalmente azoto e fósforo) e por materiais orgânicos (descargas de resíduos urbanos, industriais e agrícolas) é chamada de eutrofização. Trata-se de uma forma em plena extensão que atinge todo o planeta. Ela provoca a proliferação de algas consumidoras de O<sub>2</sub>, causando a desoxigenação da água e produção de toxinas como hidrogênio sulfúrico, amoníaco e metano, bem como agregados mucosos, fatores muitas vezes catastróficos para a vida marinha e, conseqüentemente, para pesca.

Outro problema é a superproliferação de plânctons vegetais, causadores das temidas marés coloridas. Isso pode ocorrer por inúmeras causas, tais como: emissão de fosfato pelas indústrias, utilização de fertilizantes próximos ao mar e falta de predadores para as algas, entre outros.

**Substâncias Tóxicas:** no início dos anos 80, cerca de 70 mil diferentes moléculas eram objeto de utilização industrial descontrolada e sem estudos ecotoxicológicos. Estes poluentes compreendem as substâncias orgânicas de síntese ou compostos xenobióticos, isto é, produtos criados pelo Homem. Os principais poluentes são os metais como mercúrio, cádmio, chumbo e arsênico. Essas substâncias são introduzidas nos mares e oceanos através dos rios, pela atmosfera ou por via direta.

No Japão, entre 1956 e 1967, o mercúrio contaminou a Baía de Minamatta, matando 850 pessoas e deixando mais de 20000 com sérios problemas neurológicos.

Atualmente, 3400 compostos de síntese são comercializados para fins fitosanitários, como pesticidas, fungicidas e inseticidas como DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) e os PCB (policlorodifenilos). Trata-se de poluentes muito nocivos às redes alimentares e são insolúveis em água, isto é, não são biodegradáveis ou químicamente degradáveis, tornando-se altamente cancerígenos. Alguns animais marinhos como a ostra,

por exemplo, acumulam DDT a uma taxa cem mil vezes mais elevada do que a água do mar.

O petróleo é uma substância química poluente, porém biodegradável, isto é, com o tempo as bactérias e outros organismos o tornam inofensivo para vida marinha. Antigamente, os desastres ambientais provocados pelo derramamento de petróleo eram tratados com detergentes, contudo estes causavam mais mal do que o próprio petróleo. Hoje em dia, ocorre apenas o monitoramento e a retirada da mancha quando ela atinge alguma área de risco.

- **Poluição biológica:**

Os principais poluentes biológicos são os vírus e as bactérias patogênicas, causados, em especial, pelos dejetos humanos que são despejados no mar por emissários submarinos ou carregados pelos rios para os mares e oceanos. O maior risco está no consumo de conchas cruas, que se alimentam filtrando água em um volume até 600 vezes o seu peso por hora.

Outro tipo de poluição biológica dá-se pela introdução de organismos estranhos nos ecossistemas. Com mais de três mil espécies animais e vegetais em deslocamento diário nos reservatórios dos navios e aviões, com centenas de culturas marinhas e outras tantas espécies sendo transportadas a toda hora pelo mundo, não é de se espantar que sejam encontradas espécies intrusas em muitos ecossistemas.

Esse tipo de poluição biológica é muito comum e pode chegar, no caso extremo, de a nova espécie adaptar-se tão bem que expulse as que até então ali viviam.

Há casos como o de uma alga chamada *caulerpa*, que implantada apenas em 1984 tende a colonizar todo o noroeste do mediterrâneo, causando um desastre ambiental de grandes proporções, com enormes prejuízos para os pescadores da região.

No mar de Azov e no mar Negro, ocorreu uma superproliferação de um plâncton gelatinoso, cuja biomassa total é avaliada em centenas de milhões de toneladas. Em decorrência, as populações de zooplânctons declinaram rapidamente, implicando a queda acentuada das grandes pescas de anchova da Rússia, da Ucrânia, da Bulgária, da Romênia e da Turquia.

- **Poluição física:**

Diversas poluições alteram o meio ambiente marinho pela sua natureza física. Destacamos os materiais em suspensão, os afluxos de água doce, os macro detritos, o aquecimento das águas pelos gases de efeito estufa e as radiações ionizantes provocadas por testes nucleares submersos (muito utilizados atualmente para não repercutir negativamente entre os ambientalistas).

Alterações no curso dos rios, a lavagem do solo causada pelo desflorestamento e os detritos urbanos produzem uma grande movimentação de partículas. A turbidez da água dificulta a penetração de luz, afetando a produção de fitoplâncton e, conseqüentemente, toda a rede alimentar. A acumulação de detritos no fundo é perigosa para os organismos bentônicos (que vivem no fundo) que são esmagados e sufocados.

Materiais plásticos e todo tipo de lixo prejudicam os animais marinhos e, decorrentemente, a pesca. Além disso, as partículas físicas são as principais condutoras de poluentes fertilizantes. Outro tóxico físico (cobre de visco), que também é químico (ação tóxica), é o petróleo. As estimativas indicam que quatro milhões de toneladas são derramadas nos oceanos a cada ano, causando irreparáveis danos à vida marinha e à pesca, além de enormes custos de limpeza.

### ***2.1.3 Degradação ambiental***

Destacamos dois pontos principais da degradação ambiental que podem influenciar na pesca oceânica: urbanização descontrolada dos litorais e assoreamento dos rios que deságuam nos oceanos.

**A urbanização dos litorais:** dos mais de 6 bilhões de habitantes do planeta, 75% vivem nos litorais. As residências, as fábricas e as áreas agrícolas aproximam-se cada vez mais da costa. Os motivos causadores desse quadro não fazem parte desta discussão, mas sim suas conseqüências para o ambiente marinho e para a pesca.

Além dos três tipos de poluição citados anteriormente, as construções na costa provocam duas sortes de problemas: impedem a troca de areia entre o mar e o continente, provocando a erosão marinha. Isso faz com que os marismas e os mangues (berçários naturais de muitas espécies e fornecedores de nutrientes para os oceanos) fiquem alagados com água salgada. Os aterramentos (para construção) dos mangues ou sua utilização inadequada (para portos e cativeiros) empobrece o ambiente marinho e diminui as áreas de procriação de muitas espécies, trazendo conseqüências catastróficas para toda a cadeia alimentar.

**Assoreamento dos rios:** os rios também são fornecedores de nutrientes para os mares, e sua utilização indevida também tem implicações na pesca marítima. Além de conduzirem os três tipos de poluição citados para os mares, a destruição das suas margens provoca o seu aterramento parcial, levando grande quantidade de sedimento para o mar, o que ocasiona idêntico fenômeno nas áreas costeiras.

O assoreamento reduz a profundidade dos rios e a distância entre as margens, diminuindo o volume e a força da água que passa pelo leito. Desse modo, os rios acabam perdendo a queda de braço com o mar e, ao invés de desaguarem nos oceanos, é a

água salgada que entra por seu leito continente à dentro. fato que altera todo o ambiente do estuário ou delta e influencia a pesca nesses locais, onde normalmente se localizam comunidades de pescadores artesanais.

Igualmente, as usinas hidroelétricas, a fim de produzirem energia, subtraem parte da força dos rios.

## **2.2 Os efeitos das políticas públicas**

Na presente seção, são abordados os conceitos teóricos da teoria de decisão de fundamentação microeconômica como bens públicos, direito de propriedade e externalidades e as principais políticas públicas que os governos podem aplicar ao setor pesqueiro, como regulação e subsídios. Aqui se discute a necessidade de suas políticas e faz-se uma avaliação crítica de algumas medidas controversas, como a concessão de subsídios aos pescadores.

Os mares e oceanos do mundo são áreas comuns da humanidade, e no caso específico das 200 milhas costeiras, são regiões comuns à população residente no país. Nas águas internacionais não existe qualquer tipo de direito de propriedade estabelecido. Já nas 200 milhas, os Estados são responsáveis pelas áreas correspondentes aos seus territórios, mas não restringem a entrada de residentes nesses locais.

Nas regiões internacionais dos oceanos, vale a lei do país de origem da embarcação. Desse modo, se o seu governo permitir, o barco pode realizar qualquer atividade nessas áreas, o que torna muito difícil qualquer tentativa de controle.

Esse fato provocou uma verdadeira corrida mundial para ver quem explora mais rápido antes da exaustão total dos recursos. Mesmo sabendo que as espécies tendem à extinção, os pescadores não diminuem o esforço de pesca porque não acreditam que os

outros também o farão. Como o mar é uma área comum, pescam o máximo que podem no menor tempo possível, antes que outros o façam.

Os continentes possuem direito de propriedade definido, ou seja, os locais têm donos estabelecidos, o que pode parecer lógico e óbvio, mas isso não ocorre com a plataforma continental, muito menos nas partes profundas dos mares e oceanos. Como foi mostrado na seção anterior, o fato de não ter dono pode gerar uma corrida desesperada pela maior e mais rápida extração dos recursos do mar, tendo como consequência à sobre exploração ou o esgotamento dos mesmos.

Os problemas ambientais apresentados na seção anterior evidenciam que sem os recursos naturais renováveis em quantidades razoáveis à disposição as questões sociais e econômicas tendem a se agravar. Logo, a grande pergunta é: diante de um problema dessa complexidade, por que os governos devem intervir (diretamente ou através da regulação) no setor pesqueiro? A resposta é, primeiro porque a pesca ocorre em áreas de livre acesso, segundo porque existem muitas falhas de mercado nesse setor e por último, porque o próprio Estado não consegue dispor bens públicos que sejam realmente não excludentes e não rivais para promover um uso inteligente dos recursos marinhos renováveis e, com isso, melhorar o bem-estar social da população.

Segundo a SEILO, DEFEO e SALAS (1997), existem critérios que sustentam a intervenção estatal no controle de pescarias em áreas de livre acesso.

**Critério de Conservação:** talvez a principal justificativa para a intervenção estatal no setor pesqueiro seja a necessidade de se conservar os recursos marinhos para manter ou aumentar o bem-estar social das gerações atuais e também das futuras. Existe uma tendência mundial de se explorar os recursos marinhos até que eles evidenciem sinais de sobre exploração, o que impõe uma drástica redução do esforço de pesca, com grandes implicações sociais e econômicas. Assim, os critérios biológicos para intervenção são

justificados pela tentativa de recuperação das populações alvo da pesca que se encontram superexploradas, e preventivamente estabilizar os níveis de captura.

**Critério econômico:** esse critério está relacionado com o incremento ou a manutenção da renda econômica vinda das pescarias, bem como dos postos de trabalhos, impostos e bem-estar social vindo desse setor.

**Ineficiência do mercado:** o descontrole das pescarias ocasiona inúmeras externalidades entre os pescadores que maximizam o problema nas áreas de livre acesso. No acaso da pesca, as relações são complexas, dado que o principal insumo é um recurso natural renovável e as pescarias ocorrem em áreas comuns, que as externalidades presentes nestas relações possuem tamanha diversidade que devem ser divididas por tipos como segue:

### ***2.2.1 Externalidades do setor pesqueiro***

Uma externalidade é definida como todo o efeito externo não contabilizado pelo gerador, mas que afeta outros usuários do recurso. Dois grandes grupos de externalidades interferem no setor pesqueiro: as inter e as intra-setoriais, isto é, as relações entre os próprios usuários do recurso e as inter-setoriais, isto é, as ocorrentes entre os usuários do setor pesqueiro com os agentes dos outros setores da economia.

As externalidades intra-setoriais são basicamente interferências de uns pescadores sobre os outros, acarretando a elevação dos custos para os afetados. Os custos não são compensados pelos geradores, caracterizando a externalidade. As externalidades intersetoriais resumem-se basicamente em poluição gerada pelos outros setores e a degradação dos litorais, que afetam os ecossistemas marinhos e prejudicam a pesca, como

exposto no capítulo anterior. Segundo *Agnello e Donnelley (1976)*, as externalidades do setor pesqueiro são as seguintes:

- **Externalidade de estoque:** ocorre quando entram novas embarcações e a pescaria reduz a magnitude do recurso aos pescadores que já estavam no local, aumentando os custos de extração.
- **Externalidade de aglomeração:** trata-se do congestionamento de barcos em um local de pesca. Cada barco que entra impõe um incremento nos custos marginais de captura dos demais, que já estão pescando.
- **Externalidades tecnológicas:** ocorrem quando a tecnologia utilizada na extração de um tipo de espécie prejudica a captura de outras categorias. Estas externalidades se dividem em seqüenciais e incidentais.
- **Externalidade tecnológica seqüencial:** em pescarias onde existem frotas artesanais ou de pequena escala e embarcações industriais ou mecanizadas que incidem sobre diferentes componentes da estrutura da mesma população marinha em questão, geram-se interdependências tecnológicas entre os dois tipos de frotas. As embarcações artesanais trabalham nas zonas costeiras, onde habitam animais juvenis e adultos jovens, e a industrial atua mais no fundo, *habitat* quase exclusivamente de animais adultos. Logo, um aumento da captura artesanal causa uma diminuição no número de futuros adultos que estariam disponíveis para a frota mecanizada. De outro lado, um aumento no esforço da frota mecanizada diminui a quantidade de animais desovando no litoral, o que gera uma externalidade negativa para os pescadores artesanais.
- **Externalidade tecnológica incidental:** em pescarias tecnologicamente independentes, as frotas utilizam artes de pesca indiferentemente das espécies almejadas, de tal forma que existe uma captura incidental em uma pescaria P1, que

diminui a abundância do recurso para outra pescaria P2. Ex.: pescaria de camarão e de peixes de fundo.

- **Externalidades devido a interdependência ecológica:** ocorrem em pescarias ecologicamente interdependentes, isto é, em espécies que estão na mesma rede alimentar. Esse tipo de externalidade afeta a abundância relativa das espécies. Por exemplo, imagine duas espécies A e B atuando como presa e predador, respectivamente, e duas empresas Ea e Eb que capturam as espécies A e B, respectivamente. A Ea, ao capturar o predador, faz com que a população da presa aumente, gerando uma externalidade positiva para a Eb chamada *externalidade por liberação competitiva*. A Eb captura a presa, ou seja, o alimento natural da espécie A. Logo, a população de A reduzir-se-á, isto é, uma externalidade negativa para Ea gerada pela Eb chamada *externalidade em coexistência competitiva*.
- **Externalidades tecno-ecológicas:** ocorrem quando a tecnologia da pesca perturba o *habitat* da espécie objetivo e de outras espécies acompanhantes que eventualmente constituem o alvo de outras pescarias. A alteração do *habitat* diminui a probabilidade de recolonização.

Segundo a teoria da Escolha Pública, as externalidades ocorrem por não haver direitos de propriedade estabelecidos, ou seja, a lei protege as residências, mas não o ar que está dentro delas, porque o direito de propriedade é sobre a casa e não sobre o oxigênio. Isso pode explicar porque as pessoas não jogam lixo nas casas das outras, mas as indústrias jogam fumaça dentro de todas as residências de uma cidade.

Se as pessoas fossem donas também do ar que está em suas casas, a lei lhe daria o direito de não aceitar a fumaça. De modo análogo, o ato de não ter direito de propriedade estabelecido nos mares e oceanos, pode estar levando a utilização

descontrolada destas áreas. Na próxima seção, são descritos os tipos de direitos de propriedade possíveis para este caso.

### ***2.2.2 Direito de propriedade***

O conceito de direito de propriedade envolve algumas regras, que podem ser de vários tipos como segue:

Segundo *Randal* (1981) e *Schmidt* (1978), esses direitos devem ter as seguintes características básicas: (a) ser completamente especificados, ou seja, todas as normas de utilização, restrições e penalizações devem ser informadas e controladas pelo regulador; (b) ser exclusivos de tal forma que o dono do direito receba integralmente as retribuições e penalizações correspondente a sua área; (c) ser transferíveis para que o direito de propriedade possa ser negociado entre os agentes privados; e (d) ser vigiáveis, caso contrário seria um direito vazio.

Segundo *Bromley* (1991), os regimes de propriedades podem ser classificados das seguintes formas:

- **Propriedade estatal:** os usuários têm o dever de observar e cumprir regras e normas de uso e acesso dos recursos, determinadas por uma instituição do Governo responsável pelo seu manejo;
- **Propriedade privada:** os pescadores têm o direito de realizar uma utilização socialmente sustentável do recurso pesqueiro, e têm o dever de não fazer um aproveitamento inadequado e insustentável daquele. Na literatura, existem referências de que o uso socialmente ótimo ocorre com o estabelecimento do direito de propriedade privada. Isso se refere ao fato de que quando um pescador é dono de uma área ela internaliza os custos de destruição no presente e no futuro. Logo, o

cuidado com a sustentabilidade da pescaria é maior do que se ele pudesse mudar de área quando essa vier a se esgotar;

- **Propriedade comum:** quando o Estado outorgar o direito a alguns grupos de pescadores específicos (cooperativas por exemplo), os quais terão o direito de excluir os demais. Esta situação implica uma condição necessária, mas não suficiente para que se produza o fracasso na alocação ótima do recurso pesqueiro;
- **Acesso aberto:** nesta condição não existe propriedade sobre o recurso. Qualquer membro da sociedade pode usá-lo sob a forma de apropriação direta. A síndrome sobre exploração dos recursos pesqueiros indica que este regime conduz a um fracasso na sua alocação. O livre acesso constitui uma condição necessária e suficiente para a sobre exploração de um recurso pesqueiro.

O governo pode atuar e fazer valer de fato o seu direito de propriedade sobre o mar territorial brasileiro, no sentido de cuidar, controlar e organizar de forma a tornar sustentável as atividades econômicas presentes. Para isso existem diversas maneiras de atuação, presentes na literatura, como mostra a seção a seguir.

### ***2.2.3 Regulação do setor pesqueiro***

Segundo Seijo, Defeo e Salas (1997), levando em conta o seu aspecto multidimensional, um regime de regulação deve ter as seguintes características:

- Estimular as pesquisas sobre os ecossistemas envolvidos no processo de extração, para que se possa determinar políticas de pesca com base na capacidade dos ambientes e não exclusivamente na demanda;

- Incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias de captura, armazenamento e processamento do pescado para evitar os desperdícios;
- Ser flexível e propor mudanças conforme as alterações nas condições econômicas e ecossistêmicas;
- Suportar a maioria dos pescadores envolvidos;
- Os efeitos da regulação devem manter ou aumentar a renda dos pescadores e os postos de trabalho, bem como a balança comercial do setor;
- Por fim, todos os gastos com os custos de negociação do processo de regulação, pesquisa e o esforço necessário para a implementação do programa, devem ser menores que os benefícios econômicos, caso contrário fica difícil justificar para a sociedade esse tipo de programa.

Os principais objetivos de um processo de regulação das pescarias dividem-se em dois grandes grupos: econômicos e ecológicos, como pode ser visto na tabela 2.1.

**Tabela 2.1: Objetivos da regulação do setor pesqueiro**

<b>Objetivo</b>	<b>Ecológica</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Equidade</b>
01) Conservação dos estoques de pescados	X		
02) Manutenção da saúde dos ecossistemas	X		
03) Maximização das capturas	X	X	
04) Estabilidade do nível dos estoques	X		
05) Estabilidade das taxas de captura		X	
06) Manutenção dos postos de trabalho			X
07) Aumento da renda dos pescadores		X	X
08) Redução de conflitos entre os pescadores			X
09) Redução do conflito econômico & ecológico			X
10) Prevenção da extinção das espécies	X	X	
11) Manutenção da qualidade do pescado		X	
12) Manutenção do preço do pescado acessível		X	X
13) Aumento da eficiência dos custos		X	
14) Redução da sobre capacidade		X	
15) Melhor aproveitamento do pescado	X	X	
16) Aumento da exportação de pescados		X	
17) Manutenção das receitas governamentais			X

Fonte: Elaboração própria, adaptação de Clark (1985).

Os processos que regulam a extração de recursos naturais renováveis, como os peixes, devem respeitar os aspectos biológicos e ecológicos para que as necessidades sócio-econômicas sejam atendidas dentro do possível, e que isso possa melhorar de alguma forma o bem-estar da população envolvida.

Segundo *Khoo* (1980), a regulação e a eficiência econômica do setor pesqueiro são mais aceitas e desejadas em países que dependam consideravelmente da oferta de proteína vinda dos peixes. Já nos países industrializados, os consumidores têm um poder de substituição maior por outras fontes de proteínas, o que torna o custo de oportunidade dessas políticas relativamente maiores do que nos países onde a pesca tem uma importância econômica, alimentar e social mais relevante.

A variedade de métodos de regulação aplicados às pescarias é expressiva. Os reguladores (normalmente agências públicas) podem utilizar muitos caminhos que envolvem inúmeros aspectos da operação do setor pesqueiro. A regulação pode afetar o tipo de embarcação, as dimensões dos barcos e dos porões de armazenagem, a potência dos motores, a tecnologia utilizada na captura (tipos de redes e espinheis) e na localização dos cardumes.

Os pescadores podem ter seu trabalho regulado em função da época do ano, respeitando a desova das espécies, pelo tempo de permanência e locais permitidos para captura, tipos de populações permitidas, bem como tamanho mínimo de cada espécie alvo, bem assim a quantidade máxima por pescador.

Segundo *Clark* (1985), os mais tradicionais métodos de regulação implementados em controle de pescarias são:

- **Restrições aos barcos:** características físicas dos barcos como dimensão, capacidade de armazenagem, potência e equipamentos utilizados.

- **Restrição às capturas:** tipos, número e, tamanho das redes, dos fios e das malhas, alcance das redes, tipos de bóias, tamanho dos espinheis e número de anzóis permitidos, armas de fogo como canhões ou dinamites (muito utilizados na Ásia).
- **Restrição de tempo e de local:** as restrições de tempo referem-se à época do ano que cada espécie alvo pode ser capturada e as de áreas definem onde os pescadores não podem pescar (esse tipo de restrição deve ser adotada quando o estoque de alguma região encontra-se próximo do esgotamento, fazendo-se necessário a proibição total da pesca para que os mesmos se recuperem).
- **Restrições às espécies:** espécies permitidas e/ou tamanho mínimo permitido (por comprimento e/ou peso), sexo (proibição da captura de fêmeas), restrição ao *by-catches*<sup>12</sup>, matança incidental<sup>13</sup>, descarte em terra de animais degradados na viagem até os portos de desembarque e controle de desperdícios em geral.
- **Cotas totais (CT):** são definidas cotas totais por espécie ou por área ou as duas em conjunto. Neste caso, não importa quem nem o quanto pesca, desde que a cota não seja ultrapassada, seja da espécie, seja da área determinada.
- **Controle de qualidade:** uso de *freezers*, gelo, manuseio do pescado a bordo, higiene dos pescadores e forma de manuseio, maneira de acondicionar os peixes.
- **Regulação dos pescadores:** exigência de certos conhecimentos, restrição ao número de pescadores totais e/ou por embarcação (restrição de licenças de pesca), número de barcos que cada empresário do setor pode operar.
- **Desestímulos financeiros:** impostos ou *royalties* por capturas, por pescador ou por esforço de pesca (barcos ou redes por unidade de tempo).

---

<sup>12</sup> Quando um barco enche os porões com uma determinada espécie e a caminho do porto encontra outra de maior valor de mercado, normalmente a menos valiosa é descartada morta. Esse desperdício é chamado na literatura pesqueira de *by catches*.

<sup>13</sup> O principal exemplo são os mamíferos marinhos que se enrolam nas redes de espera e morrem afogados, principalmente os golfinhos que morrem aos milhões na pesca do atum.

- **Cotas individuais transferíveis (CIT):** inicialmente, define-se a cota máxima total e, depois, esta é dividida entre os pescadores, que podem utilizar na íntegra ou parcialmente, vender ou alugar suas cotas. Talvez seja a política de regulação mais moderna e, por isso, requer uma subsecção especial.

#### 2.2.3.1 Cotas individuais transferíveis (CIT)

As cotas também são um instrumento de regulação, mas merecem um tratamento separado.

A regulação através do sistema de CIT restringe a entrada de barcos para tentar solucionar possíveis problemas causados pela pesca em áreas de livre acesso como a sobrepesca, sem causar problemas de ineficiência no esforço de produção. A noção básica do sistema de CIT é que cada barco, pescador ou empresa de pesca recebe o direito de capturar uma quantidade pré-determinada por um certo período de tempo.

A quantidade permitida pode ser definida em toneladas brutas, porém como os estoques podem variar consideravelmente de um ano para outro, pode ser estipulada em percentuais do estoque desde que as variações sejam previstas com, no mínimo, um período de antecedência.

As vantagens do sistema de CIT sobre o sistema de TC é que os pescadores são motivados a capturar suas cotas individuais de maneira eficiente, isto é, no menor custo possível, já que podem esperar a melhor época para realizar a captura sem se preocupar que os outros pescadores esgotem as reservas. A época de menor custo é quando os estoques atingem o seu máximo volume de biomassa em cada período de reprodução.

O sistema de CT causa corrida aos mares para ver quem pesca mais até que a CT se esgote. Outra vantagem do sistema CIT é que a eficiência dos pescadores é privilegiada, já que as cotas podem ser vendidas, compradas ou alugadas entre eles. Os

mais eficientes, ou seja, os que capturam com um custo menor, podem comprar ou alugar as cotas dos pescadores menos eficientes. Depois que o mercado determinar o preço das CIT, pescadores que têm os custos superiores à receita individual podem vender as CIT para os que conseguem obter lucros, por serem mais eficientes.

Conforme *Maloney e Pearse* (1979), o preço de mercado das CIT é determinado formalmente da seguinte maneira:

Suponha que o pescador  $i$  possui a cota  $Q_i$ , e a sua captura seja  $H_i$ . Logo:

$$H_i \leq Q_i \quad (2.1)$$

O lucro dos pescadores é por:

$$\pi_i = pH_i - c_i(E_i) \quad (2.2)$$

onde  $p$  é o preço do pescado,  $H$  é a quantidade capturada da espécie  $i$ ,  $c$  é o custo por esforço,  $E$  é o esforço de pesca. Temos que  $H_i = qXE_i$ , onde  $q$  é o coeficiente de capturabilidade e  $X$  é o estoque de peixes. Portanto:

$$\pi_i = pqXE_i - c_i(E_i) \quad (2.3)$$

Temos também que  $E_i = \frac{H_i}{qX}$ , de modo que podemos reescrever a equação

2.3 da forma a seguir:

$$\pi_i = pH_i - c_i\left(\frac{H_i}{qX}\right) \quad (2.4)$$

Assumindo que a pesca é competitiva, os pescadores maximizam a seguinte função:

$$\max_{H_i \leq Q_i} \pi_i(X, H_i) \quad (2.5)$$

Os pescadores podem vender ou comprar suas cotas. Admita que o preço de mercado de uma cota seja  $m$ . Logo, os pescadores obtêm lucro se e somente se:

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial H_i}(X, q_i) > m \quad (2.6)$$

Conseqüentemente, a equação

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial H_i}(X, q_i) = m \quad (2.7)$$

determina a demanda dos pescadores por cotas como sendo  $D_i = D_i(m, X)$ .

As vantagens do sistema de CIT podem ser vistas em um simples exemplo numérico, como demonstrado por Anderson (1986), na tabela e gráfico abaixo:

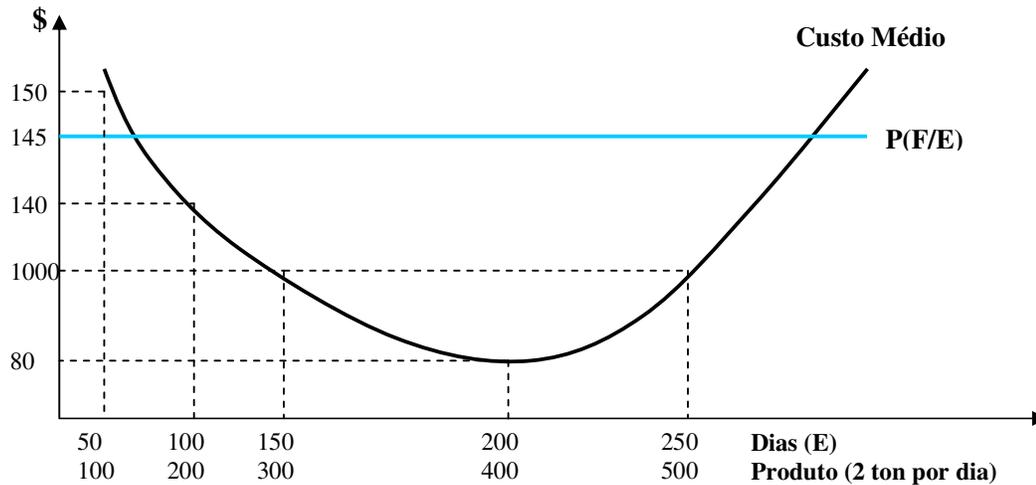
**Tabela 2.2: Vantagens do CIT**

Produto	50 dias 100 tons	100 dias 200 tons	150 dias 300 tons	200 dias 400 tons	210 dias 420 tons	250 dias 500 tons
<b>CMe por dia</b>	150	140	100	80	82	100
<b>CT da pescaria</b>	7500	14000	15000	16000	17220	25000
<b>CT por ton</b>	75	70	50	40	41	50
<b>Receita por ton</b>	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5
<b>Lucro por ton</b>	-2,5	2,5	22,5	32,5	31,5	22,5
<b>Lucro total</b>	-250	500	6750	13000	13250	11250

Fonte: Anderson, 1986.

Graficamente, temos:

**Gráfico 2.4: Ganhos através do sistema de CIT**



Fonte: Anderson, 1986.

Cada dia rende duas toneladas de peixes, o custo diário é de R\$150,00. O preço da tonelada é de R\$72,50. Logo, 50 dias de pesca geram a um barco um prejuízo de R\$250,00. Se dois barcos apressarem-se para capturar tudo nos primeiros dias (um problema típico de tragédia nos *commons*), o prejuízo acumulado é de R\$500,00. Se cada um puder esperar a melhor época para extrair parte dos estoques, o lucro pode ser positivo.

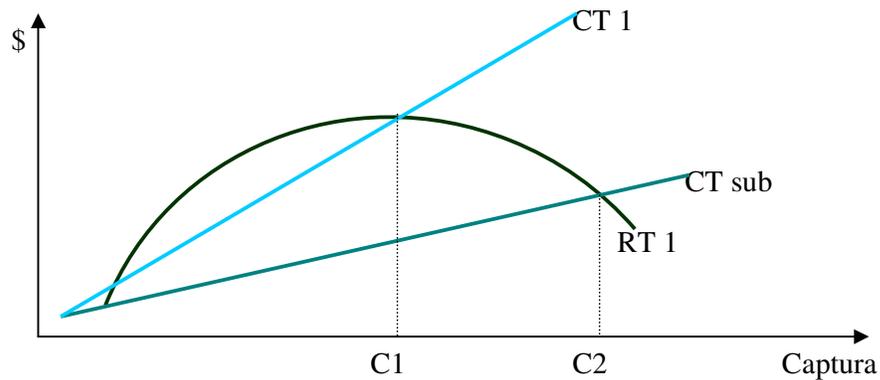
Outra forma de atuação que os governos costumam adotar para atender as demandas do setor pesqueiro é a concessão de subsídios. Esse tipo de política serve mais para socorrer algumas situações do que efetivamente agir como benéficas para a organização e a sustentabilidade do setor. Porém, não se pode generalizar um tipo de política que tem diversas formas de manifestação dada a diversidade de detalhes entre os sub tipos. A seção a seguir mostra essas diferenças e analisa de forma crítica cada uma delas.

#### 2.2.4 Subsídios ao setor pesqueiro

Os subsídios fazem os custos do setor diminuírem e a captura aumentar inicialmente. O problema é que esse acréscimo pode ser superior à capacidade do ambiente e, em decorrência, caracterizar-se como sobre pesca. Caso isso ocorra, como no exemplo mostrado pelo Gráfico 2.5, o equilíbrio entre CT e RT pode ocorrer quando a receita já está bem menor por causa do decréscimo no crescimento dos estoques mostrados pela função logística de *Verlhust e Pearl*.

Os subsídios tornam os custos fora da realidade do mercado e fazem com que o preço não acompanhe a escassez do produto. Logo, faz com que a captura aumente além do que ocorreria em um cenário puramente competitivo.

**Gráfico 2.5: Efeito dos subsídios sobre os custos de extração**



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme Gráfico 2.5, a captura de equilíbrio sem subsídios ( $C1$ ) dá-se quando o custo de extrair a próxima unidade for maior do que a receita. Com os subsidiados, a curva de custos do setor será  $CT_{sub}$  e o nível de captura será  $C2$ . Como a curva de receita é proporcional à curva de crescimento do estoque (ver no capítulo 4 o modelo logístico), o esforço nesse ponto será maior e terá uma quantidade de recursos menor para extrair. Em um segundo momento, o estoque cairá porque as capturas excederam o crescimento das populações para esse período.

Existem vários tipos de subsídios definidos pela Organização Mundial de Comércio (OMC). Os efeitos são diferentes, mas a essência é a mesma: reduzir os custos para garantir o incremento das capturas. Seguem os tipos de subsídios, conforme relatado por Milazzo (1998):

- **Subsídio restrito (assistência doméstica):** são os subsídios dados pelos Governos para a indústria pesqueira local. Há restrições quanto à aplicação do dinheiro, por exemplo, o governo subsidia o combustível ou equipamentos de localização, etc. A tabela a seguir mostra esse tipo de subsídio nos principais países pescadores:

**Tabela 2.3: Subsídios para uso doméstico no setor pesqueiro, por países selecionados**

<b>PAÍS</b>	<b>Valor do subsídio em milhões de US\$ (1997)</b>
<b>Japão</b>	268
<b>Noruega</b>	30
<b>EUA</b>	23.9
<b>E.U.</b>	1100
<b>Rússia</b>	96

Fonte: Millazzo, 1998.

- **Subsídio restrito para operações no estrangeiro:** os subsídios para acesso estrangeiro são oferecidos por muitos governos, como China, Coréia, Japão e EUA, para que seus barcos pesquem em todas as partes do mundo, tanto em águas internacionais como em águas de outros países. Isso ocorre quando os Estados alugam seus mares em troca do perdão de dívida. Os subsídios para acesso estrangeiro em todo o mundo ficam entre 0,5 e 1 bilhão de dólares anuais.
- **Subsídio irrestrito:** os dois principais meios são o subsídio das taxas de juros de mercado (parcial ou totalmente) e o subsídio dos impostos (parcial ou total). Com o desconto nos juros ou nos impostos, os pescadores ficam livres para investirem o dinheiro economizado.
- **Subsídio cruzado:** o subsídio cruzado, no caso da pesca, é concedido a setores que atuam em conjunto com a pesca, como o de construção de embarcações ou instrumentos de localização. Qualquer desses setores pode indiretamente beneficiar o pesqueiro na diminuição de custos ou no aumento da produção.
- **Subsídio para aluguel:** no caso da pesca, ocorrem muitos arrendamentos de embarcações estrangeiras. O Governo pode de alguma forma subsidiar os contratos, via diminuição de alguma tarifa ou imposto. No caso do estabelecimento de algum tipo de direito de propriedade, o pagamento seria subsidiado pela utilização do recurso.

- **Subsídio para conservação do ambiente (único ecologicamente desejável):** esse tipo de subsídio é dado na forma de salários para que os pescadores não realizem a captura. Os motivos são a necessidade de recuperação do estoque ou a época da desova das espécies. Como a pressão dos pescadores é forte e o mercado é bem sazonal, os governos concedem estes benefícios para manter a renda dos pescadores mais estável. Ecologicamente, esse subsídio é desejado porque alivia a pressão sobre os estoques. Economicamente, teria que ser constatado o custo de oportunidade desse investimento.

Em geral, os subsídios tornam os mercados ineficientes, ou seja, os custos não são verdadeiramente os do mercado, fazendo com que as reservas naturais não sejam utilizadas de maneira ótima. O equilíbrio em áreas de livre acesso pode ser questionado, porém com a presença de subsídios de tal magnitude (ver tabela a seguir) é extremamente difícil que ocorra. Quando o pescado está escasso, os preços deveriam aumentar para que a demanda diminuísse até as populações se recuperarem.

**Tabela 2.4: Custos estimados do setor pesqueiro (US\$ bilhões)**

Manutenção e reparos	30
Captura	18.5
Seguros	7.2
Combustível	13.7
Trabalho	22.6
Capital	31.9
<b>Custos totais</b>	<b>124.78</b>
<b>Receita total</b>	<b>80</b>

Fonte: Millazzo 1998.

Como mostra a tabela 2.4, parte da diferença entre custo e receita é mantida com a ajuda de subsídios governamentais ao setor pesqueiro em todo o mundo. Provavelmente, o nível da captura iria diminuir sem tal ajuda, o que daria o tempo

necessário para os estoques se recuperarem. Com isso, a estabilidade em áreas de livre acesso poderia ser atingida. Segundo *Milazzo* (1998), com exceção dos subsídios para a aquicultura e para proteção das áreas de pesca, o Banco Mundial está sinalizando que os países devem reduzir subsídios para o melhor funcionamento do mercado.

Após analisarmos os diversos tipos de intervenções disponíveis na literatura, a seção a seguir mostra algumas experiências de países que adotaram políticas de regulação ou de subsídios e seus resultados efetivos.

### ***2.2.5 Casos empíricos de aplicação de políticas e regulação no setor pesqueiro***

Referentemente aos efeitos indesejados dos subsídios sobre os estoques naturais marinhos, *Milazzo* (1998) mostrou que quase a metade das receitas mundiais do setor provém de subsídios governamentais (54 bilhões por ano). Portanto, conforme vimos, o nível de captura torna-se excessivo: quanto mais os governos subsidiam, menores tornam-se os estoques e mais dispendiosas as pescarias, fazendo com que a pressão por subsídios vinda dos pescadores aumente, entrando em um círculo vicioso rumo a sobre exploração.

Segundo *Abddalah* (1998), os investimentos governamentais para o setor pesqueiro brasileiro e gaúcho foram unicamente direcionados para o aumento da captura. Segundo a autora, não houve qualquer preocupação com estudos técnicos sobre a capacidade, o que pode ser uma das causas da redução dos estoques.

Trabalhos referentes à determinação de cotas de capturas individuais (ITQ) tentam estabelecer a quantidade ótima de cotas para a captura de cada espécie, e como essas cotas podem ser distribuídas ou vendidas às empresas de pesca. *Matthiasson* (2000), em seu trabalho de regulação para a pesca de múltiplas espécies na Islândia, obteve quatro

conclusões principais: primeiro, o controle deve começar antes do estoque entrar em colapso; segundo, deve-se evitar os *clubs* ou associações de pescadores que são resistentes a novas idéias; terceiro, as experiências de controle do preço do pescado por parte do governo serviu apenas para transferir riqueza dos pescadores para outras pessoas e, por último, a introdução do ITQ sofre muita resistência por parte das empresas, porque diminui a captura de curto prazo para que o estoque se sustente por um longo prazo, e também por razões histórico-culturais e religiosas.

O ponto polêmico da implantação do ITQ é como definir a quantidade de cotas para cada local de pesca, ou seja, para definir o número de cotas deve-se levar em conta a capacidade de extração dos ambientes marinhos.

*Dupont (1999)*, em seu trabalho para pesca no Canadá, utilizou dados das firmas individuais antes e depois da implantação do ITQ e aplicou a metodologia DEA (*data envelopment analysis*) para analisar a eficiência das políticas. O trabalho examina os efeitos da implantação do sistema de cotas sobre a indústria pesqueira na baía de *Scotia Found* no Canadá. O trabalho conclui que a introdução do ITQ reduziu em 26% o número de embarcações envolvidas na captura e em 23% o volume capturado, o que tornou a pesca mais segura e sustentável.

A própria Teoria da Escolha Pública com fundamentação na microeconomia neoclássica reconhece que é necessária a intervenção do Estado para corrigir as “falhas de Mercado”. Porém, uma das principais hipóteses é que o Estado não consegue fornecer verdadeiros bens públicos, ou seja, que sejam não excludentes e não rivais. Os mares e oceanos são exemplos do que deveriam ser bens públicos, mas em razão dos problemas das externalidades e da tragédia nos comuns, isso nem sempre ocorre.

Segundo essa teoria, os problemas só seriam resolvidos pelo próprio mercado com o estabelecimento de direitos de propriedade. Contudo, mesmo com o

estabelecimento desse tipo de direito, onde possivelmente os custos sejam internalizados e a captura seja menor, se não houver um estudo da capacidade ambiental não existe garantias de que no futuro os estoques continuarão sustentáveis, como mostram as experiências frustradas no estabelecimento de cotas sem a prévia verificação de qual era a máxima extração sustentável, ou seja, a extração que pode ser feita consecutivamente sem comprometer os estoques.

### **CAPÍTULO III**

#### **ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA PESCA MARÍTIMA NO RIO GRANDE DO SUL**

Este capítulo aborda os principais aspectos históricos, sócio-econômicos, institucionais e ambientais sobre a pesca oceânica no RS.

A pesca marítima no Rio Grande do Sul (RS) começou no final do Século XIX com a chegada de imigrantes portugueses ao sul do estado, basicamente na cidade de Rio Grande. No início do Século XX, desenvolveram-se as primeiras indústrias de salga de pescado, eram indústrias familiares de pequeno porte e o pescado era proveniente da pesca artesanal realizada no estuário<sup>14</sup> da Laguna dos Patos e na costa, sendo que o volume capturado não passava de 20 mil toneladas ao ano.

Como na maior parte do mundo, a exploração intensiva começou na década de 1950 com o início da pesca industrial. Barcos foram fabricados exclusivamente para enfrentar as dificuldades do oceano e conseguiram afastar-se da zona costeira. Além disso, grandes fábricas foram construídas para receber o pescado proveniente de todo o litoral gaúcho. A pesca industrial superou a artesanal em volume capturado no ano de 1968.

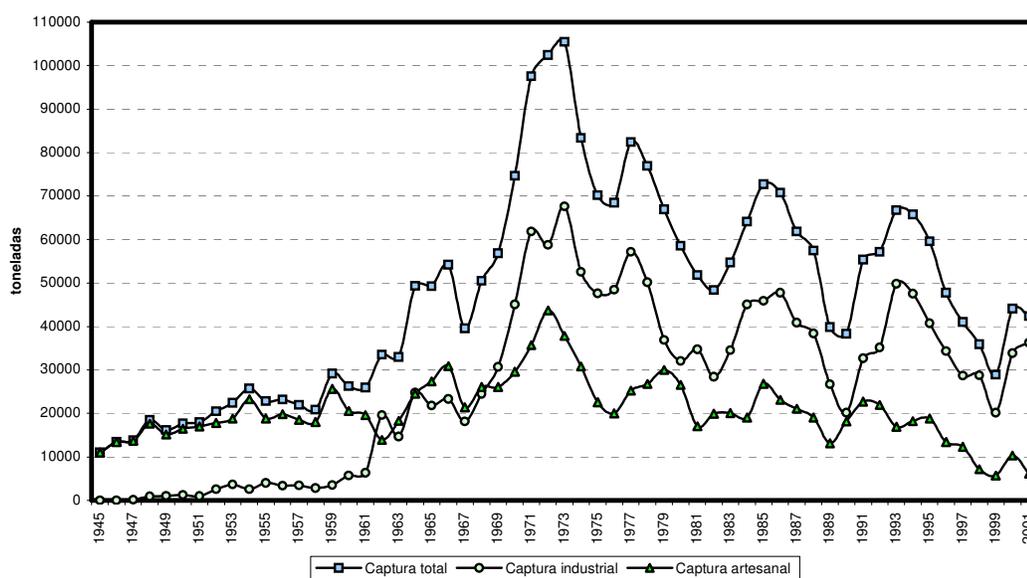
Como podemos ver no gráfico a seguir, a pesca atingiu o ápice na década de 1970, quando em 1973 atingiu a máxima captura histórica com mais de 105 mil toneladas (ou 105 milhões de quilos de pescado), o equivalente a 15% da extração nacional nesse ano. A partir desse pico, iniciou-se uma trajetória de declínio e os ciclos sazonais percorridos pelos estoques aumentaram, bem como a variância da série histórica de capturas, indícios de que o esforço de pesca excedeu a capacidade do ecossistema, desequilibrando o ambiente. Atualmente, a captura total está por volta de 45 mil toneladas.

---

<sup>14</sup> Local de encontro da laguna com o mar. Zona rica em nutrientes.

Desde meados da década de 1980, a pesca industrial tem sido de 30 mil e 50 mil toneladas, enquanto a artesanal mantém uma trajetória cíclica de declínio desde que atingiu o máximo em 1973 com 46.000 toneladas. Os ciclos de trajetória da captura artesanal são menores, porém mais irregulares do que os da captura industrial, como ilustra o Gráfico 3.1.

**Gráfico 3.1: Desembarque de pescado no RS<sup>15</sup>**



Fonte: Elaboração própria, com base IBAMA-CEPERG (2002).

A redução da extração pode estar ocorrendo por vários fatores como a redução dos estoques, descontrole das atividades de pesca, investimentos voltados unicamente para capturas e falta de política pesqueira voltada à capacidade do ecossistema. Na década de 1970, a pesca foi tão intensa que na década subsequente não atingiu 70% da máxima captura histórica, sendo que na de 1990 não passou de 50% daquele patamar.

No início da década de 1990, houve uma recuperação da atividade industrial que durou até 1994, quando tornou a cair. Em 1999, a atividade industrial atingiu o menor

<sup>15</sup> Todos os gráficos deste capítulo se referem ao RS.

nível desde 1968, com 20 mil toneladas, ou 21% do nível máximo alcançado em 1973. Após o pico mínimo, a pesca industrial recuperou-se um pouco até 2001.

Nos últimos anos, a captura industrial começou a investir em espécies de água profunda, como o peixe sapo, que vivem longe da costa na alta plataforma e no talude. A pesca artesanal ainda não conseguiu esboçar algum indício de que logrará reverter a tendência de queda, mantendo-se graças à pesca do camarão. Atualmente, a atividade da pesca artesanal é inferior à verificada em 1945, quando se iniciaram as medições. Portanto, é o seu menor nível histórico.

Na cidade de Rio Grande, sul do Estado do RS, onde se localiza um dos maiores portos do país, ocorrem 95% dos desembarques marítimos e 100% do desembarque estuarino do RS, proveniente da pesca ocorrida no litoral tipicamente gaúcho<sup>16</sup>. O mar nesse local é muito agitado e não permite o desembarque na maioria de sua extensão. As indústrias de beneficiamento estão todas localizadas estrategicamente junto ao porto de Rio Grande.

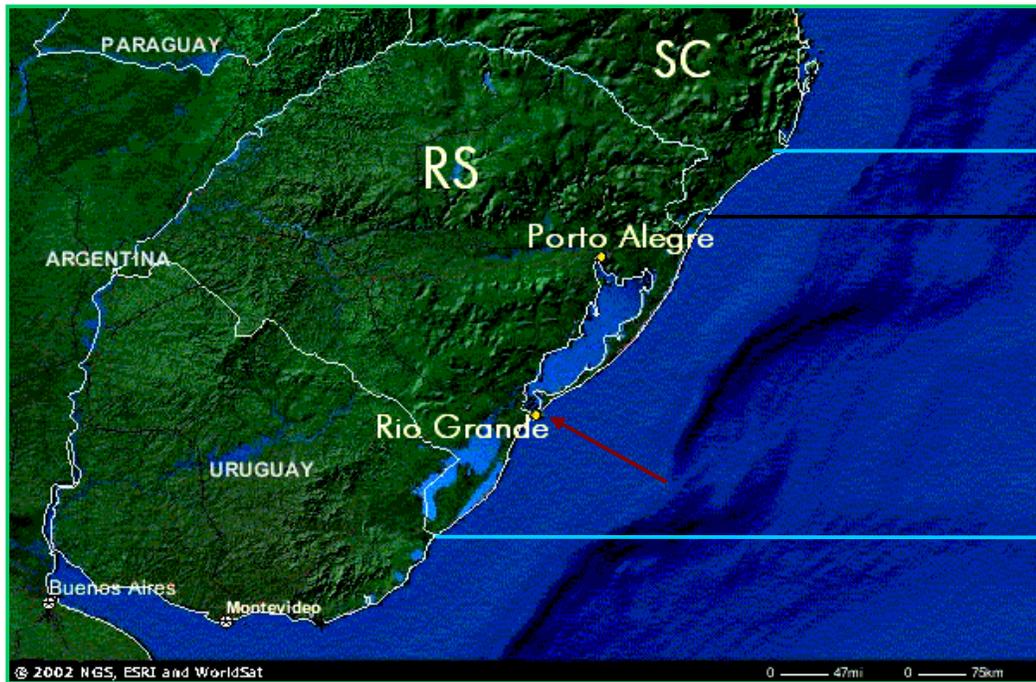
A maior parte do litoral brasileiro tem inúmeros pontos que permitem a entrada de embarcações de tamanhos diversos. No sudeste e nordeste, por exemplo, há várias barras de rios que permitem a movimentação de diversos tipos de embarcações de pesca, das jangadas aos barcos industriais, porém isso não ocorre no litoral do RS. Dadas as particularidades geológicas e climáticas, o litoral deste Estado é desprovido de pontos naturais de desembarque. Somente com a construção dos molhes da barra de Rio Grande (que iniciou no final do século XIX), é que se viabilizou aos barcos de médio e grande porte atracarem.

---

<sup>16</sup> Litoral tipicamente gaúcho é uma região geográfica conhecida pelas praias planas e retas que vão de Sta Vitória do Palmar, na fronteira com o Uruguai, até o Cabo de Sta Marta no sul de Sta Catarina.

A localização do desembarque ocorre no estuário (local onde a Laguna encontra o mar) da Laguna dos Patos. O ponto amarelo no mapa (Figura 3.1) e a seta indicam a localização exata.

**Figura 3.1: O mapa do litoral gaúcho**



Fonte: NGS World Sat, 2002.

O mapa mostra o litoral tipicamente gaúcho (entre as linhas azuis). A reta preta sinaliza a fronteira política do litoral gaúcho e a vermelha, o principal lugar de desembarque do estado. O litoral tem aproximadamente 900 Km de extensão (linha preta ao norte). A plataforma continental<sup>17</sup> nessa área mede 136309 km<sup>2</sup> e o talude<sup>18</sup> 19917 km<sup>2</sup>, áreas onde o Brasil possui direito exclusivo de exploração. É a chamada Zona Econômica Exclusiva (ZEE).

A maior parte da pesca é realizada na plataforma, sendo que a captura no estuário da Laguna dos Patos é pequena em relação à atividade total, sendo que o talude é pouco explorado por ser distante e profundo. A importância social da pesca artesanal é

<sup>17</sup> Parte submersa da placa continental.

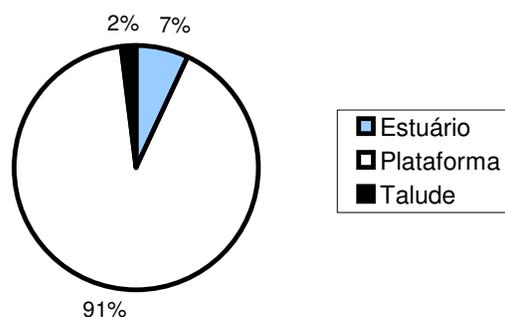
<sup>18</sup> Borda da placa continental que separa a plataforma do mar profundo.

muito grande para as comunidades locais. Os pescadores artesanais são mais pobres e dependem da pesca também para a obtenção de proteínas, enquanto os pescadores industriais possuem um poder de substituição maior por outros alimentos e ganham melhores salários.

O fator cultural é muito relevante entre os pescadores artesanais, que, na maioria das vezes, têm na pesca a única atividade econômica que praticaram durante a sua vida. Já os pescadores industriais provavelmente são menos enraizados a esse trabalho e têm mais facilidade em substituí-lo, acaso necessário.

Como mostra o Gráfico 3.2, a maior parte das extrações ocorre na plataforma, sendo o talude o local menos explorado. Isso pode explicar os sinais que o atual governo do Brasil está dando no sentido de estimular a pesca em águas profundas, bem como incentivos para modernização da frota. Também pode ser um indicativo de que a alta plataforma<sup>19</sup> e o talude estão sendo considerados a última fronteira da pesca em águas nacionais.

**Gráfico 3.2: Local das capturas oceânicas no RS**



Fonte: elaboração própria, com base em *Haimovich* (1997).

<sup>19</sup> Parte final da plataforma continental que antecede o talude. O litoral do RS possui uma profundidade média de 200 metros.

A área do litoral gaúcho é bastante propícia para pesca por quatro fatores ambientais que têm influência sobre os estoques marinhos:

- i) Há grande quantidade de nutrientes despejados pela Laguna dos Patos (a maior da América latina com 11.000km<sup>2</sup>), que tem seu estuário entre as cidades de Rio Grande e São José do Norte;
- ii) A corrente das Malvinas atinge o litoral do RS no inverno, trazendo águas geladas com grande quantidade de nutrientes;
- iii) O litoral gaúcho é uma zona de transição biogeográfica entre as zonas nériticas da Patagônia e as tropicais do Brasil, sendo que aproximadamente 110 espécies de peixes e crustáceos com interesse para a pesca vivem nessa região;
- iv) Confluência de massas de água de origem tropical, trazidas pela corrente Brasil, e de massas de origem sub-antártica provenientes das Malvinas misturadas com águas resfriadas de baixa salinidade do rio da Prata e da Laguna dos Patos.

### **3.1 Aspectos sócio-econômicos da pesca no RS**

Segundo o IBAMA-CEPERG (2001), na década de 1970, a indústria pesqueira gaúcha chegou a comportar 23 firmas de grande porte, todas sediadas em Rio Grande. Atualmente 9 empresas estão operando na cidade. Os pescadores registrados nos sindicatos são aproximadamente 16.000, sendo 13.000 artesanais e 3.000 industriários, porém, o fato de serem registrados não significa que estão atuando normalmente. Especula-se que desse total, aproximadamente 20% atuam regularmente.

As indústrias de processamento de pescado chegaram a empregar em média mais de 7.000 trabalhadores diretos e mais de 20.000 indiretos na década de 70. Em 2001 as unidades empregam, juntas, 1.100 trabalhadores formais diretos.

Segundo a FEE-RS<sup>20</sup>, em 2001, a indústria pesqueira de Rio Grande pagou salários de aproximadamente R\$ 6.200.000,00 em valores de 2002. Os pescadores ganham no total aproximadamente R\$ 8.800.000,00, entre salários e venda da sobra do pescado. O produto da pesca é consumido em todo o Brasil, porém o ganho com a primeira venda e os salários são utilizados em sua maioria na cidade de desembarque.

Segundo os registros do IBAMA-CEPERG<sup>21</sup>, entre 1991 e 2001, aproximadamente 290 barcos atuaram no RS. No conjunto, realizam uma média de 1332 viagens anuais, o que dá uma margem de 4.6 viagens por barco ao ano, número este que vem aumentando ultimamente, em 2001 foram realizadas mais de 1800 viagens. A média de tripulantes por embarcação, incluindo todas as artes da pesca é de 9 pessoas, enquanto o tamanho dos barcos artesanais e industriais (excluindo os estrangeiros), gira em torno de 21m, com potência média de 285 HP.

Segundo o IBAMA-CEPERG (2001), a frota industrial é relativamente homogênea quanto as suas características técnicas, sendo freqüente a adaptação para várias artes de pesca. Com referência a equipamentos de posicionamento e auxílio de localização, 88% possui GPS (*global position system*), 89% tem ecossonda, 73% contam com auxílio de radares, 16% opera com o sistema de telefonia global e 60 % possui sonar.

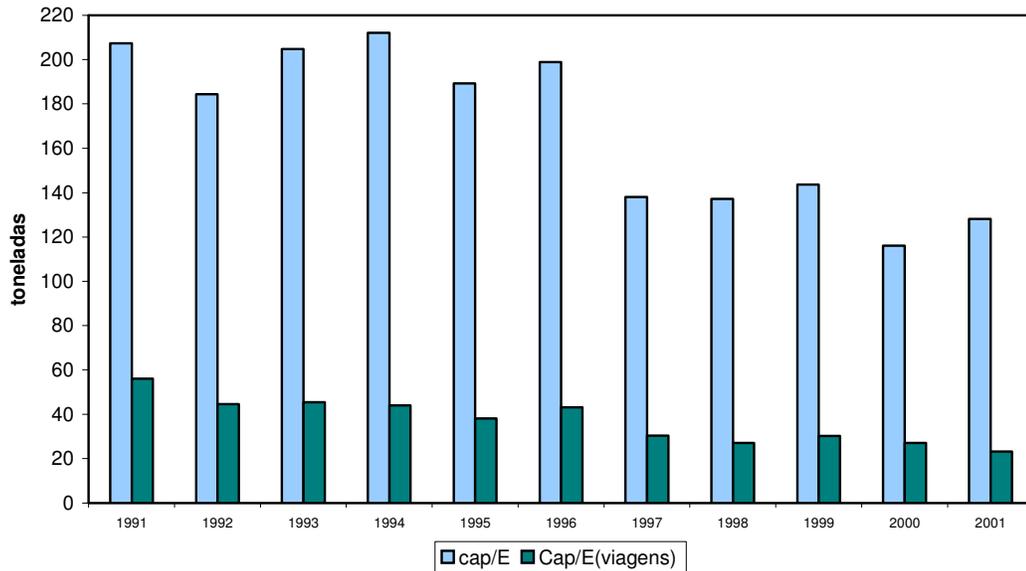
Uma das causas da queda na captura poderia ser a redução no esforço da pesca. Porém, está ocorrendo uma diminuição da captura por viagens e por barco/ano, como mostra o Gráfico 3.3. Disso infere-se que os barcos continuam mantendo ou até aumentando o esforço, mas ainda assim a extração vem decaindo. O gráfico 3.3 apresenta a captura média dos barcos em um ano (cap/E) e captura média por viagem (cap/Ev).

---

<sup>20</sup> Federação de Economia e Estatística do RS.

<sup>21</sup> Centro de Pesca de Rio Grande.

**Gráfico 3.3: Captura média por esforço de pesca (barco e viagem)**

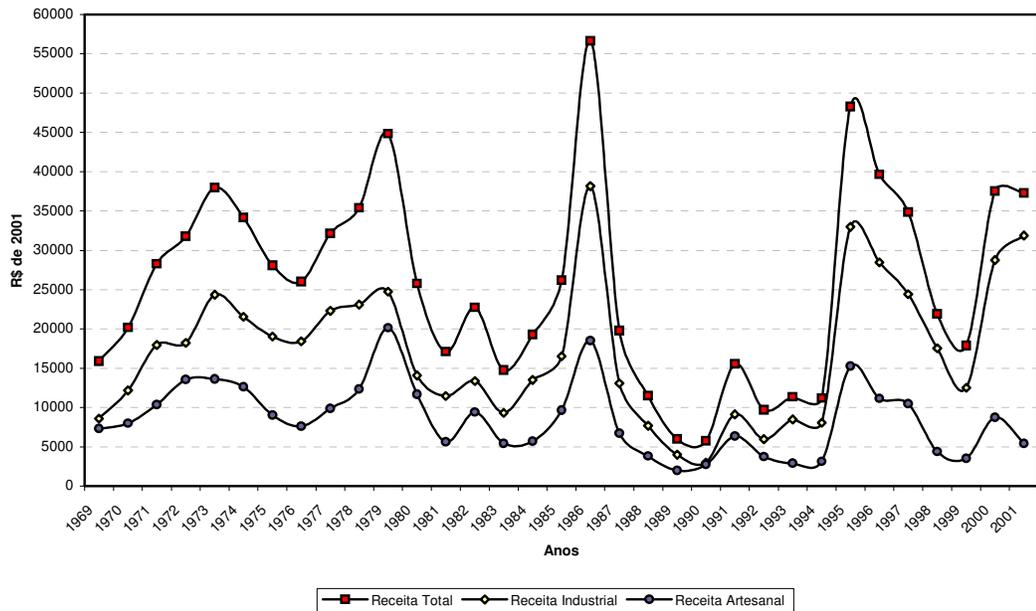


Fonte: o próprio autor, com base em IBAMA-CEPERG, 2002.

Como se vê, apesar do esforço crescente, a pesca vem decrescendo acentuadamente nas últimas décadas. O Gráfico 3.3 mostra que a partir de 1997 a captura por barco reduziu significativamente. A captura por viagem vinha caindo desde 1991, mas em 1997 houve uma queda expressiva, reduzindo quase 5 toneladas por viagem.

A receita total proveniente da pesca percorre uma trajetória irregular como mostra o Gráfico 3.4. Enquanto a captura atingiu o auge em 1973 e depois começou a cair em ciclos de 5 a 7 anos, a receita proveniente do setor acompanhou a queda dos estoques até 1984, subiu repentinamente em 1985 atingiu o ponto máximo em 1986, depois voltou a cair e atingiu o ponto mínimo em 1990.

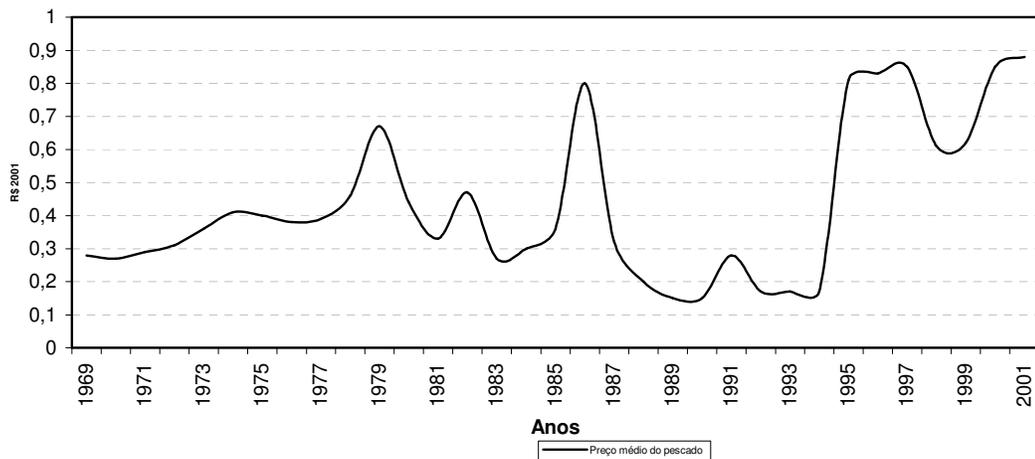
**Gráfico 3.4: Receita total, industrial e artesanal proveniente do pescado (X 1000)**



Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA-CEPERG, 2002.

Os preços corrigidos em valores atuais indicam uma trajetória de queda até 1994, acompanhando a queda nas capturas, contrariando a lei da demanda. Como mostra o Gráfico 3.5, os preços começaram a seguir uma certa lógica a partir da década de 90.

**Gráfico 3.5: Preço médio do quilo de pescado no desembarque**



Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA-CEPERG, 2002.

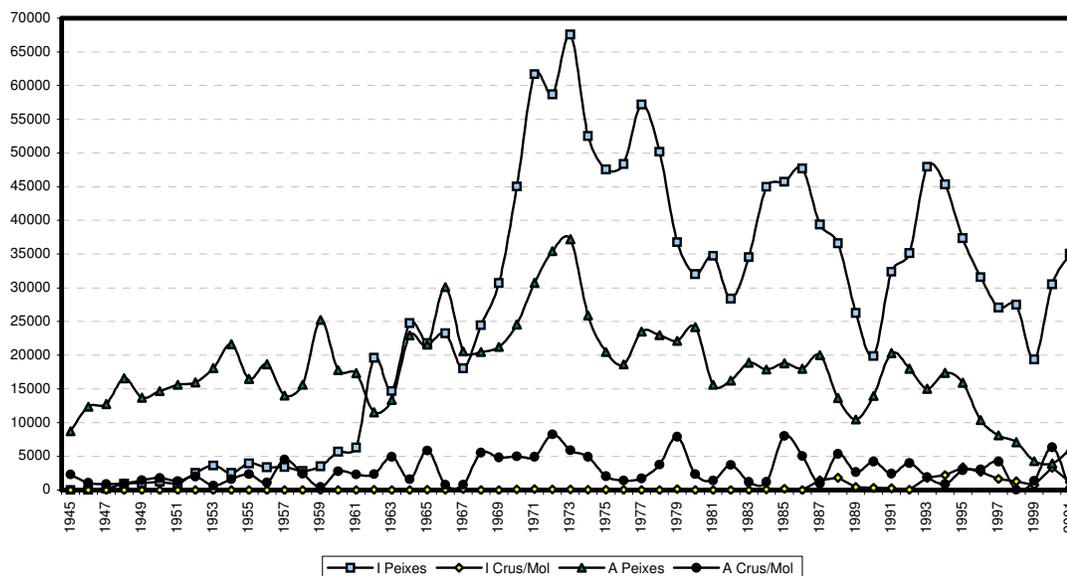
Especula-se que o mercado tenha levado duas décadas para perceber que o pescado está cada vez mais escasso porque, até o início da década de 90, muitos barcos do Uruguai desembarcavam o pescado no porto de Rio Grande, o que pode ter causado uma certa ilusão no mercado. Para que a receita se mantivesse, o preço deveria ter seguido uma trajetória inversa às capturas, mas não foi isso que ocorreu.

### **3.2 A arte da pesca**

*“A pesca pode ser classificada em duas categorias, artesanal e industrial. Considera-se pesca artesanal a toda pesca desenvolvida em águas interiores e estuarinas e costeiras com embarcações de no máximo 20 toneladas de registro bruto (TRB), com um comprimento máximo de 15 metros. Porém a maioria tem menos de 10 metros e possui uma em média de 7 tripulantes. As principais técnicas utilizadas na pesca são as redes de arrasto e de emalhe (HAIMOVICI, 1997)”.*

A pesca artesanal predominou até 1968, sendo que a partir de então a industrial conquistou o maior espaço. Com o declínio da captura total a partir de 1973, duas trajetórias podem ser percebidas nos Gráfico 3.1 e 3.6. Após 1982, a pesca industrial parece ter encontrado um nível aparentemente estável, porém com longos ciclos de 7 a 9 anos que provocam variações na captura que chegam a 30 mil toneladas, isso é, um indício de que existe grande pressão da pesca sobre os estoques.

**Gráfico 3.6: Captura de peixes e crustáceos pela pesca artesanal (A) e industrial (I)**



Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA-CEPERG, 2002.

Por sua vez, a pesca artesanal começou uma trajetória de declínio mais acentuada a partir de 1992. O Gráfico 3.6 evidencia que a maior queda foi na captura de peixes pelos pescadores artesanais, já a pesca de camarão parece estar-se mantendo no setor artesanal. A pesca industrial mostrou-se interessada na captura de crustáceos em 1986. Porém, os investimentos em novas técnicas de pescarias, bem como na pesca em águas distantes e profundas, está fazendo com que a captura de peixes pelos barcos industriais mantenha-se por volta de 35.000 toneladas por ano nas duas últimas décadas.

A pesca costeira parece ter-se ressentido mais do que a da plataforma, onde a exploração começou mais tarde, como podemos observar no Gráfico 3.4, onde o nível de captura artesanal na última década despencou de 20.000 toneladas para aproximadamente 5.000 toneladas por ano.

A pesca industrial utiliza embarcações de maior porte, podendo chegar a 40 metros e mais de 200 toneladas de registro bruto (TRB). Esse tipo de embarcação permite maior autonomia no mar e utiliza modernos processos de congelamento e localização dos

estoques via satélites, enormes redes de espera e espinheis de profundidade. Este tipo de embarcação é capaz de arrastar redes e espinheis com mais de 100 quilômetros, o que nos leva a imaginar que algumas viagens são suficientes para arrastar toda a plataforma continental do Estado.

A pesca pode ser classificada, ainda, por tipo de zona como mostra a tabela abaixo:

**Tabela 3.1: Tipo de pesca por área, tipo de equipamento e principais espécies capturadas**

<b>Tipo de pesca</b>	<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Principais espécies capturadas</b>	<b>Valor</b>
Demersal de plataforma	Pesca de arrasto e emalhe de fundo	Abrótea, camarão, elasmobrânquios, linguado	Médio
Pesca costeira	Emalhe de superfície	Anchova e tainha	Baixo
Pesca demersal no talude continental	Espinhel de fundo	Cherne e namorados	Alto
Pesca pelágica oceânica	Espinheis de superfície	Elasmobrânquios, atunídeos	Alto

Fonte: o próprio autor, com base em Haimovich, 1997.

Na pesca de linha e espinhel de fundo, houve uma evolução nas artes empregadas, passando de linhas de mão lançadas desde botes, para espinheis com 54 quilômetros de comprimento e 700 bóias, sendo cinco com sistema de rádio. É impressionante pensar-se em tamanho esforço de pesca, mas 18 espinheis desse tipo são suficientes para percorrer os 900 km do litoral gaúcho.

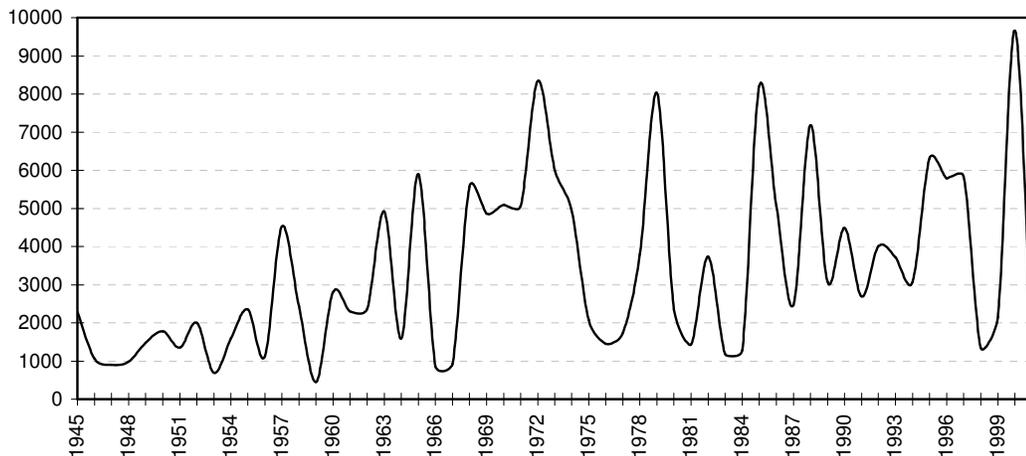
### **3.2.1 Pesca artesanal**

Esta seção é embasada em *Kalikosky e Vasconcelos* (2001 e 2002). Quando os recursos ainda eram abundantes, o calendário de pesca permitia aos pescadores se beneficiar dos recursos ao longo do ano, ao mesmo tempo em que limitava a pressão de pesca sobre uma única espécie. Por exemplo, a pesca de bagres durante os meses de verão era normalmente desencorajada e desnecessária, considerando a abundância de outros recursos naquele período, como a corvina e o camarão.

Espécies como a tainha, que eram capturadas principalmente durante os meses de abril e maio, passaram durante a década de 1990 a ser alvo da pesca artesanal ao longo de todo o ano praticamente. O emprego de redes de emalhe pelos pescadores artesanais (o qual se intensificou a partir da década de 1960) também propiciou a captura de tainhas e corvinas durante o mesmo período, pois a espécie está presente no estuário, quase todo o ano.

Quando a safra de camarão-rosa é satisfatória (mais de 5.000 toneladas/ano), a renda mensal do pescador pode atingir US\$100,00 por mês, e, quando a captura é baixa (máximo de 2.000 toneladas/ano), a renda cai para menos da metade deste valor por mês. A trajetória da captura de camarões mostra grandes oscilações, o que indica a sobre posição de períodos de grandes capturas, que provocam a diminuição radical dos estoques no período seguinte como ilustra o Gráfico 3.7.

**Gráfico 3.7: Desembarque histórico de crustáceos no RS**



Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA-CEPERG, 2001.

A linha tendência apresenta-nos um aumento na trajetória, mas com grandes oscilações, que chegam a provocar variações de 6.000 toneladas de um ano para outro. A grande variância sinaliza um grande esforço de pesca. A trajetória só se mantém porque os crustáceos têm seus predadores (peixes) subtraídos em uma proporção ainda maior. Com a

retirada dos peixes, é possível que as populações de crustáceos e moluscos cresçam. Note-se que o esforço de pesca é diretamente proporcional à variância da série.

O tamanho das redes de emalhe tem aumentado ao longo do tempo em resposta ao declínio dos rendimentos da pesca artesanal. Por exemplo, pescadores que usavam redes de emalhe de 300 metros há 20 anos atrás hoje necessitam de 1.400 a 2.000 metros de redes para capturar uma quantidade igual ou inferior de tainhas. A legislação vigente autoriza que cada embarcação faça uso de no máximo 1.800 metros de rede no estuário. Outras mudanças importantes no poder de pesca foram provocadas pelo aumento da potência dos motores e o uso cada vez mais freqüente de ecossondas para localização dos cardumes.

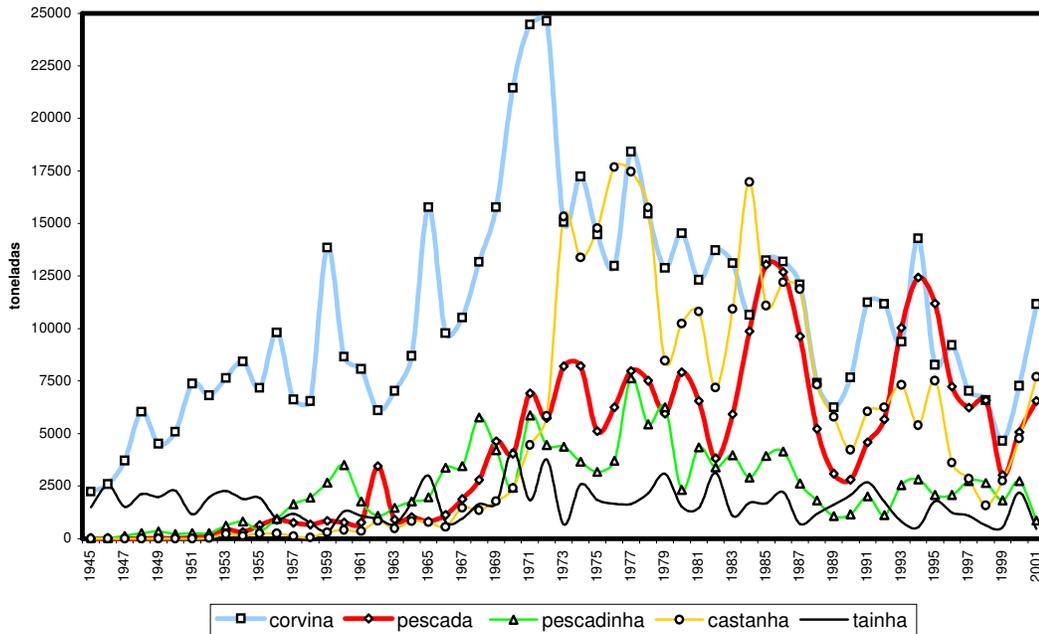
A escassez de recursos no estuário da Laguna dos Patos e a melhoria nas tecnologias das embarcações, aumentou a utilização da zona costeira pelos pescadores artesanais. A pesca na região marinha costeira intercepta as espécies estuarino-dependentes antes de sua migração para dentro do estuário, assim como espécies marinhas antes pouco cobiçadas pelos pescadores artesanais, como a pescadinha, anchova e os camarões marinhos.

### ***3.2.2 Pesca industrial***

Os estoques de corvina, castanha, pescadinha, pescada e castanha sinalizam quedas com bastantes oscilações. Particularmente, a pescada apresenta uma tendência crescente na sua captura, porém os ciclos estão aumentando de tamanho, como mostra o Gráfico 4.8. A corvina continua sendo o principal peixe capturado no RS. Apesar de ser um peixe considerado de terceira ou quarta linha, esta espécie possui um grande poder metabólico e altas taxas de reprodução, o que permite a adaptação em ambientes

menos favoráveis. A pescadinha e a tainha apresentam uma queda contínua nos estoques e atingem níveis preocupantes, como mostra o Gráfico 3.8 a seguir.

**Gráfico 3.8: Desembarque histórico dos principais peixes teleósteos capturados no RS**



Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA-CEPERG, 2002.

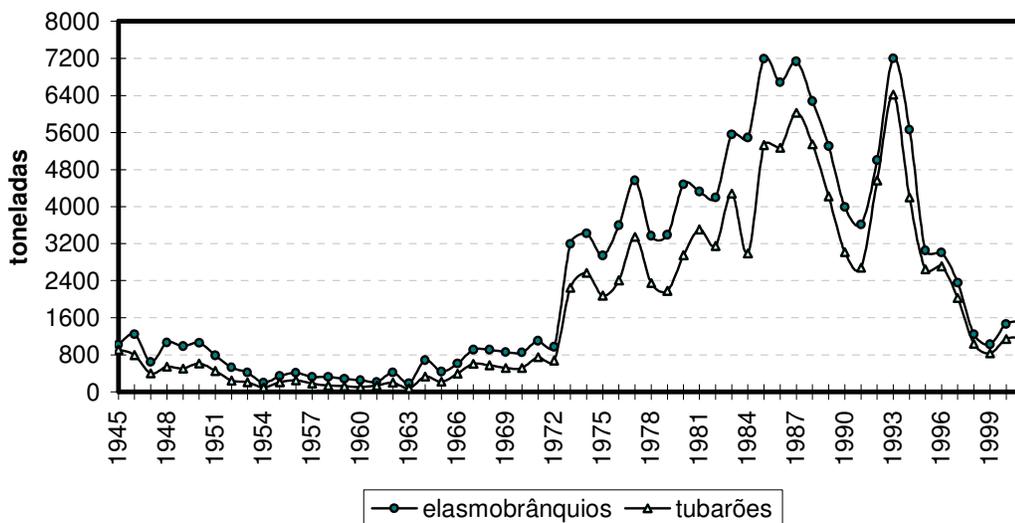
As espécies acima denominadas são peixes teleósteos que se reproduzem a taxas bastante altas. Um dos principais fatores que motivam uma análise mais detalhada do ecossistema em detrimento do exame de uma única espécie, são as diferenças entre os grupos de espécies. Entre os peixes, há os que se reproduzem lentamente, como os tubarões e as arraias (elasmobrânquios = peixes cartilagosos). Outras espécies como a miragaia e o pargo são muito sensíveis às mudanças ambientais.

A série histórica de captura de elasmobrânquios (Gráfico 3.9) decaiu intensamente nos últimos 10 anos, tendo em vista seu baixo valor, chegando até mesmo a serem dispensadas pelos pescadores. Porém, com a queda em outros estoques no fim da década de 1970, a sua extração intensificou-se. A pressão foi intensa e, então, os estoques começaram a cair em 1987.

Em 1992, houve uma recuperação na captura, mas em 1994 esta voltou a cair e não mais se recuperou. Essas espécies não são diferenciadas pela pesca, porém pela taxa de reprodução, que é dez mil vezes menor do que a de algumas espécies teleósteas. Além disso, a população é menor do que a maioria dos peixes. Em alguns lugares do mundo, onde a pesca é regulada, é determinado que a captura destas espécies não ultrapasse 1% da total.

No RS, a pesca de elasmobrânquios chegou a 15% do total em 1994. Como mostra o Gráfico 3.9, a trajetória da captura de elasmobrânquios distingue-se da percorrida pela captura total. Tal circunstância deve-se ao fato de que essas espécies não tinham um bom valor de mercado e, portanto, não eram visadas. Contudo, com a redução de alguns estoques de maior expressão econômica, elas começaram a ser mais cobiçadas.

**Gráfico 3.9: Desembarque histórico de elasmobrânquios e seu principal representante: os tubarões no RS**

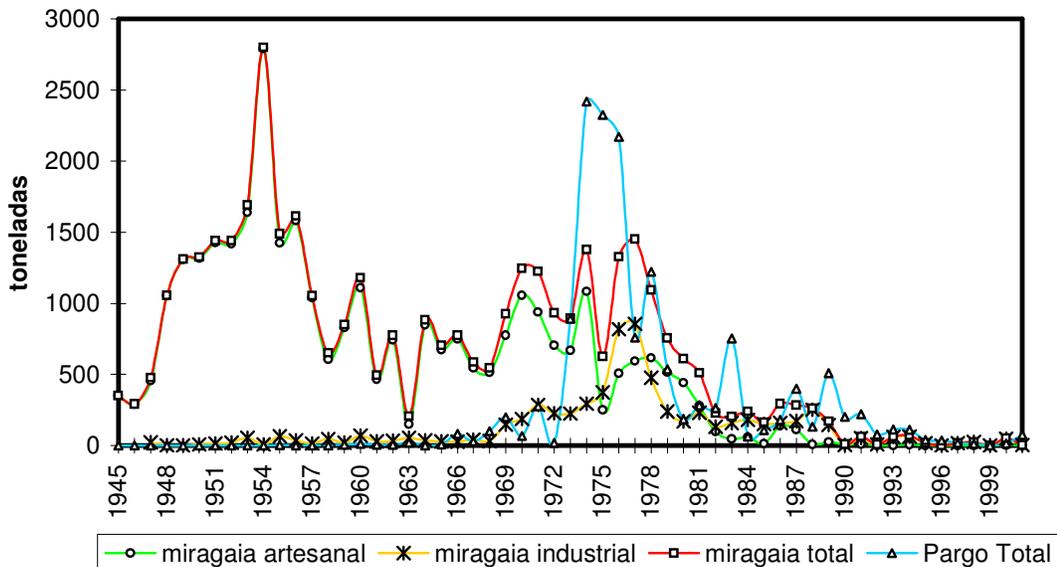


Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA-CEPERG, 2002.

O interesse nos tubarões reside principalmente nas suas barbatanas, que possuem alto valor no mercado asiático. Muitas vezes, os tubarões são lançados no mar depois da retirada das barbatanas.

Assim como os tubarões, a miragaia é uma espécie de peixe pré-histórica, tendo sido a maior atração da pesca artesanal de Rio Grande durante muitos anos. Estes grandes animais chegavam na beira da costa para se alimentarem, o que facilitou a sua sobreexploração. O pargo é um peixe de primeira linha que habita as águas distantes da costa. As séries históricas dos estoques de miragaia e pargo indicam claramente a sobre exploração desses recursos, como ilustra o Gráfico 3.10

**Gráfico 3.10: Desembarque histórico de miragaia e pargo rosa no RS**



Fonte: O próprio autor, com base nos dados IBAMA, 2001.

A captura de miragaia atingiu o pico em 1954, depois iniciou uma trajetória de queda até 1963. Com o interesse da pesca industrial por essa espécie, a sua captura total se recuperou até 1978, quando iniciou-se o declínio e não mais se equilibrou. Atualmente, a espécie está à beira da extinção.

Por serem espécies de alto mar, os pargos são capturados exclusivamente pela pesca industrial. O interesse pela espécie começou em 1972 e em apenas dois anos já foi atingida a máxima captura histórica para ela. Em 1978, a queda no estoque ficou

evidente e, a partir daí, a captura nunca mais ultrapassou 1/5 da máxima histórica. A contar de 1994, o estoque ficou praticamente esgotado.

### **3.3 Políticas públicas e regulação da pesca no RS**

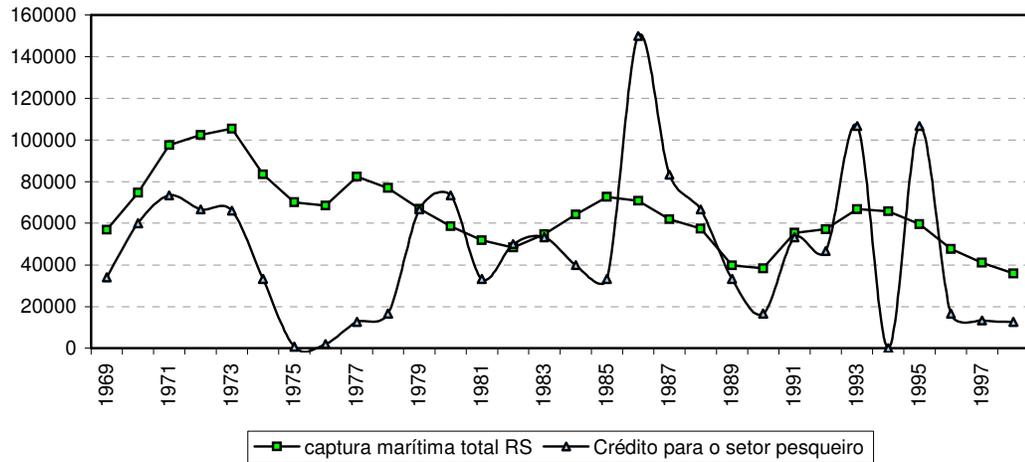
As políticas públicas no RS podem ser divididas em duas: a regulação da pesca e a intervenção governamental com crédito subsidiado e benefícios fiscais.

Segundo *Abdallah* (1998), a promulgação do Decreto-lei número 221, em 1967, permitiu às pessoas jurídicas fazerem deduções tributárias para investimento na atividade pesqueira, através da isenção dos impostos de importação e de renda. Em 1972, foi suspensa a benesse e depois foi prorrogada até 1989, com percentuais ainda mais baixos (dedução de 12,5% do imposto de renda).

Ainda segundo a autora, em 1988, foi outorgada isenção na compra de óleo diesel, que é um dos principais insumos dos barcos (40% dos custos aproximadamente). Com o subsídio, o valor do combustível ficou 30% mais barato para os barcos. A partir de 1996, foi concedido o subsídio de 12% sobre o preço do óleo, sem ICMS.

O crédito rural foi outro expediente utilizado pelo governo para tentar estimular o setor pesqueiro. O RS captou anualmente em torno de 16% de tudo que foi dado ao setor. A utilização do crédito deu-se 77% para captura, 16% para a comercialização e 7 % para investimentos.

**Gráfico 3.11: Crédito no RS (em milhões de R\$, 1998)**



Fonte: Abdallah, 1997.

Ainda assim, o crédito não conseguiu estimular as capturas a ponto de reverter a queda. Como mostra o Gráfico 3.11, as séries possuem comportamento semelhante até 1979. A partir de 1980, quando a captura começou a cair mais acentuadamente, o crédito iniciou a ser mais um pouco mais demandado. Na década de 1990 existe uma certa relação entre crédito e captura, mas especula-se que, como o crédito em parte é para cobrir os custos de extração, dependendo do tamanho dos estoques marinho no período, maior será a demanda por créditos com taxas de juros parcial ou totalmente subsidiadas pelo Governo.

Talvez isso se deva ao fato de o crédito ser tratado como uma forma de ajuda para momentos difíceis e não como um real instrumento potencializador da pesca. Se assim o fosse, envolveria não só pesquisa em técnicas de extração mas em manejos sustentáveis da pesca. Isso inclui o entendimento de que, em se tratando de animais selvagens, a demanda depende mais de quanto o ambiente pode-nos oferecer do que a própria necessidade da demanda.

De outra parte, as políticas públicas não se preocupam em analisar os estoques, nem a sua capacidade de extração, simplesmente tentam reduzir os custos dos pescadores através da concessão de subsídios ou incentivam a tecnologia de captura.

A regulação é tipo *comand-control*, porém não é fiscalizada de forma adequada. Até porque é impossível medir ou pesar todos os peixes (ou mesmo amostras de todos os desembarques). A solução poderia ser o estabelecimento de cotas. Porém, como visto na experiência da Islândia, até para que as cotas sejam estabelecidas na quantidade adequada, é necessário que se leve em conta o comportamento dinâmico dos oceanos e das suas populações.

Caso a regulação da pesca seja feita sem antes realizar um estudo da capacidade estável dos estoques para ver a extração que suportam sem prejudicar as pescarias futuras, corre-se grande risco de fracasso como mostram as experiências canadenses e Islandesas descritas no final do Capítulo 2. O tipo de regulação adotada no RS é de difícil fiscalização e restringe-se a proibir determinados tipos de malhas, vedar as capturas em alguns períodos do ano e regular a pesca de algumas espécies pelo tamanho mínimo para captura e também têm fracassado na manutenção sustentáveis dos recursos.

A tabela a seguir resume as principais políticas de regulação adotadas atualmente na pesca da região:

**Tabela 3.2: Regulação por tipo e áreas respectivas**

Tipo de Regulação	Ambiente		
	Estuário	Costa	Oceano
<b>Limite de áreas</b>	Não	-Não é permitido o arrasto no limite das 3 milhas; -Proíbe a pesca da anchova no limite das três milhas.	-Proíbe a frota estrangeira arrendada de fazer arrasto de fundo a menos de 200m de profundidade; emalhe de fundo a menos de 100m e espinhel de fundo a menos de 600m.
<b>Limite de acesso</b>	-a licença de pesca é concedida a pescadores locais que provam que atuam há mais de três anos na profissão.	-Limita o número de licenças para pesca de arrasto de peixes demersais e camarões; -Limita o número de licenças para arrasto e emalhe de fundo para a frota estrangeira.	
<b>Restrição sazonal</b>	-camarão: 01/06-31/01 -corvina: 01/03-30/09 -tainha: 01/06-30/09 -bagre: 01/05-30/09 e 01/12-28/02	-camarão: 01/03-31/05 -anchova: 01/11-31/03 para barcos > 10m -anchova: 01/12-31/03 para barcos < 10m dentro das 10 milhas náuticas -bagre: 01/01-31/03	
<b>Limite por tamanho</b>	-camarão rosa: 9 cm corvina: 35 cm -tainha: 35 cm -bagre: 40 cm -peixe rei: 20 cm -linguado: 35 cm -siri: 12 cm macho	-anchova: 40 cm	
<b>Arte de pesca</b>	-proíbe arrasto -max 10 redes aviãozinho por pescador -max 100 redes de emalhe por pescador	-Proíbe malhas de arrasto com menos de 9 cm. -proíbe malhas de camarão com menos de 2,4 cm.	-Proíbe malhas de arrasto com menos de 9 cm. - obriga o uso de equipamentos que minimizem as mortes acidentais de tartarugas.
<b>Cotas</b>	não	não	Max 5% de peixes de fundo para arrasteiros estrangeiros
<b>Proteção</b>	-proteção de sacos e de marismas.	-previne poluição por derrame de óleo e outros contaminantes.	

Fonte: elaboração própria, com base em IBAMA-CEPERG, 2001.

A pressão dos pescadores por benefícios e créditos subsidiados, a tradição do setor somado à situação difícil em que se encontra a pesca e, principalmente, a falta de disposição e de mecanismos físicos e institucionais para controlar o setor pesqueiro, indicam que os mecanismos adotados são ineficientes. A situação começaria a melhorar com o estabelecimento de cotas, mas que sem uma análise anterior da capacidade ambiental, também poderiam não surtir efeito, ou até piorar a situação, como ocorreu na Islândia, que definiu as cotas com base na máxima captura histórica. É como se o RS

estabelecesse cotas equivalentes a 105 mil toneladas por ano, volume que não se sustentou por mais de um período.

O Estado possui um litoral com um bom potencial para a pesca, com uma variedade razoável de espécies e gêneros, o que fornece um grande número de opções de exploração econômica do pescado. Por outro lado, requer um entendimento das inter-relações existentes entre elas, a fim de que se consiga preservá-las, como mamíferos e aves marinhas, bem ainda a estabilidade dos estoques de peixes, crustáceos, moluscos e algas. Só assim a exploração será sustentável e a biodiversidade, preservada.

## CAPÍTULO IV

---

### OS MODELOS BIOECONÔMICOS

Este capítulo mostra os principais modelos que analisam a retirada de recursos naturais renováveis como os peixes. Esses modelos buscam uma extração ótima ou uma trajetória ótima para extração desse tipo de recurso. Os modelos matemáticos que utilizam simultaneamente variáveis econômicas e biológicas são chamados de modelos bioeconômicos.

Tratam de recursos renováveis utilizados como insumo para a Economia e pertencem a algum ecossistema, de modo que os setores que dele se utilizam devem ser analisados por modelos que envolvam os dois tipos de variáveis. A seguir, serão demonstrados os principais tipos de modelos matemáticos que se propõem a fazer um estudo integrado entre Economia e Ecologia.

Conforme foi visto, um elemento essencial quando se examina a questão da sustentabilidade pesqueira é a característica de recurso de propriedade comum, ou seja, não existem direitos de propriedade estabelecidos, como é o caso dos mares e oceanos. Como foi visto, o fato de serem zonas de livre acesso pode acarretar o problema chamado de Tragédia nos *Commons*.

Segundo *Baumol e Oates* (1988), o fato dos pescadores atuarem em áreas de livre acesso faz com que não internalizem todos os custos de depredação dos estoques. O equilíbrio da pesca em áreas de livre acesso ocorre quando o produto médio (**PM<sub>e</sub>**) é igual ao custo de oportunidade do pescador, ou seja, o quanto ele ganharia em outra atividade econômica com o mesmo investimento que está realizando na pesca. No caso do estabelecimento de direitos de propriedade, os pescadores entrarão até o ponto em que o produto marginal (**PM<sub>g</sub>**) for igual ao custo de oportunidade. Como o **PM<sub>g</sub>** é menor do que

o produto médio para qualquer nível de preço (custo de oportunidade), o nível de captura com direito de propriedade é menor do que com livre acesso. Logo, a pressão sobre os estoques é menos expressiva e a sustentabilidade pode ser atingida mais facilmente.

*Sandler (1976)*, em trabalho intitulado *On Commons and Tragedy*, valendo-se da teoria dos jogos, concluem que o equilíbrio de *Nash* sempre leva à sobre-pesca em áreas de livre acesso. Afirmam também que o ótimo de *Pareto*, que estabelece um nível de captura menor, só é atingido com acordos de pesca. Os autores mostraram ainda que o equilíbrio de *Nash* alcançado por oligopólios pesqueiros conduz à superexploração. O ótimo de *Pareto* ou eficiência no sentido de *Pareto* só é atingido por um monopolista discriminador de primeiro grau e pela concorrência perfeita.

Os modelos bioeconômicos são bastante variados, indo desde logísticos bem simples a sofisticados modelos de equilíbrio geral. A seguir, são demonstrados os principais paradigmas bioeconômicos.

#### **4.1 Modelo logístico de *Verlhust-Pearl***

A idéia básica deste modelo é que a população do período seguinte  $N^{t+1}$ , é igual a população atual  $N^t$  mais o crescimento do estoque no período. A trajetória da população é dada pela seguinte expressão:

$$N^{t+1} = N^t + \eta N_t \left( 1 - \frac{N_t}{M} \right) \quad (4.1)$$

O crescimento populacional é auferido pela taxa de crescimento multiplicada pelo estoque atual, descontando o termo limitador de ambiente, de acordo com o termo:

$$\eta N_t \left( 1 - \frac{N_t}{M} \right) \quad (4.2)$$

onde:  $N$  é a biomassa,  $M$  é o limite<sup>22</sup> que o estoque pode atingir frente às limitações do meio ambiente e  $\eta$  é a taxa de crescimento.

Inicialmente, o crescimento é lento, depois aumenta marginalmente até chegar no ponto de inflexão da função. Posteriormente, atinge o máximo e começa a cair até chegar a zero, quando alcança a capacidade máxima do ambiente. Quanto mais o estoque se aproxima do limite  $M$ , menor será o crescimento.

A taxa de equilíbrio populacional  $dN/dt$  corresponde a cada nível de biomassa  $N^t$  do recurso. A trajetória da população é sigmóide, partindo da origem até o tempo em que o estoque atinge o ponto máximo. Em um ambiente isolado, começando uma criação com um casal, teremos um crescimento lento no início até que muitos casais estarão procriando e o crescimento do estoque será grande e rápido. Como o ambiente é limitado, chegará num ponto em que a competição aumentará muito, inibindo o crescimento do estoque, que atingirá um nível estacionário. Esse ponto é a máxima capacidade do ambiente para essa espécie.

#### 4.2 Modelo bioeconômico de *Schaefer*

A contribuição de *Schaefer* foi acrescentar na Equação 4.1 a captura da pesca ( $C$ ).

$$\frac{dN_t}{dt} = \eta N_t \left( 1 - \frac{N_t}{M} \right) - C_t \quad (4.3)$$

*Schaefer* assume  $C_t$  como sendo:

$$C_t = cE_f N_t \quad (4.4)$$

---

<sup>22</sup> A limitação do ambiente explica porque as populações não crescem infinitamente sem a presença da pesca.

onde:  $E$  é o esforço de pesca (número de embarcações por unidade de tempo ou a qualquer informação mais detalhada do tipo e do número de redes e anzóis por unidade de tempo) efetuado no estoque  $N$ , e  $c$  é o coeficiente de capturabilidade (percentual que uma unidade de esforço consegue retirar do estoque por unidade de tempo). Desse modo, o estoque de equilíbrio  $\dot{N}$  é dado por:

$$\dot{N} = g(N) - cE_f N_t = \eta N_t \left(1 - \frac{N_t}{M}\right) - cE_f N_t \quad (4.5)$$

A equação 4.5 tem uma solução única no ponto de encontro da curva sigmóide  $g(N)$  com a reta  $cEN$ .

A posição da reta sobre a parábola é determinada pelo ângulo de inclinação da reta dos custos. A solução do modelo exige que  $\frac{dN_t}{dt} = 0$  no máximo da função.

Logo:

$$\eta N_t \left(1 - \frac{N_t}{M}\right) - cE_f N_t = 0, \text{ isolando } N \text{ temos:}$$

$$N = \left(1 - \frac{cE_f}{\eta}\right) M. \text{ Logo:} \quad (4.6)$$

$$C_t = cE_f \left(1 - \frac{cE_f}{\eta}\right) M \quad (4.7)$$

Derivando a Equação 4.7 em relação ao esforço  $E$ , obtemos a relação entre captura e esforço sustentável de equilíbrio, o que gera uma parábola onde o topo é o ponto de rendimento máximo sustentável. No início, quando existem poucos barcos, o crescimento da biomassa é maior do que os custos de extração, em razão da facilidade de capturar e dos poucos pescadores competindo. A partir do ponto onde o custo é igual à receita, com a entrada de novas embarcações, haveria prejuízo. Note que o esforço ( $E$ ) que

promove o máximo rendimento sustentável (mrs) é igual a  $E_{mrs} = \frac{\eta}{2c}$ . Neste caso a

máxima captura sustentável é dada por:  $C_{mrs} = \frac{\eta M}{4}$

#### 4.3 O modelo de *Gordon-Schaefer* (GS)

O modelo GS inclui uma análise econômica mais apurada que a anterior.

Multiplicando os valores obtidos com a curva de crescimento do estoque pelo preço do recurso, obtemos a curva de rendimento econômico e, multiplicando a reta do esforço de captura pelo custo unitário de extração, obtemos a reta de custos. O ponto de máximo rendimento econômico sustentável é obtido na maior distância entre a parábola e a reta e o máximo rendimento sustentável ocorre no máximo da função. Segundo os autores, a biomassa de equilíbrio sustentável é inversamente proporcional ao número de barcos.

A teoria dos recursos renováveis em situação de livre acesso (propriedade comum) foi construída por *Gordon* (1954). Segundo ela, nesse tipo de situação o equilíbrio ocorre quando o fluxo de receitas é exatamente igual ao dos custos de exploração. Este resultado de *Gordon* pode ser considerado como o segundo teorema da teoria dos recursos naturais (depois do de *Hotelling* a respeito dos recursos esgotáveis). A exploração em livre acesso é mais intensa que a privada, podendo conduzir mais rapidamente ao esgotamento dos estoques.

As hipóteses básicas do modelo são: **i)** livre acesso às pescarias, **ii)** existe um custo proporcional ao esforço da pesca, **iii)** existe um preço ( $P$ ) pago pelo pescado. A partir da Equação 4.7, multiplicando  $P$ , obtemos a receita total:

$$RT=P.C(E) \tag{4.8}$$

O custo total (CT) é proporcional ao esforço de pesca. Logo:  $CT=mE$

onde  $\psi$  é o custo por unidade de esforço, portanto, o lucro é dado por:

$$\pi = RT - CT = PC(E) - mE \quad (4.9)$$

O esforço segue até atingir um nível de captura  $E^*$ , chamado de equilíbrio bioeconômico de *Gordon* e é dado onde  $RT = CT$ , ou seja, quando o lucro é diluído entre os pescadores. Se  $E > E^*$ , os efeitos negativos da pescaria em livre acesso começam a aparecer e  $CT > RT$ . Se  $E < E^*$ , mais pescadores entrarão. Em situação de equilíbrio, temos:

$$\dot{N} = \frac{dN}{dt} = \eta N_t \left( 1 - \frac{N_t}{M} \right) - cE_f N_t = 0 \quad (4.10)$$

$$RT - CT = P \cdot cEN - mE = 0 \quad (4.11)$$

Na solução desse sistema de equações obtém-se o esforço de equilíbrio,

$$E^* = \frac{\eta}{c} \left( 1 - \frac{m}{PcM} \right) \quad (4.12)$$

O modelo dinâmico de *Gordon-Schaefer* assume que o preço do pescado é uma constante ( $P$ ). O lucro do pescador é obtido pela receita total menos o custo do esforço de pesca. Assim sendo:

$$\pi_t = PC_t - mE_t \quad (4.13)$$

onde:  $m$  é o custo por unidade de esforço ou por unidade capturada. No equilíbrio, o lucro é igual a zero. Reescrevendo a equação, temos que:  $\pi_t = E_t(PcN_t - m) = 0$

Portanto, o estoque de equilíbrio é atingido quando:

$$\bar{N} = \frac{m}{cPE_t} \quad (4.14)$$

Segundo esse modelo, a população de equilíbrio será menor para menores custos de extração, mantendo o preço constante. Se o preço aumentar proporcionalmente aos custos, a população de equilíbrio não se altera. Porém, se os custos aumentarem mas os subsídios compensarem esse aumento, a população de equilíbrio cairá. Quanto mais

subsidiado for o setor, menor será a biomassa de equilíbrio. No limite, se os custos forem totalmente subsidiados, a população de equilíbrio será igual a zero.

As limitações do modelo de *Gordon-Schaefer* estático e dinâmico é que estes ignoram as interdependências biológicas e utilizam poucas variáveis econômicas, além de não considerarem os processos geradores de biomassa, tampouco as mudanças ambientais provocadas pela poluição e degradação.

#### 4.4 A teoria do controle ótimo aplicado à pesca

Este modelo, inspirado no de *Gordon-Schaefer*, utiliza a técnica de otimização dinâmica do princípio do máximo, desenvolvida por *Pontriagyn* em 1962, e pode ser utilizada também para calcular a exploração ótima dos recursos naturais marinhos.

Admitindo  $N(t)$  o estoque do recurso marinho a ser explorado, sua variação será dada por:

$$\dot{N} = g(N(t)) - h(t) \quad (4.15)$$

onde:  $g$  é a taxa de reconstituição do estoque  $N$ , e  $h$  é a taxa de captura de  $N$ . O lucro ou fluxo de benefícios econômicos líquidos é expresso pela forma:

$$\pi = \pi[N(t), h(t), t] \quad (4.16)$$

onde: a equação 4.15 é a função lucro intertemporal que se deseja maximizar,  $X$  é a variável de estado (que não está sob nosso controle), no caso o estoque marinho,  $h$  é a variável de controle (que podemos controlar), na hipótese, a quantidade do recurso que vamos extrair. Com isso, o problema de maximização é o seguinte:

$$L = \int_0^{\infty} \pi(t) e^{-\delta t} dt \text{ s.a} \quad (4.17)$$

$$\dot{N} = g(N(t)) - h(t); N(0) = N_0; 0 \leq h(t) \leq h \max$$

onde:  $e^{-\delta}$  é a taxa de crescimento dinâmico. A trajetória do modelo pode ser escrita através do seguinte *hamiltoniano*:

$$H[N(t), h(t), \lambda(t), t] = \pi(t)e^{-\delta} + \lambda(t)[g(N(t)) - h(t)] \quad (4.18)$$

As condições de primeira ordem são as derivadas de H em relação às variáveis de estado e de controle. Neste caso:

$$\frac{\partial H}{\partial h(t)} = \pi'_h e^{-\delta} - \lambda(t) = 0 \quad (4.19)$$

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial H(\cdot)}{\partial N(t)} = \pi'_x e^{-\delta} - \lambda(t)G'_x \quad (4.20)$$

A trajetória ótima é fornecida por:

$$G'_x + \frac{\pi'_x}{\pi'_h} = \delta \quad (4.21)$$

Quanto maior for o poder sobre a variável de controle em relação ao rendimento do estoque, menor será ao crescimento deste. O resultado teórico deste modelo é que devemos retirar dos mares uma quantidade que nos períodos futuros permita a mesma extração. Não se trata da quantidade desejada, mas daquela que os mares permitem que se retire. O ponto filosófico que necessitaria de acordo é que o legado para as futuras gerações de humanos é importante e deve entrar nos cálculos atuarias dos recursos naturais, isto é, quanto valerá no futuro, a preços de hoje, o que estamos retirando atualmente. Se for muito superior, deveríamos repensar a velocidade da retirada.

#### 4.5 Modelo predador-presa de Lotka e Volterra

Este tipo de modelo considera a situação na qual uma espécie (predador) alimenta-se de outra (presa), que vive de outra fonte de alimento (algas, por exemplo). É necessário salientar que um paradigma que envolva apenas duas espécies não pode

descrever, na sua integridade, as complicadas relações que se estabelecem entre os seres da natureza. Porém, permite que tenhamos uma noção de como sucedem tais fenômenos.

Vamos indicar por A e B, respectivamente, as populações do predador e da presa, em um instante  $t$ . Para a construção do modelo são necessárias as seguintes hipóteses:

1) Na ausência do predador, a presa cresce a uma taxa proporcional à população presente.

Logo,  $\frac{dB}{dt} = bB$ ,  $b > 0$ , quando  $A = 0$ .

2) Na ausência da presa, o predador desaparece. Logo,  $\frac{dA}{dt} = -aA$ ,  $a > 0$ , quando  $B = 0$ .

3) O número de encontros dos predadores com suas presa são proporcionais ao produto das respectivas populações. Cada encontro tende, inicialmente, a promover o crescimento do predador e inibir o crescimento da presa. Assim, a taxa de crescimento do predador é acrescida por uma parcela da forma  $cAB$ , enquanto a taxa de crescimento da presa é diminuída por uma parcela  $-dAB$ . Os parâmetros são constantes positivas.

Dadas estas hipóteses, o seguinte sistema de equações pode ser criado:

$$\frac{dA}{dt} = -aA + cAB = A(-a + cB) \quad (4.22)$$

$$\frac{dB}{dt} = bB - dAB = B(b - dA) \quad (4.23)$$

Os seus pontos críticos são as soluções de:

$$A(-a + cB) = 0, \quad B(b - dA) = 0,$$

isto é, os pontos  $(0,0)$  e  $(\frac{a}{c}, \frac{b}{d})$ .

Como foi dito na seção anterior, se a população de A estiver maior do que a de B, faltará alimento e A também diminuirá. Após, a população B começará a aumentar

por falta de predador e assim sucessivamente. O ponto que foi analisado é central, o que significa que as populações podem-se equilibrar.

A introdução da pesca neste tipo de parâmetro é muito complicada porque o Homem não depende do tamanho da população de peixes selvagens para viver. Logo, mesmo que o número de tais animais diminua, ele não vai parar de pescar porque não terá a sua população reduzida. Se colocarmos o Homem como predador de uma das espécies, o sistema não terá solução porque não seria possível acrescentar uma terceira equação (como já dissemos o Homem não depende da população de peixes selvagens), mas teríamos que acrescentar outra variável em uma das equações. Com isso, teríamos duas equações para três incógnitas.

O sistema inicial ficaria com a seguinte formulação:

$$\frac{dA}{dt} = -aA + cAB = A(-a + cB) \quad (4.24)$$

$$\frac{dB}{dt} = bB - dAB - cHB = B(b - dA - cH) \quad (4.25)$$

onde a parcela  $cHB$  significa os encontros dos barcos com a espécie B.

O resultado do modelo indica que a população de peixes se extingue se a população de homens não depende somente dos peixes e consegue ir substituindo-os por outros alimentos. Caso os homens só consumissem peixes, quando a população de peixes se reduzisse, a população de humanos também se reduzir-se-ia. Com isso a população de peixes voltaria a crescer e a de humanos também, estabelecendo um equilíbrio dinâmico.

#### 4.6 O modelo de *Von Bertalanfy*: taxa crítica de captura

Esta seção visa mostrar o procedimento desenvolvido por *Canales-Ponce-Bertalanfy*, que nos permite verificar a diferença entre os tamanhos ótimos para captura sob os pontos de vista biológico e econômico.

##### **Taxa crítica biológica**

Taxa crítica biológica é aquela que, dadas as taxas de crescimento e mortalidade de uma espécie, maximiza sua biomassa (número de indivíduos da população vezes o peso individual médio).

Seja  $I_t$  o número de indivíduos na idade  $t$ , e  $\alpha$  a taxa de mortalidade instantânea de uma espécie, temos:

$$I_t = I_{t-1}e^{-\alpha t}, \quad (4.26)$$

onde: 'e' é a base dos logaritmos neperianos que corresponde ao fator de atualização contínuo ( $e \cong 2.7182$ ). Se  $\alpha = 0$ , a população está em equilíbrio, ou seja,  $I_t = I_{t-1}$ . Isso significa que a taxa de mortalidade absoluta está sendo totalmente compensada pela de nascimento. Quanto maior for  $\alpha$ , maior o número de óbitos em relação ao de nascimento, e com isso a população diminuirá mais rapidamente.

O peso individual dos peixes ( $P_t$ ) é crescente à medida que  $t$  aumenta. Essa relação foi desenvolvida por *Bertalanffy*, em 1938:

$$P_t = P_{máx} \left(1 - e^{-i \cdot t}\right)^c, \quad (4.27)$$

onde 'i' é a taxa de crescimento contínua das espécies (em média as espécies de peixes duram 5 anos e crescem aproximadamente 20% do seu comprimento máximo a cada ano), e 'c' é a relação cúbica entre comprimento e peso.

A expressão para biomassa em cada momento ( $B_t$ ) é dada por:

$$B_t = [I_{t-1}e^{-\alpha.t}] \left[ P_{m\acute{a}x} (1 - e^{-i.t})^c \right] \quad (4.28)$$

Derivando em relação ao tempo, temos:

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{\alpha}{c.i + \alpha}\right)}{i}. \quad (4.29)$$

Após obtermos  $t$ , podemos chegar ao comprimento biológico ótimo para captura de cada espécie através da relação tempo-comprimento de *Von Bertalanffy*:

$$C = C_{m\acute{a}x} (1 - e^{-i.t}). \quad (4.30)$$

### **Taxa crítica econômica**

A taxa crítica econômica maximiza a biomassa levando em conta o custo de oportunidade do investimento feito na captura. Os investidores avaliam a cada momento do tempo a conveniência de capturar ou esperar um pouco mais, ou seja, analisam se o incremento que ocorrerá na biomassa vai superar os custos da espera (custo de oportunidade).

O procedimento incorpora a taxa de custo de oportunidade ( $k$ ) na análise anterior:

$$MAX = B_t . e^{-k.t} = [I_{t-1}e^{-\alpha.t}] \left[ P_{m\acute{a}x} (1 - e^{-i.t})^c \right] . e^{-k.t} \quad (4.31)$$

Derivando em relação a 't':

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{\alpha + k}{c.i + \alpha + k}\right)}{i} \quad (4.32)$$

Para a obtenção do tamanho econômico ótimo, basta definir o custo de oportunidade e depois aplicar na relação tempo-comprimento.

## **4.7 Os modelos tipo insumo produto**

A crescente preocupação com a degradação ambiental provocada pelo crescimento econômico desenfreado fez com que os pesquisadores desenvolvessem teorias mais consistentes e completas. Os modelos tipo insumo produto incorporam os principais setores da economia, bem como suas principais inter-relações. Ao incorporar variáveis ambientais, estes paradigmas conseguem captar os impactos da exploração dos recursos naturais nos diversos setores da economia e vice-versa.

### ***4.7.1 O modelo de Daly***

*Daly* (1977) desenvolveu um modelo que abrange relações econômicas, ambientais e as observadas entre as variáveis econômicas e ambientais. Na estrutura do modelo, o mundo aparece dividido em setores humanos e não humanos.

O setor humano é representado pelas variáveis econômicas tradicionais do modelo de *Leontief* (1970), e o não humano é o setor ecológico. As relações do setor ecológico são consideradas por *Daly* como transferência de produtos ecológicos a preço zero. Os fluxos de produtos do setor econômico para o ecológico são chamados de externalidades. Quando estes fluxos ocorrem na direção oposta são denominados de bens livres.

**Tabela 4.1: Matriz insumo-produto ambiental de *Daly***

Produto de	Insumo para										Total
	Agricultura (1)	Indústria (2)	Famílias Consumo Final (3)	Cetá- ceos (4)	Piní- deos (5)	Peixes carnívo- ros (6)	Peixes plantô- nicos (7)	Zoo- plâncton (8)	Fito- plânc- ton (9)	Con- sumo Final (10)	
	Quadrante (2)			Quadrante (1)							
1.Agricultura		Q12				Q16	Q17				Q1
2.Indústria	Q21	Q22	Q23			Q26	Q27				Q2
3.Família		Q32				Q36	Q37				Q3
	Quadrante (3)			Quadrante (4)							
4.Cetáceos						Q46	Q47				
5.Pinídeos						Q56	Q57				
6.Peixes carnívoros	Q61	Q62	Q63	Q64	Q65	Q66	Q67	Q68	Q69	Q610	Q6
7.Peixes plantônicos	Q71	Q72	Q73	Q74	Q75	Q76	Q77	Q78	Q79	Q710	Q7
8.Zooplâncton						Q86	Q87				
9.Fitoplâncton						Q96	Q97				
10.Sol						Q106	Q107				

Fonte: construída a partir de informações de *Daly* (1977).

#### 4.7.2 O modelo de *Issard*

No modelo desenvolvido por *Issard* (1979), os fluxos dos insumos econômicos e ecológicos, entre os setores marítimos e terrestres, são expressos em coeficientes técnicos. A inovação deste modelo está na forma de determinar esses coeficientes.

Os coeficientes econômicos são derivados dentro da matriz insumo - produto tradicional, já os coeficientes ambientais são derivados de forma exógena, diretamente a partir de dados técnicos. Para determinar os coeficientes que expõem as relações entre os recursos renováveis (insumos) absorvidos pelo processo produtivo econômico e os produtos ecológicos (descarga de resíduos) resultantes do processo produtivo, *Issard* deriva relações entre as quantidades físicas ambientais e os valores da produção econômica. A matriz genérica de *Issard* tem o seguinte formato:

**Tabela 4.2: Matriz de Issard**

Produto		Atividades (A)			
		Terra (T)		Oceanos (O)	
		Economia (E)	Ecologia (E <sub>i</sub> )	Economia	Ecologia
Terra	Economia	IET → AET	IET → A <sub>E</sub> T	IET → AEO	IET → A <sub>E</sub> O
	Ecologia	I <sub>E</sub> T → AET	I <sub>E</sub> T → A <sub>E</sub> T	I <sub>E</sub> T → AEO	I <sub>E</sub> T → A <sub>E</sub> O
Oceano	Economia	IEO → AET	IEO → A <sub>E</sub> T	IEO → AEO	IEO → AEO
	Ecologia	I <sub>E</sub> O → AET	I <sub>E</sub> O → A <sub>E</sub> T	I <sub>E</sub> O → AEO	I <sub>E</sub> O → A <sub>E</sub> O

Fonte: construída a partir de informações de *Issard* (1979).

Obs.: A seta → indica a direção do fluxo dos insumos.

Para derivar os coeficientes referentes ao meio ambiente, *Issard* monta uma submatriz com as variáveis ecológicas. Uma matriz desse tipo foi feita por *Issard* e sua equipe para descrever a cadeia alimentar do bacalhau.

**Tabela 4.3: Submatriz de Issard**

<b>P</b>	Plâncton	Plantas Marinhas	Detritos	Herbívoros Invertebrados	Arenque	Pequenos Peixes	Carnívoros Invertebrados	Bacalhau
Plâncton	+1				-10			
Plantas Marinhas		+1	-1					
Detritos			+1	-10				
Herbívoros Invertebrados				+1		-10	-10	
Arenque					+1			-1,167
Pequenos Peixes						+1		-1,667
Carnívoros Invertebrados							+1	-8,333
Bacalhau								+1

Fonte: Miranda (1980).

Os dados internos da tabela 4.3 são os coeficientes da cadeia alimentar do bacalhau. O sinal positivo significa oferta e o negativo, um insumo. Assim sendo, para gerar uma unidade de peixes pequenos, há necessidade de 10 herbívoros invertebrados; para produzir uma unidade de bacalhau, são necessárias 1.667 unidades de pequenos peixes, 1.167 de arenque e 8.333 de carnívoros invertebrados.

#### 4.8 Modelo de equilíbrio geral ecossistêmico

Desenvolvido por *Tschirhart*, em 2000, o modelo de equilíbrio geral ecossistêmico permite que a interferência da atividade econômica seja simulada por tipo de espécie ou gênero capturados. Com isso, os efeitos em todo o ecossistema podem ser verificados. Desta forma podemos entender e aumentar o grau de certeza em relação aos estoques futuros, fator primordial para qualquer planejamento da atividade pesqueira.

A teoria permite a modelagem de grandes ecossistemas. Cada espécie tem sua rede individual em que demanda biomassa das suas presas e oferta de biomassa para seus predadores. A rede é maximizada por um vetor de preços pago em energia (Kcal), em outras palavras, a espécie vai capturar com o menor desperdício de energia possível. O paradigma é formado pela união de todas as redes individuais dispostas em um sistema de equações.

A parte econômica do modelo pode ser uma simples verificação dos impactos da pesca no ecossistema até a integração com um modelo de equilíbrio geral econômico como o desenvolvido por *Finnof* (2000), com o propósito de modelar a economia a partir da teoria do equilíbrio geral de *Arrow Debreu* (1954), no modelo de *Finnof* o insumo de um dos setores (pesca) é retirado do mar. O paradigma incorpora a variável captura marinha na função de produção do setor pesqueiro. A variável captura permite a ligação com o modelo ecológico de *Tschirhart*. O elo é a pesca, que retira biomassa do modelo ecossistêmico e a coloca como insumo de produção no modelo econômico.

O equilíbrio no modelo ecológico traduz as proporções das espécies com preços (energia=Kcal) que equilibram o ecossistema. Inicialmente, é obtido sem a interferência da pesca. Após, a biomassa capturada é introduzida no modelo econômico

para analisar os impactos das variáveis nele presentes. À medida que os recursos são retirados, o modelo ecológico sofre impactos que são devolvidos para a economia, via função de produção do setor pesqueiro. Como foi visto, podemos dizer que existem quatro tipos de modelos: um tipo que busca obter a captura ótima, outro que visa obter a trajetória ótima, modelos estáticos e dinâmicos respectivamente. Um terceiro tipo de modelo busca as inter-relações entre as espécies envolvidas no ecossistema e suas relações com a parte econômica e, por fim, um quarto tipo, onde se destacam os modelos de equilíbrio geral, busca-se os comportamentos e as inter-relações dinâmicas das espécies e com a parte econômica.

## CAPÍTULO V

---

### MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL ECOLÓGICO

Este capítulo apresenta o método adotado para a obtenção dos resultados e mostra as variáveis e parâmetros utilizados. Os dados são destacados no final do capítulo.

A escolha do modelo de equilíbrio ecossistêmico foi feita com base nos seguintes critérios: primeiro, capacidade de verificar matematicamente as inter-relações entre as espécies e/ou gêneros envolvidos no ecossistema; segundo, a possibilidade de integração com algum tipo de modelo econômico e terceiro, a capacidade de simular ambientes com diversos níveis de degradação e poluição marinha.

Com base nestes critérios o modelo de equilíbrio geral ecossistêmico pareceu o mais adequado. O modelo foi elaborado de forma que cada espécie ou gênero tenha sua equação ou rede representativa, onde é presa de algumas espécies e predador de outras<sup>23</sup>. As equações em conjunto formam um sistema cuja solução fornece o equilíbrio entre as proporções das espécies envolvidas. Após a obtenção desse equilíbrio ecossistêmico, pode-se simular diversos níveis de capturas e se for possível obter o novo equilíbrio, já que dependendo da extração este pode não ocorrer.

O modelo foi desenvolvido respeitando diversos critérios utilizados pelos pesquisadores que trabalham com equilíbrio geral, principalmente no que diz respeito à obtenção de um vetor que harmonize um sistema de equações representativas e inter relacionadas. A finalidade foi permitir uma integração metodológica entre essas duas áreas da ciência através de alguma variável em comum, como os recursos naturais renováveis que são utilizados na produção e fazem parte de ambientes selvagens e por isso não podem

---

<sup>23</sup> A maneira como os animais e vegetais serão tratados analiticamente, depende dos dados disponíveis. É evidente que não existe a necessidade, pelo menos para os fins deste trabalho, de detalhar todas as espécies envolvidas. Por isso, pode-se agrupar por semelhança de comportamento, por gênero e por subespécies.

ser analisados como um insumo que tenha sua oferta atrelada apenas por fatores econômicos ou casuais.

Nas simulações com informação imperfeita a trajetória da espécie comporta-se de acordo com equação logística de *Verlhust-Pearl* e a população dos recursos marinhos é vista de uma forma geral, desconsiderando as diferenças entre os animais (como taxa de reprodução, metabolismo, etc.), as relações entre as espécies e os limites da capacidade do ambiente marinho.

Ao se analisar o ambiente dessa forma, trata-se o estoque como se fosse representado por uma única espécie (informação incompleta sobre o ecossistema). É como se o estoque de peixes dependesse somente dele mesmo, e não sofresse repercussões quando as outras populações do ecossistema marinho, como plânctons, golfinhos, leões marinhos, etc., se alteram.

Para as simulações com informação completa, alvo principal do trabalho, foi desenvolvido um modelo de equilíbrio geral ecossistêmico com base nos trabalhos pioneiros de *Tschirhar (1998)* e *Tschirhar e Finnoff (2000)*, que desenvolveram esse tipo de metodologia e a aplicaram para as Ilhas Aleutas no Canadá. A base teórica do modelo permite modelar um número infinito de relações entre as espécies e gêneros presentes em um ecossistema, tendo como restrição, a necessidade de informações detalhadas sobre o ambiente, nem sempre disponíveis, e de softwares que resolvam o sistema de equações. O método permite simular níveis de dificuldade ambiental provocados pela degradação e pela poluição. Cada rede possui um coeficiente negativo atrelado à capacidade de cada espécie em fixar energia (biomassa), e alterando este coeficiente podemos verificar o equilíbrio dinâmico após esta interferência.

## 5.1 O modelo de equilíbrio geral ecossistêmico

Um ecossistema contém  $m$  espécies, sendo que as maiores e menos numerosas são predadoras das menores e mais numerosas. Se os membros da espécie  $i$  são predadores da espécie  $j$ , então  $j > i$ , ou seja, presas ofertam biomassa para os predadores.

Cada organismo procede como se maximizasse uma rede de energia, onde o balanço energético (kcal) de cada rede é obtido pela diferença entre os fluxos de entrada e saída de energia via presas e predadores.

Cada espécie tem o seu mercado de oferta e de demanda de biomassa. Portanto, podem existir no máximo  $\sum_{i=1}^{m-1} i$  mercados ativos, já que o Sol oferta energia direta e indireta para todos e não demanda energia.

A hipótese é que cada organismo atua como se maximizasse sua rede de energia, onde o balanço energético da rede é dado pela diferença entre os fluxos de entrada e de saída desta.

O modelo tem como base a teoria das redes alimentares. Cada rede comporta a espécie principal, suas presas e seus predadores. A união de todas elas forma um sistema de equações que representa o ecossistema em questão. Os diferentes organismos do ecossistema maximizam suas redes alimentares levando em conta a quantidade de suas presas, de seus predadores e do preço energético pago para caçar.

A expressão a seguir representa uma rede de energia para um organismo representativo  $i$ :

$$R_i = [e_0 - e_{i0}]X_{i0} + \sum_{j=1}^{i-1} [e_j u_{ij} - e_{ij}]X_{ij} - \sum_{K=1+i}^m e_i u_{ik} Y_{ik} - \lambda^i \left( \sum_{j=0}^{i-1} X_{ij} \right) - B_i \quad (5.1)$$

onde:  $e$  é a unidade de energia (kcal) por unidade de biomassa (kg ou toneladas).  $X$  é a demanda e  $Y$  é a oferta.

A expressão acima é composta pelos seguintes termos:

- $[e_0 - e_{i0}]X_{i0}$  é a energia vinda do Sol e significa a energia solar  $e_0$  incorporada pela espécie  $i$  menos a energia gasta por  $i$  para incorporar a energia solar  $e_{i0}$ . Tudo vezes a biomassa incorporada por  $i$  vinda da espécie 0. Como (0) representa o Sol,  $X_{i0}$  é a biomassa incorporada pelas algas no processo de fotossíntese.
- $\sum_{j=1}^{i-1} [e_j u_{ij} - e_{ij}] X_{ij}$  é o somatório das demandas de  $i$  pelas espécies  $j$  e mostra as transferências de energia vindo das presas;  $u_{ij} < 1$  é o desperdício, ou fracassos no processo de captura;  $e_j$  é a energia incorporada, por uma unidade de biomassa, pela espécie  $i$  vindo da espécie  $j$ ;  $e_{ij}$  é a energia gasta por  $i$  para localizar e capturar  $j$ .
- $\sum_{K=1+i}^m e_i u_{ik} Y_{ik}$  é o somatório das ofertas de biomassa de  $i$  para seus predadores  $k = 1+i, \dots, m$ .
- $\lambda^i \left( \sum_{j=0}^{i-1} X_{ij} \right)$  é a perda de energia que as espécies têm com suas atividades vitais básicas. Ele reflete a dificuldade ou perda de energia com reprodução, digestão e defesa do território, como o termo é negativo quanto maior a dificuldade que o ambiente impõem a vida, menor será a energia acumulada pela rede, admitindo o mesmo esforço.
- $B_i$  é o metabolismo basal.

### 5.1.1 O problema da maximização

O sentido de maximizar um ecossistema é semelhante à maximização dos mercados na economia. As firmas são vendedoras e compradoras, e os consumidores só compram. Em um ecossistema, a maioria demanda e oferta biomassa, ou seja, são presas e predadores ao mesmo tempo.

Na economia, os preços alteram-se para regular os problemas de escassez e superprodução. Em um ecossistema, esses problemas são regulados pela maior ou menor dificuldade de se conseguir alimento, que promove uma variação no gasto de energia necessária para capturar as presas. A energia, medida em kcal, funciona como os preços para a economia e equilibra os ecossistemas.

Caso exista excesso de alguma mercadoria seu preço se reduzirá e vice-versa, se houver excesso de alguma espécie, a facilidade (energia despendida no processo) de seus predadores em capturá-la aumentará. É como se seu preço tivesse diminuído. Porém, como o ecossistema é um processo dinâmico, a população desses predadores aumentará e elevará a competição entre eles, dificultando a captura das presas que estão com a população menor em termos absoluto e relativo. O processo se auto-regula até que as populações encontrem suas trajetórias de equilíbrio, onde, em ambientes sem perturbações, as séries possuem oscilações bem pequenas e convergem.

A racionalidade econômica é a mesma dos ecossistemas porque os humanos são os seres mais evoluídos do meio terrestre, portanto, comportam-se de forma a maximizar seus interesses individuais e competem entre si para isso, protegendo apenas os mais próximos de si, como na natureza. Logo, um ecossistema funciona como uma economia primitiva, mas com a mesma essência dos tempos atuais, isto é, os animais também possuem preferências, mas levam em conta as dificuldades que terão em obter algum tipo de presa. Na economia, os consumidores possuem suas preferências, mas possuem restrições para as aquisições.

Os animais escolhem suas presas e se comportam, quando podem, como consumidores em um mercado. Como na economia, as sobras e excessos de cada mercado, serão corrigidas pelas variações nos preços, ou seja, na energia necessária à realização das inter-relações entre presas e predadores. No fim, teremos um equilíbrio geral regulado por

um vetor de preços medido em kcal. Da mesma forma, um vetor de preços (medido em unidades monetárias) reflete o grau de dificuldade de se obter algum tipo de bem, e regula o equilíbrio geral da economia.

Para fins de modelagem, cada ser vivo levado em conta pelo modelo possui um mercado próprio para si, com compradores e vendedores de comida, seus predadores e presas respectivamente. Cada um pode participar de outros mercados como presa ou predador de outras espécies. Se houver muitas presas disponíveis, é como se algum mercado fosse inundado por algum tipo de produto, certamente o seu preço cairia e a demanda aumentaria. No ambiente natural, é a mesma coisa.

Para analisar o problema de maneira formal temos que um membro representativo da espécie  $i$  maximiza a rede em relação as suas demandas. A condição de primeira ordem é dada por:

$$\frac{\partial R_i}{\partial X_{i0}} = [e_0 - e_{i0}] - \sum_{k=1+i}^m e_i \frac{\partial Y_{ik}}{\partial X_{i0}} - \frac{\partial \lambda_i}{\partial X_{i0}} = 0 \quad (5.2)$$

$$\frac{\partial R_i}{\partial X_{ij}} = [e_i - e_{ij}] - \sum_{k=1+i}^m e_i \frac{\partial Y_{ik}}{\partial X_{ij}} - \frac{\partial \lambda_i}{\partial X_{ij}} = 0 \quad (5.3)$$

Conforme as equações acima, o benefício marginal da captura deve ser igual ao seu custo marginal. Dividindo uma pela outra, temos:

$$\frac{e_0 - e_{i0}}{e_i - e_{ij}} = \frac{\sum_{k=1+i}^m \frac{\partial Y_{ik}}{\partial X_{i0}} - \frac{\partial \lambda_i}{\partial X_{i0}}}{\sum_{k=1+i}^m \frac{\partial Y_{ik}}{\partial X_{ij}} - \frac{\partial \lambda_i}{\partial X_{i0}}} \quad (5.4)$$

O lado esquerdo é a razão do ganho líquido da predação de  $i$  em  $j$  e em  $0$ . O direito é a razão do custo marginal da espécie  $i$ . No máximo da função, um organismo representativo  $i$  iguala a razão dos ganhos marginais com a razão das perdas marginais. Se as razões são desiguais, ocorrerá uma substituição da presa, ou seja, se o lado esquerdo for

maior que o direito, a espécie  $i$  preda mais a espécie  $0$  do que a  $j$ , porque trará um retorno líquido maior.

Admitindo que a condição de segunda ordem seja satisfeita, a de primeira pode ser calculada para  $X_{ij}$  como função dos preços, para encontrar as demandas:

$$X_{ij}(e_i) \equiv X_{ij}(e_{i0}, \dots, e_{i,i-1})$$

Para todo  $j=0, \dots, i-1$

Substituindo as demandas na oferta representativa, temos:

$$Y_{ik}(X_i(e_i)) = Y_{ik}[X_{i0}(e_{i0}, \dots, e_{i,i-1}), \dots, X_{i,i-1}(e_{i0}, \dots, e_{i,i-1})]$$

O vetor oferta depende da demanda, que, por sua vez, depende dos preços relativos:  $e_i = (e_{i0}, \dots, e_{i,i-1})$ .

Usando estática comparativa, o efeito de uma mudança nos preços sobre a demanda ótima pode ser determinado. Se o preço respeitar a lei da demanda, quando o preço pago para capturar um organismo aumenta (diminui), a demanda por esse organismo diminui (aumenta), como mostra o pressuposto *iii*, a seguir.

Portanto, o modelo segue alguns pressupostos:

i) Os predadores escolhem suas presas com base no quanto vão gastar para localizá-las e capturá-las;

ii) Os organismos desejam ofertar zero de biomassa, porém só poderão fazê-lo se

demandarem zero de biomassa também.  $\frac{\partial Y_{iv}(\cdot)}{\partial X_{ij}} > 0$ , isto é, quanto mais a espécie  $i$

demandar a espécie  $j$ , mais ela ofertará para a espécie  $v$ ;

iii)  $\frac{\partial X_{ij}}{\partial e_{ij}} < 0$ ;  $\frac{\partial Y_{ji}}{\partial e_{ij}} > 0$ , isso significa que quanto mais energia for necessária para capturar

uma presa, menor será a demanda por ela; e quanto maior o preço de  $j$  maior será a sua oferta, isto é, quanto mais difícil de capturá-la, mais a sua população crescerá.

As espécies podem ser presas e predadores ao mesmo tempo. Cada espécie demanda biomassa das suas presas e oferta biomassa para seus predadores. O “*mercado biológico*” é regulado por um vetor de preços pagos em energia; em outras palavras, uma espécie captura a espécie que lhe exigirá um custo menor em consumo de energia. No modelo, os organismos vão de  $1, \dots, m$ . Os organismos da espécie  $i$  são predadores da espécie  $j = 1, \dots, i-1$  e são presas da espécie  $v = i+1, \dots, m$ <sup>24</sup>.

### 5.1.2 Equilíbrio de curto e longo prazo

O curto prazo é definido como o tempo em que as populações permanecem constantes. No equilíbrio de curto prazo, a demanda é igual à oferta em todos os mercados de biomassa. Os agentes representativos têm redes iguais, menor ou maior do que zero. As redes diferentes de zero não são estáveis no longo prazo.

Redes de energias positivas estão associadas com o aumento da aptidão nas caçadas e com o aumento da população, a mesma regra vale para redes negativas.

No equilíbrio de longo prazo, as populações são variáveis e ajustam-se de acordo com o balanço de suas redes e as adaptações de suas populações. Segundo *Hannon* (1976), é um tipo de estado estacionário para a economia. Inicialmente, existe um número fixo de firmas e no longo prazo ajustam-se em torno de um lucro igual a zero, como ocorre com as populações em relação as suas redes.

Sendo  $N_i$  a população da espécie  $i$ , a condição de equilíbrio é dada por:

$$N_i X_{ij}(e_i) = N_j Y_{ji}(X_{ji}(e_j)) \quad (5.5)$$

ou seja, a população da espécie  $i$  vezes a sua demanda de biomassa da espécie  $j$  deve ser igual à população da espécie  $j$  vezes a sua oferta para  $i$ , com base nas presas de  $j$ .

---

<sup>24</sup> O vetor de presas ( $1, \dots, i-1$ ) e o vetor de predadores ( $i+1, \dots, v$ ) pode assumir alguns valores iguais a zero, isto é, nem todas as espécies de presas são consumidas pela espécie  $i$ , e nem todos os predadores capturam a espécie  $i$ .

O mercado inicial é chamado de mercado solar e é dado por:

$$e_{i0} = e_{i0}(N_i) \quad (5.6)$$

No curto prazo, as populações são constantes e para levar o equilíbrio para o longo prazo basta ajustar as populações. Estas acomodam-se até as redes zerarem. Em outras palavras, suponha uma rede positiva de energia. Inicialmente, a sua população aumenta, o que faz com que o preço pago pelo predador para capturar a espécie pertencente a uma rede positiva diminua, porque a oferta fica maior. Finalmente, o predador aumentará sua captura, zerando a rede novamente.

O ajuste das populações ocorre quando as espécies maximizam suas redes de energia dadas por  $R_i(X_{ij}(e_i); N^t) = R_i(\bullet)$ . A variável  $R$  é obtida substituindo as demandas ótimas nas redes de energia.  $N$  é o vetor de espécies que compõe as redes  $R_i$ . O processo de ajustamento é dado por  $N^{t+1} = N^t(1 + rR(\bullet))$ , isso quer dizer que matematicamente a população aumenta quando a rede é positiva e diminui quando é negativa.

No modelo de *Tschirhart* (2000), o alcance da capacidade ambiental  $M$ , que funciona como um limite ao crescimento das populações, tem o mesmo sentido do  $M$  da equação logística de *Verhulst-Pearl*, já que os modelos são ligados ao modelo econômico separadamente, o mesmo símbolo pode ser utilizado, porém no modelo *Tschirhart* o alcance da capacidade é determinada endogenamente da seguinte forma:

$$R_i(\bullet) > 0 \Rightarrow N_i^t < M_i^t \quad \text{e} \quad R_i(\bullet) < 0 \Rightarrow N_i^t > M_i^t$$

O alcance da capacidade ambiental depende de fatores bióticos, que compreende as redes de energia, demanda e oferta de biomassa, preço da energia e tamanho das populações. O procedimento de ajuste da variável  $M$  no período  $t$  será maior ou menor de acordo com a equação:

$$M'_i = N'_i \pm \Lambda_i(R'_i(\bullet))N'_i \quad (5.7)$$

onde:  $\Lambda$  é o processo de ajustamento.

A estabilidade é obtida resolvendo as equações do sistema que contém as variáveis endógenas, que são as demandas. Elas são obtidas derivando as redes com respeito a  $X_{ij}$ .

## **5.2 Cenários adotados para as simulações com o modelo de equilíbrio geral ecossistêmico**

No nosso exemplo numérico, três cenários são considerados:

- C1: neste caso o modelo ecológico leva em conta toda biomassa capturada como uma única espécie. A dinâmica das populações e a capacidade do ambiente marinho são desconsideradas, e as áreas de pesca são de livre acesso, pressionando para que cada pescador obtenha a maior quantidade no menor tempo possível;
- C2: o ecossistema é dividido em cinco partes inter-relacionadas: sol, algas, crustáceos e moluscos, peixes, tubarões, e mamíferos marinhos pequenos; e
- C3: repete o C2 com um ambiente parcialmente degradado e poluído.

Informação incompleta sobre a captura é definida como o conhecimento humano sobre a população de peixes (desconsiderando presas e predadores e diferenças de comportamento entre as espécies de peixes) em cada período e o alcance da capacidade tratado como exógeno e constante no tempo, e, ainda, somente a espécie alvo da pesca é considerada.

A informação é completa quando os pescadores conhecem as populações e o alcance das capacidades tanto no período corrente como no seguinte. As relações ecossistêmicas entre as espécies são consideradas, bem como a influência de agressões ambientais.

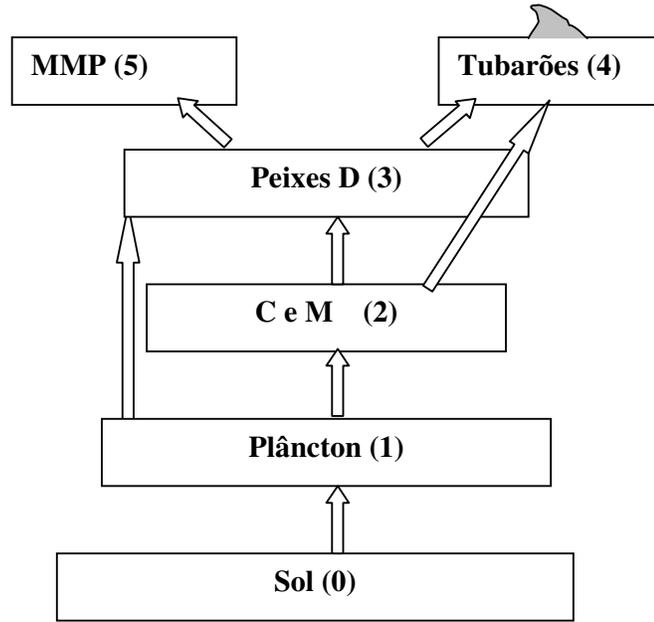
No cenário C1, a população de peixes é atualizada pela equação de *Verlhust-Pearl*, já nos cenários C2 e C3, as cinco populações são ajustadas conforme o modelo de equilíbrio de *Tschirhart (2000)*.

### **5.3 Um exemplo numérico do ecossistema marinho do RS, Brasil**

O ecossistema do mar do RS foi agregado em grandes grupos: 1) algas; 2) crustáceos e moluscos (polvos, lulas e camarão), representados pelo símbolo (CM); 3) peixes teleósteos (tainha, corvina, pescada, pescadinha, etc.); 4) tubarões; e 5) mamíferos pequenos (leões, lobos e elefantes marinhos, focas, golfinhos e botos), representados pelo símbolo (MMP). As redes alimentares dispõem-se conforme a figura 5.1.

O ecossistema é formado por presas e predadores. Alguns grupos assumem ambos papéis, como os peixes e os CM. No nosso exemplo, o sol fornece a energia inicial do sistema para que o plâncton realize o processo de fotossíntese e inicie a cadeia calórica; peixes e CM alimentam-se desse plâncton, incorporando parte dessa energia através da biomassa consumida, sendo que os peixes alimentam-se também de CM. Peixes e CM fornecem biomassa para os tubarões e para os MMP, que estão no topo da cadeia alimentar e não têm predadores no nosso exemplo.

**Figura 5.1: Rede alimentar do ambiente marinho no Rio Grande do Sul, Brasil**



Fonte: Elaboração própria.

### 5.3.1 O modelo para o RS

As redes são formadas pelas demandas de biomassa da espécie a qual a rede representa, bem como as suas ofertas de biomassa. Além disso, as redes incorporam um termo que representa a degradação ambiental e outro que indica o metabolismo da espécie central. As redes são as seguintes:

$$R_1 = [e_0 - e_{10}]X_{10} - e_1[1 - te_{21}]\delta_{12}X_{10} - e_1[1 - te_{31}]\delta_{13}X_{10}^{\alpha_{13}} - r_1X_{10}^{\phi_1} - B_1 \quad (5.8)$$

$$R_2 = [e_1(1 - te_{21}) - e_{21}]X_{21} - e_2[1 - te_{42}]\delta_{24}X_{21}^{\alpha_{24}} - e_2[1 - te_{32}]\delta_{23}X_{21}^{\alpha_{23}} - r_2X_{21}^{\phi_2} - B_2 \quad (5.9)$$

$$R_3 = [e_1(1 - te_{31}) - e_{31}]X_{31} + [e_2(1 - te_{32}) - e_{32}]X_{32} - e_3[1 - te_{43}]\delta_{34}X_{31}^{\alpha_{34}} - e_3[1 - te_{43}]\delta_{34}X_{32}^{\alpha_{34}} - e_3[1 - te_{53}]\delta_{35}X_{31}^{\alpha_{35}} - e_3[1 - te_{53}]\delta_{35}X_{32}^{\alpha_{35}} - r_3X_{31}^{\phi_3} - r_3X_{32}^{\phi_3} - B_3 \quad (5.10)$$

$$R_4 = [e_2(1 - te_{42}) - e_{42}]X_{42} + [e_3(1 - te_{43}) - e_{43}]X_{43} - r_4X_{42}^{\phi_4} - r_4X_{43}^{\phi_4} - B_4 \quad (5.11)$$

$$R_5 = [e_3(1 - te_{53}) - e_{53}]X_{53} - r_5X_{53}^{\phi_5} - B_5 \quad (5.12)$$

A rede 3 ( $R_3$ ) representa os peixes e é a central do modelo. Os primeiros dois termos positivos representam as demandas dos peixes para com suas presas: algas e CM. Os próximos quatro termos são as ofertas de biomassa dos peixes para seus predadores tubarões e MMP. São dois termos para cada predador porque os peixes ofertam para cada um deles com base nas demandas por algas e CM. O sétimo e o oitavo termo mostram as dificuldades do ambiente separadamente para a captura das duas presas e o último termo é o metabolismo basal. As outras redes seguem a mesma lógica.

### 5.3.1.1 Equilíbrio de curto prazo

Dadas as populações iniciais, os parâmetros de oferta e de distribuição, as demandas de curto prazo são encontradas. Os valores de curto prazo alimentam o sistema de redes e com isso o equilíbrio de longo prazo é encontrado.

$$e_{10} = pN_1^q \quad (5.13)$$

$$N_2 X_{21} = N_1 \delta_{12} X_{10}^{\alpha_{12}} \quad (5.14)$$

$$N_3 X_{31} = N_1 \delta_{13} X_{10}^{\alpha_{13}} \quad (5.15)$$

$$N_3 X_{32} = N_2 \delta_{23} X_{21}^{\alpha_{23}} \quad (5.16)$$

$$N_4 X_{42} = N_2 \delta_{24} X_{31}^{\alpha_{24}} \quad (5.17)$$

$$N_4 X_{43} = N_3 \delta_{34} X_{31}^{\alpha_{34}} + N_3 \delta_{35} X_{32}^{\alpha_{34}} \quad (5.18)$$

$$N_5 X_{53} = N_3 \delta_{35} X_{32}^{\alpha_{35}} + N_3 \delta_{35} X_{31}^{\alpha_{35}} \quad (5.19)$$

A última expressão mostra a equivalência necessária para o equilíbrio de curto prazo. O termo do lado esquerdo é a população de MMP multiplicada pela demanda de biomassa por peixes. O primeiro termo do lado direito é população de peixes multiplicada pelo parâmetro da oferta de biomassa aos MMP com base no que os peixes

demandam de CM e o segundo termo do lado direito é a população de peixes multiplicada pela oferta com base no que demandam de algas. As outras seguem a mesma lógica.

#### 5.4 Apresentação dos dados

Para dados ecológicos, as fontes foram: o relatório final do REVIZEE-SUL (2003), *Haimovick* (1997 e 2001), *Tschirhart* (2000), *Tschirhart e Finnoff* (2000) para alguns parâmetros ecossistêmicos, relatórios anuais de 1945-2002 do CEPERG (Centro de Pesca de Rio Grande) e IBAMA-RS para dados sobre capturas, desembarque, arte de pesca e espécies capturadas.

##### 5.4.1 Variáveis do modelo

**Tabela 5.1: Variáveis dos modelos de equilíbrio geral econômico e ecossistêmico**  
**Variáveis do ecossistema**

Variáveis do ecossistema	
$X_{10}$	Demanda de sol pelas algas
$X_{21}$	Demanda de algas pelos CM
$X_{31}$	Demanda de algas pelos peixes
$X_{42}$	Demanda de CM por tubarões
$X_{43}$	Demanda de peixes por tubarões
$X_{53}$	Demanda de peixes pelos MMP
$e_{10}$	Preço (energia) que a alga paga para capturar a energia do sol
$e_{21}$	Preço (energia) que os CM pagam para capturar as algas
$e_{31}$	Preço (energia) que os peixes pagam para capturar as algas
$e_{42}$	Preço (energia) que os tubarões pagam para capturar os CM
$e_{43}$	Preço (energia) que os tubarões pagam para capturar os peixes
$e_{53}$	Preço (energia) que os MMP pagam para capturar os peixes
$R_1$	Rede de energia das algas
$R_2$	Rede de energia dos CM
$R_3$	Rede de energia dos peixes
$R_4$	Rede de energia dos tubarões
$R_5$	Rede de energia dos MMP
$M_1$	Alcance da capacidade das algas
$M_2$	Alcance da capacidade dos CM
$M_3$	Alcance da capacidade dos peixes
$M_4$	Alcance da capacidade dos tubarões
$M_5$	Alcance da capacidade dos MMP

Fonte: Elaboração própria.

### 5.4.2 Parâmetros do modelo ecossistêmico

**Tabela 5.2: Parâmetros (Pmt) do modelo de equilíbrio geral ecossistêmico**

<i>mt</i>	Nome	Valor		Nome	Valor
$e_0$	energia incorporada do sol	1000	$\gamma_1$	dificuldade por presa	2
$e_1$	energia incorporada das algas	500	$\gamma_2$	dificuldade por presa	2
$e_2$	energia incorporada dos CM	300	$\gamma_{31}$	dificuldade por presa	2
$e_3$	energia incorporada dos peixes	300	$\gamma_{32}$	dificuldade por presa	2
$e_4$	energia incorporada dos tubarões	10	$\gamma_{42}$	dificuldade por presa	2
$e_5$	energia incorporada dos MMP	10	$\gamma_{43}$	dificuldade por presa	2
$p$	mercado solar	0,25	$\gamma_{52}$	dificuldade por presa	2
$q$	mercado solar	0,25	$\gamma_{53}$	dificuldade por presa	2
$t$	ajuste do tempo	0,28	$\lambda_1$	gasto em respiração das algas	150
$\delta_{12}$	oferta de algas para CM	0.7	$\lambda_2$	gasto em respiração dos CM	0.6
$\delta_{13}$	oferta de algas para os peixes	1,5	$\lambda_3$	gasto em respiração dos peixes	0,3
$\delta_{23}$	oferta dos CM para os peixes	6	$\lambda_4$	gasto em respiração dos tubarões	0,4
$\delta_{24}$	oferta dos CM para os tubarões	3	$\lambda_5$	gasto em respiração dos MMP	0,4
$\delta_{34}$	oferta dos peixes para os tubarões	4	$\eta_1$	taxa de reprodução das algas	0,3
$\delta_{35}$	oferta dos peixes para os MMP	4	$\eta_2$	taxa de reprodução dos CM	0,3
$\beta_1$	metabolismo basal das algas	130	$\eta_3$	taxa de reprodução dos peixes	0,36
$\beta_2$	metabolismo basal dos CM	3319	$\eta_4$	taxa de reprodução dos tubarões	0,03
$\beta_3$	metabolismo basal dos peixes	2100	$\eta_5$	taxa de reprodução dos MMP	0,003
$\beta_4$	metabolismo basal dos tubarões	4000			
$\beta_5$	metabolismo basal dos MMP	540			

Fonte: elaborado pelo autor.

Os parâmetros de reprodução e estoques presentes no ecossistema gaúcho foram calculados pelo relatório REVIZEE (2003) e por *Haimovich* (1997 e 2001). Os parâmetros de oferta, gasto energético e metabólico, energia incorporada e os parâmetros da fotossíntese foram calculados por *Tschirhart* (2000) para o ecossistema das ilhas Aleutas. Como não se dispõe desse tipo de dados para o RS, os dados que foram calculados para as ilhas Aleutas, foram adaptados para os gêneros de animais encontrados também no RS. As exceções foram os tubarões, que se utilizou valores maiores do que para os outros peixes (o dobro), por não possuírem capacidade de dormir e boiar, tornando o gasto energético, a dificuldade de sobreviver e a vontade de demandar biomassa bem maior que as outras espécies de peixes.

O alcance da capacidade ambiental é calculado endogenamente pelo modelo de equilíbrio ecológico. No modelo logístico, foram simulados diversos cenários plausíveis com base nas capturas, ou seja, se há quatro décadas atrás, quando se iniciaram as intensas atividades pesqueiras no RS, os estoques fossem iguais ou superiores a 300.000 toneladas de peixes, dificilmente a queda da trajetória das capturas teria sido tão proeminente nos períodos posteriores. Por outro lado, se os estoques fossem inferiores a 100.000 toneladas, não teria sobrado nada. Portanto, foram adotados dois valores plausíveis dentro desses limites: 150.000 e 250.000 toneladas.

No caso dos crustáceos e moluscos, suas capturas atingem o patamar de 9.000 toneladas, a do período seguinte diminui significativamente. Isso deve-se ao fato de que os estoques iniciais não podem superar 70.000 toneladas. Se assim fosse, a máxima captura não provocaria muitos efeitos nos estoques. Por outro lado, se fossem inferior a 9.000 toneladas, não restaria mais nada. Novamente, adotou-se valores iniciais dentro desses limites. Os tubarões reproduzem-se muito lentamente. Logo, a máxima captura de 7.300 toneladas realizadas no Estado só poderia ser sustentável se o estoque total de peixes

fosse superior a 400.000 toneladas. Portanto, os limites não devem ser menores de 7.300 toneladas nem maiores do que 25.000 toneladas, o que permite mesmo com crescimento zero pelo menos 3 períodos com esse nível de captura. O que dificulta um pouco a análise é o fato desta espécie ser migratória.

Um aspecto importante dos modelos de equilíbrio geral é que, depois de estabelecidas as proporções, os valores iniciais perdem um pouco a importância. Variações bastante razoáveis nos montantes iniciais não alteram as trajetórias a partir do décimo quinto período, o que prova a robustez do modelo.

O estoque máximo de carbono agregado pelo processo de fotossíntese foi estimado por *Brandini* (2001), em sua parte no relatório REVIZEE.

Os períodos das séries representam um ano, que por conveniência, foi adotado como o tempo necessário para a reprodução das espécies, sendo que nenhuma se reproduz mais de uma vez nesse interin.

A idéia geral do modelo de equilíbrio geral ecossistêmico é equilibrar as trajetórias das espécies (as capturadas e as não capturadas) envolvidas no ecossistema onde ocorre a pesca, para depois fazer perturbações com níveis diversos de capturas e degradação ambiental.

## CAPÍTULO VI

---

### ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo mostra os resultados dispostos em cenários. Inicialmente, são apresentados os resultados com um modelo estático e que não releve as interações ecossistêmicas, isto é, com informação incompleta sobre o ambiente onde está ocorrendo a extração. A partir do cenário dois, o modelo dinâmico com informação completa evidencia o potencial analítico e os resultados obtidos, para que além disso se compare a diferença entre as análises.

O cenário 1 utiliza o modelo bioeconômico de *Gordon-Schaefer*<sup>25</sup>, que tem como base a equação logística de crescimento desenvolvida por *Verlhust e Pearl*. O cenário 2 utiliza o modelo de equilíbrio geral ecossistêmico desenvolvido por *Tschirhart* (2000) e simula vários níveis de captura, sustentáveis e insustentáveis, sobre os estoques do RS. O cenário 3 Simula um nível médio de pesca com o ambiente degradado e poluído.

Os resultados foram obtidos através do software GAMS (*general algebraic modeling system*). O modelo de crescimento populacional foi calibrado de acordo com o parâmetro desenvolvido por *Tschirhart* e está exposto no anexo A1.

#### **6.1 Cenário 1: Informação imperfeita sobre as populações envolvidas no ecossistema**

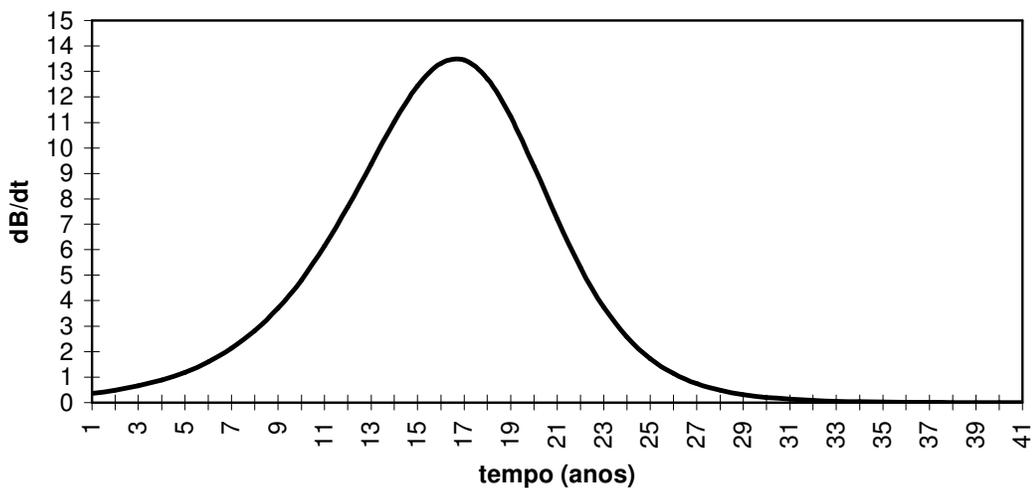
Para este modelo, o estoque de recursos é um todo único, ou seja, desconsidera as múltiplas espécies envolvidas no ecossistema, e, em decorrência, as complexas relações entre elas; também não leva em conta o efeito dos poluentes e da degradação do ambiente marinho e, portanto, a atividade econômica envolvida na pesca.

---

<sup>25</sup> Dada a exposição desse modelo, as explicações complementares estão no referencial teórico, já que este cenário serve para comparar com o modelo de informação completa.

Através deste modelo, a trajetória do crescimento da população de peixes no RS é dada pela curva sigmóide abaixo. Inicialmente, ele é lento, progredindo até chegar no ponto de inflexão. A partir daí, o crescimento marginal em relação ao tempo diminui até chegar ao máximo da função. Desse ponto em diante, suas taxas diminuem até chegar no crescimento nulo. Aqui as características ambientais, ou limites ambientais, não permitem que o estoque aumente.

**Gráfico 6.1: Trajetória de crescimento dada pela equação 4.1 (1000 toneladas)**



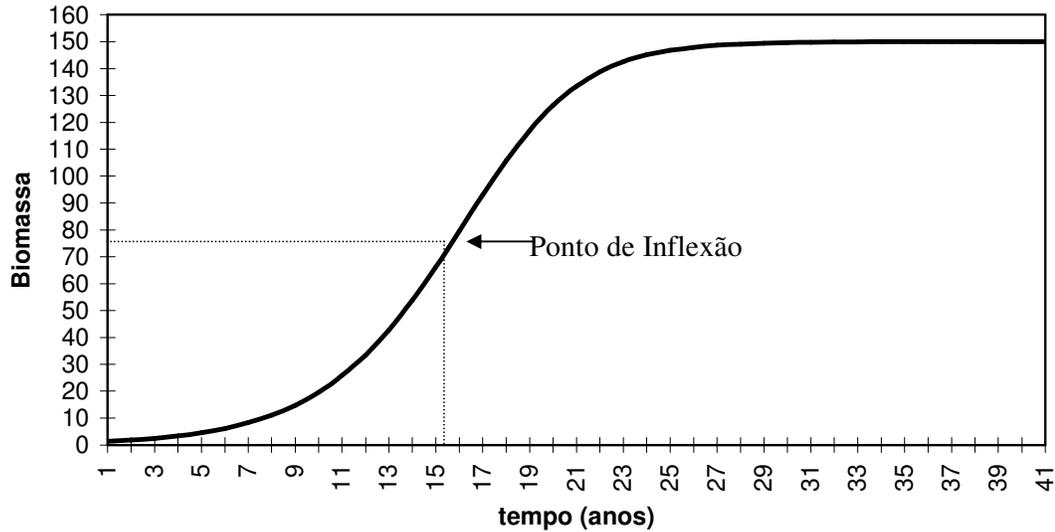
Fonte: elaborado pelo autor.

O exemplo simulado indica que esta população cresce 13500 toneladas por período no ponto máximo da função, sendo que o estoque leva 17 períodos para atingir esse ponto, admitindo que esteja atualmente por volta de 150000 toneladas. Isso significa que o máximo que podemos extrair para que os estoques mantenham-se estáveis é de 13500 toneladas por ano. Admitindo um cenário mais otimista com 250000 toneladas, no máximo da função, o crescimento por período seria de 23000 toneladas.

O gráfico a seguir ilustra o crescimento do estoque para uma capacidade de 150000 toneladas. O maior volume acrescido em um único ano ocorre no período 17, ou seja, no ponto de inflexão da curva. Mantendo-se nesse ponto, o estoque permite a maior

extração sustentável, ou seja, que a extração do período atual não prejudique o estoque para o período seguinte.

**Gráfico 6.2: Trajetória do estoque (1000 toneladas)**



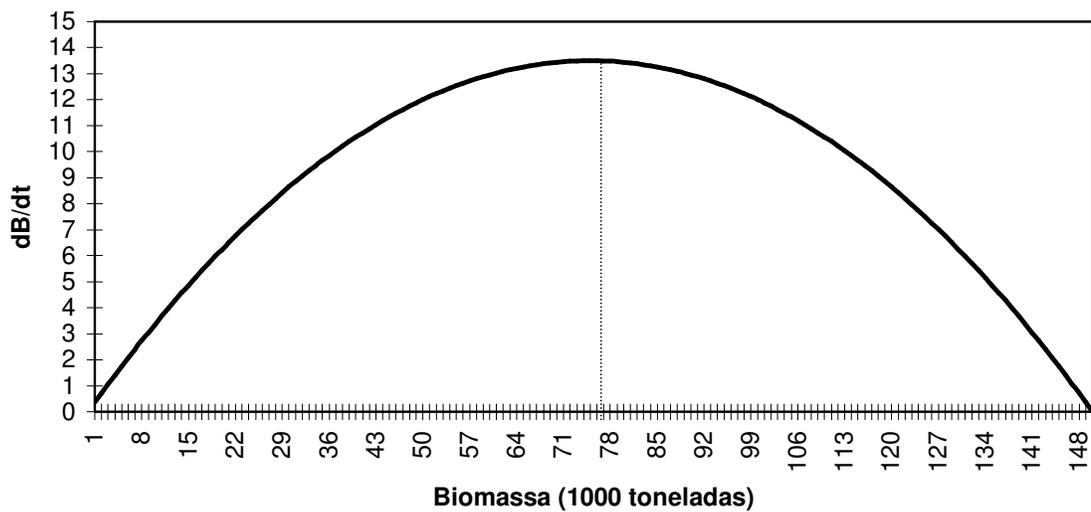
Fonte: elaborado pelo autor.

Não é recomendável para a atividade pesqueira manter o estoque no seu nível máximo porque as extrações, por menores que sejam, certamente reduzirão o estoque no período seguinte. Isso ocorre porque quando a capacidade de crescimento está esgotada o crescimento é nulo. Portanto, o que é extraído não será repostado imediatamente, fazendo com que a estrutura montada fique ociosa. A estabilidade do estoque é um dos fatores mais importantes para a manutenção da atividade pesqueira.

O exemplo acima ilustra um limite de 150.000 toneladas sendo atingido em aproximadamente 34 períodos, com uma taxa de reprodução de 0,36. Multiplicando o crescimento com a população existente em todos os períodos, obtemos a trajetória de crescimento do estoque, que é uma parábola, como mostra o Gráfico 6.3. O melhor ponto para realizar as capturas dá-se quando o estoque está por volta de 77.000 toneladas. Se o máximo do estoque fosse 250.000, a retirada anual de 23.000 toneladas anuais estabilizaria o estoque em 150.000 mil toneladas. No caso pessimista poderiam ser capturadas 13.000

toneladas por período sem prejudicar as pescarias futuras; no mais otimista, 23.000 toneladas anuais. Observe-se que para sustentar as enormes retiradas que ocorreram e ainda ocorrem no RS seria necessário que a capacidade do ambiente fosse muito grande, superior a 500.000 mil toneladas segundo este modelo.

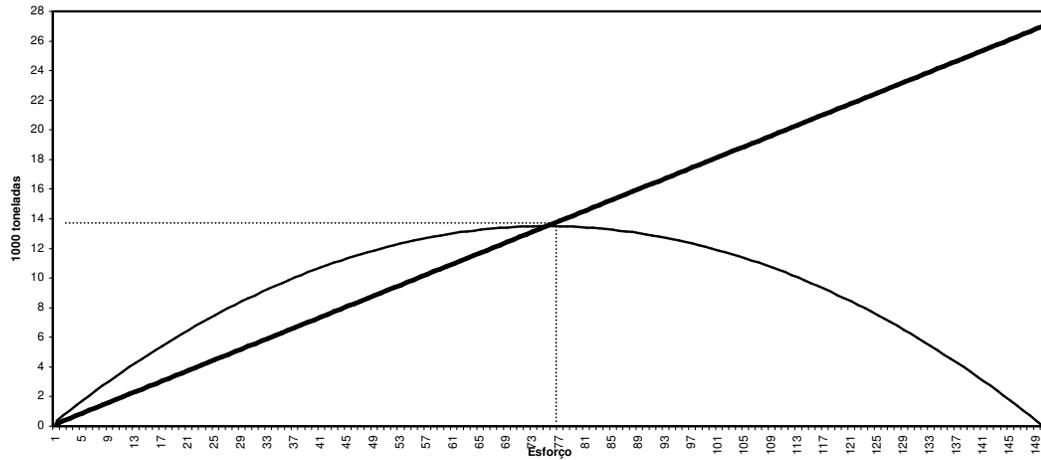
**Gráfico 6.3: Trajetória de crescimento do estoque (1000 toneladas)**



Fonte: elaborado pelo autor.

Introduzindo as variáveis custo de extração e tecnologia das embarcações, obtemos a trajetória dos custos para cada nível de crescimento dos estoques e podemos determinar o esforço ótimo de extração.

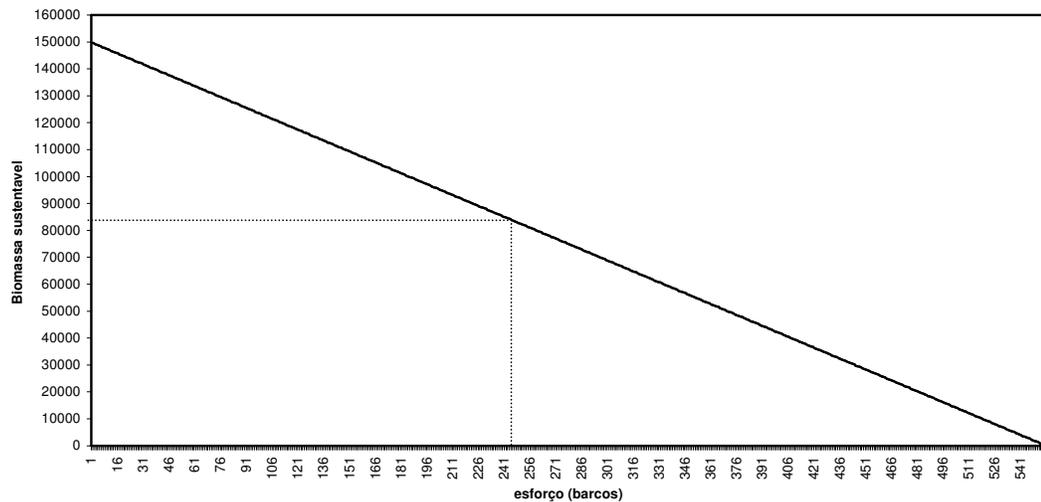
**Gráfico 6.4: Curva de rendimento máximo de *Schaefer* e equilíbrio com esforço E**



Fonte: elaborado pelo autor.

Admitindo, por hipótese, que todos os barcos tenham capacidade para 20 TBR, a frota ideal para operar no RS é de 76 embarcações. Quanto maior o número de barcos que entrarem a partir de então, maior será o prejuízo coletivo e menor será o estoque disponível para cada embarcação, como sugere o gráfico a seguir.

**Gráfico 6.5: Biomassa para os diversos níveis de esforço**



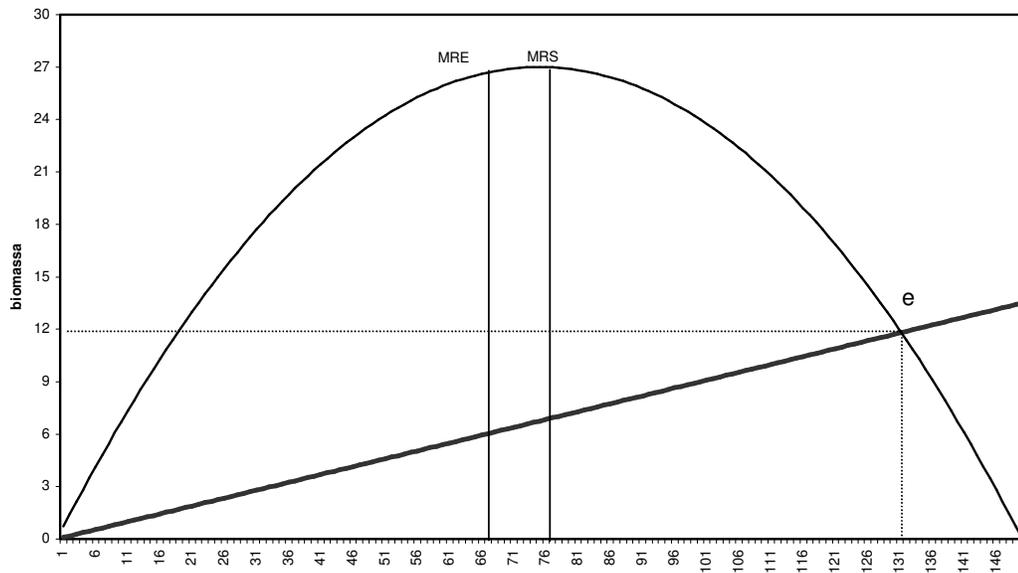
Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme o Gráfico 6.5, o esforço de pesca aplicado atualmente no RS levaria a uma biomassa estável de 85.000 toneladas. Esse resultado é próximo da situação

real, já que a captura atual está por volta de 35.000 toneladas, o que indica que os estoques não são superiores a 90.000 toneladas, caso contrário os desembarques não estariam caindo.

Multiplicando a curva de crescimento do estoque pelo preço do recurso, obtemos a curva de rendimento econômico; multiplicando a reta do esforço de captura pelo custo unitário de extração, obtemos a reta de custos. O ponto de máximo rendimento econômico sustentável é obtido na maior distância entre a parábola e a reta e o máximo rendimento sustentável ocorre no máximo da função, como mostra o Gráfico 6.6.

**Gráfico 6.6: Máximo rendimento econômico (MRE) e máximo rendimento sustentável (MRS), em milhões de R\$ (1000 toneladas)**



Fonte: elaborado pelo autor.

O ponto de máximo rendimento econômico ocorre com 67 barcos e o máximo rendimento sustentável com 76 barcos. Como a pressão por parte dos pescadores é muito grande e os recursos são comuns, no caso do estabelecimento de cotas dever-se-ia levar em conta o maior número de barcos possível para o ambiente que, no caso do RS, é de 76 barcos. A receita neste caso poderia chegar a R\$ 27 milhões com custos operacionais

gerais por volta de R\$ 6 milhões, o que promoveria um lucro para o setor superior a R\$ 20 milhões.

Porém, a frota atual gaúcha é de mais de 200 embarcações. Logo, mesmo operando com lucro zero os barcos não deveriam superar unidades de 20 TBR considerados os custos atuais de extração. Neste ponto, a receita total e os custos totais da frota são de R\$12.000.000,00. Aqui, a captura seria bem menor do que a máxima sustentável, ficando por volta de 6.000 toneladas por ano. Como muito mais do que isso é retirado anualmente, o estoque não pára de cair. O máximo que cada barco poderia pescar anualmente seria 45 toneladas, realizando por volta de quatro viagens, em média, muito pouco para as intenções atuais dos pescadores, que gostariam de capturar esse volume em no máximo duas viagens no período de um mês.

O problema deste modelo é que não separa as populações dos diferentes gêneros marinhos, o que tratamos como informação incompleta sobre o ecossistema.

## **6.2 Cenário 2: Modelo de equilíbrio geral ecossistêmico com informação completa sobre as populações**

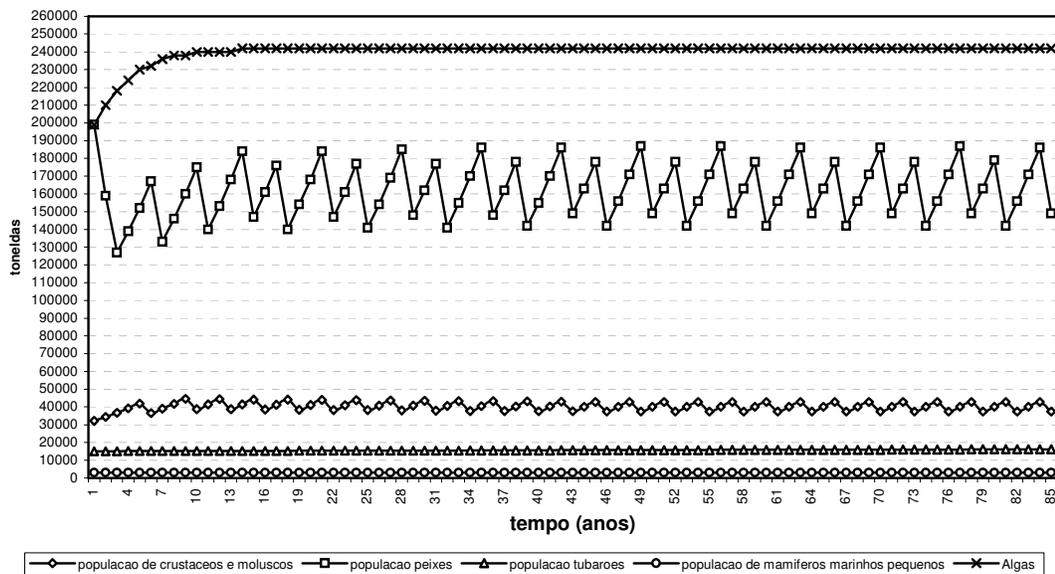
Diferentemente do modelo logístico, este paradigma permite levar em conta as várias espécies ou gêneros envolvidos no ecossistema alvo da extração, bem como as interações entre os animais. Além disso, permite dificultar o ambiente para os animais, simulando diversos níveis de poluição e degradação ambientais.

No modelo de equilíbrio geral ecossistêmico, as espécies podem ser diferenciadas. Neste caso, a pesca é tratada por tipo de animal capturado, diferenciando, no nosso caso, peixes teleósteos com altas taxas de reprodução dos elasmobrânquios com baixas taxas de reprodução, além de separar as populações de CM (crustáceos e moluscos) e pequenos mamíferos marinhos.

Aqui, as populações interagem através de relações alimentares, ou seja, como presas e predadores. Os predadores demandam biomassa das presas, que ofertam biomassa para seus predadores. São inúmeras as relações dentro de um ecossistema, porém podem ser resumidas por grupos principais. Os peixes são os animais marinhos que mais interessam à pesca, mas apresentam uma grande diversidade com características físicas e orgânicas bem diferentes. Os crustáceos e moluscos também possuem interesse comercial e mantêm fortes relações alimentares com os diversos tipos de peixes.

Considerando-se populações iniciais de algas, crustáceos e moluscos, peixes, tubarões e mamíferos, o equilíbrio sem a intervenção humana através da pesca e da poluição e degradação do meio ambiente, é alcançado em 15 períodos de reprodução, como evidencia o gráfico a seguir. Todos os gráficos a partir de agora plotam no eixo vertical o peso da biomassa em toneladas e no eixo horizontal o tempo utilizado para simulações.

**Gráfico 6.7: Equilíbrio das populações sem a interferência humana**



Fonte: elaborado pelo autor.

A biomassa de algas e fitoplânctons<sup>26</sup> converge para a capacidade máxima do ambiente com 9.3 milhões de toneladas. Os vegetais marinhos dependem principalmente do sol para realizar fotossíntese e agregar carbono; porém, as baixas temperaturas e a mistura de água doce atuam como fertilizantes para o ambiente, o que torna a parte do oceano Atlântico que banha o RS a mais rica.

A trajetória da população de peixes oscila entre 140000 e 190000 toneladas em ciclos de 4 a 5 anos. A série apresenta também suaves ciclos de aproximadamente 8 anos. Isso ocorre porque os peixes funcionam como centro de gravidade dos ecossistemas marinhos, porque são presas e predadores de muitas espécies de animais e vegetais.

As populações de peixes têm um comportamento contrário das populações de crustáceos e moluscos, que são seus principais fornecedores de biomassa. Os crustáceos e moluscos somados devem oscilar entre 35000 e 45000 toneladas, percorrendo ciclos bem definidos de 4 anos porque dependem exclusivamente das algas, que quase não variam suas populações.

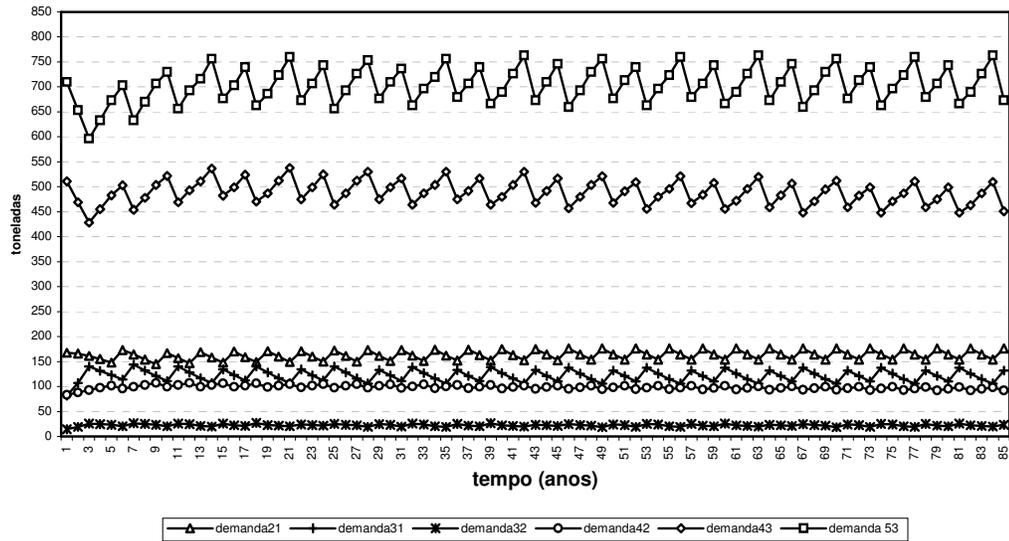
Os tubarões não oscilam porque se alimentam tanto de peixes como de moluscos e crustáceos. Como a população destes dois tem uma variação inversa, isso permite aos tubarões manterem suas populações totalmente estáveis. Tal circunstância talvez explique porque essa espécie tem mais de 200 milhões de anos e é uma das mais antigas sobre a face da terra. A biomassa estável de tubarões em ambiente equilibrado para as condições do RS é de aproximadamente 15000 toneladas.

A mesma coisa ocorre com os mamíferos que se alimentam de peixes e moluscos. Além disso, tubarões possuem uma taxa de reprodução até 10000 vezes menor do que outros peixes, enquanto os mamíferos têm taxas ainda menores. Tal característica torna esses animais mais sensíveis a grandes extrações.

---

<sup>26</sup> Foi reduzida por uma questão de escala.

**Gráfico 6.8: Demandas de biomassa pelos predadores**



Fonte: elaborado pelo autor.

Obs.: algas (1), crustáceos e moluscos (2), peixes (3), tubarões (4), mamíferos MP (5).

A maior demanda é a de mamíferos por peixes, mas foi dividida por 3 em razão da escala. Isso ocorre porque estes animais são os mais pesados. As demandas de biomassa pelos predadores estabilizam no 15º período, assim como as populações.

Os peixes não alteram a sua fonte de alimentos porque um deles, as algas, não varia a sua biomassa durante o ano. A variação na demanda dos peixes é proporcional à disponibilidade de moluscos e crustáceos.

### **6.2.1 Ecossistema do Rio Grande do Sul com interferência do Homem**

A interferência da pesca é simulada com quatro cenários com as seguintes capturas:

**Tabela 6.1: Níveis de pesca estabelecidos para as simulações de sustentabilidade<sup>27</sup>**

Nível de pesca	Quantidade capturada		
	Peixes	CM	Tubarões
Baixo	10000	1000	100
Médio	20000	3000	200
Alto	30000	5000	480
Muito alto	50000-70000	9000-15000	480-2400

Fonte: elaboração própria.

Com a interferência da pesca, alguns fenômenos podem ser observados na dinâmica das populações. O principal é o aumento do tamanho dos ciclos de 3 a 4 anos para 5 a 6 anos. O Gráfico 6.3 mostra o ecossistema do RS com uma captura de 1000 toneladas de CM, 10000 toneladas de peixes e 100 toneladas de tubarões. Podemos observar que a população de peixes torna-se um pouco irregular, não se constatando nesse período os grandes ciclos de 50 anos, porém a população de CM parece que entra em grandes ciclos de 15 ou 20 anos.

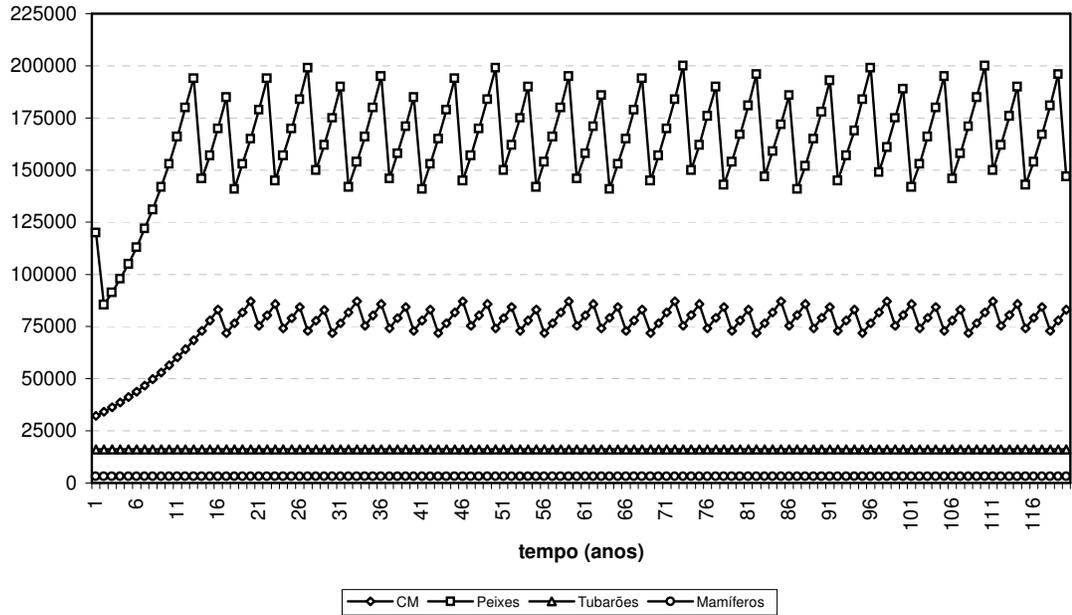
Outro fenômeno que se constata nas simulações é que, quando submetidas a grandes esforços de pesca, as trajetórias desestabilizam-se, percorrendo caminhos que não convergem para qualquer valor. É como se o ecossistema não conseguisse se equilibrar a partir de certos esforços de pesca e percorresse as mais diversas trajetórias com enormes variações em curtos períodos de tempo.

A população de tubarões estabilizou-se pelo baixo esforço de captura (2% do máximo sustentável dos peixes teleósteos) e porque se alimentam tanto de peixes como de CM, que possuem trajetórias inversas e permitem que aqueles mantenham um nível permanente de alimentação.

---

<sup>27</sup> Os níveis de pesca foram estabelecidos aleatoriamente com valores razoáveis e próximos do que vem sendo capturados nas últimas décadas.

**Gráfico 6.9: Trajetória das populações com nível baixo de pesca**

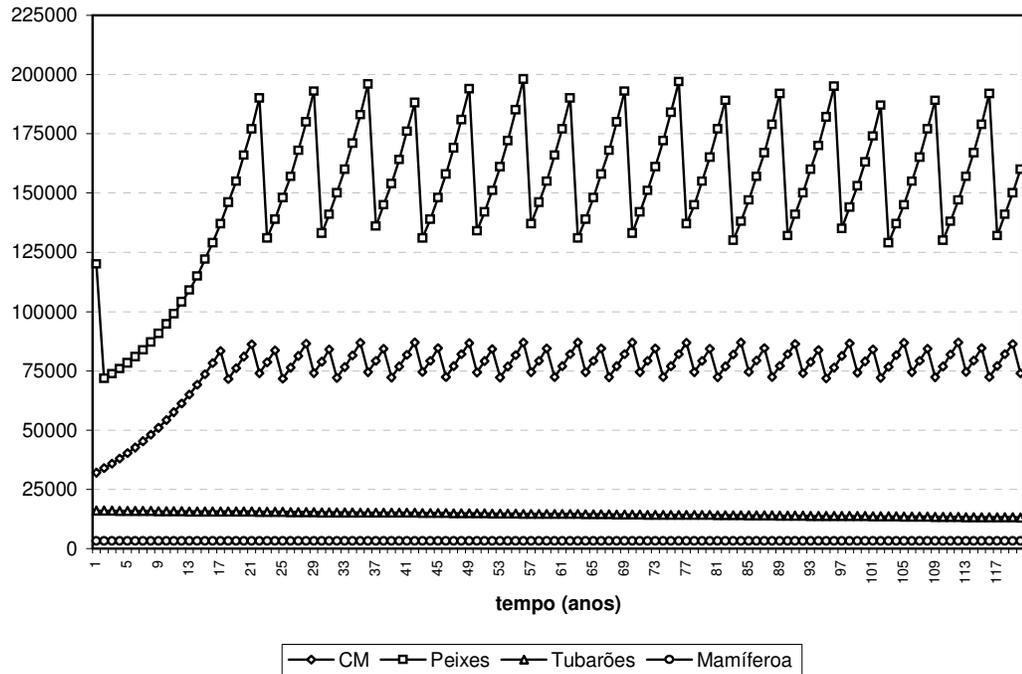


Fonte: elaborado pelo autor.

Submetendo os estoques a uma captura duas vezes maior, podemos notar no Gráfico 6.4 que os ciclos prolongam-se ainda mais, evidenciando que o aumento destes é proporcional ao da captura, até o ponto de não convergência. Os tubarões mostraram que não suportam um grande esforço de pesca, já que têm uma taxa de reprodução muito baixa e não conseguem se recuperar a tempo para uma nova captura.

As espécies elasmobrânquias possuem características especiais que indicam a necessidade de uma análise diferenciada em relação aos outros peixes. Os tubarões não possuem ossos, somente cartilagens, possuem couro ao invés de escama e sofisticados sistemas de localização capaz de detectar pequenas vibrações a muitos quilômetros de distância. Os tubarões são os predadores mais adaptados da terra, fruto de uma evolução de 300 milhões de anos que o Homem está ameaçando em menos de meio século de capturas.

**Gráfico 6.10: Trajetória das populações com nível médio de pesca**



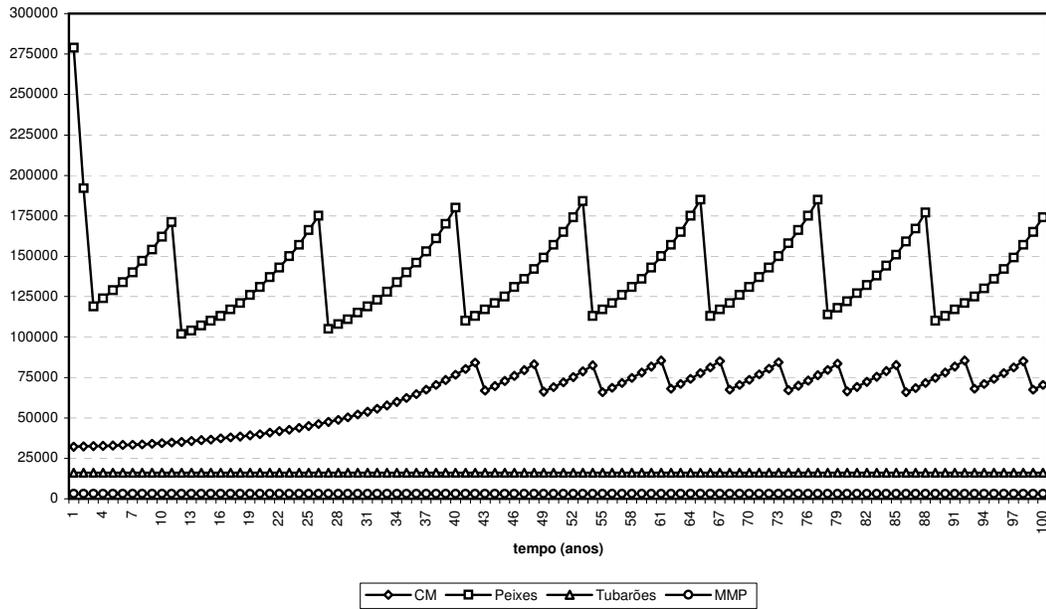
Fonte: elaborado pelo autor.

A máxima captura sustentável encontrada foi de 30000 toneladas de peixes teleósteos e 480 toneladas de elasmobrânquios. Para os crustáceos e moluscos o máximo sustentável é de 9000 toneladas por ano; porém, esse volume inclui uma combinação na captura de polvos, lulas, moluscos bivalves, camarões e siris.

Para determinar a captura exata para camarões, é necessário um modelo ecológico mais desmembrado que inclua a externalidade seqüencial presente na pesca do camarão no estuário e no mar.

O Gráfico 6.11 ilustra a máxima captura sustentável pelo período de no mínimo um século.

**Gráfico 6.11. Trajetória das populações com a máxima captura sustentável**

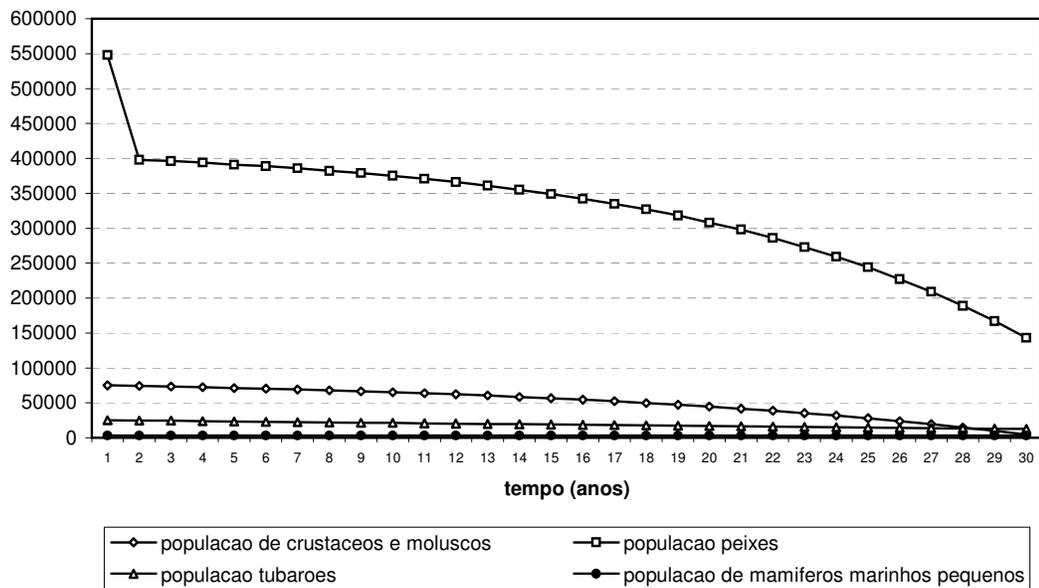


Fonte: elaborado pelo autor.

Os ciclos aumentam ainda mais, atingindo 11 anos.

Capturas superiores desestabilizam todo o sistema como mostram os gráficos abaixo:

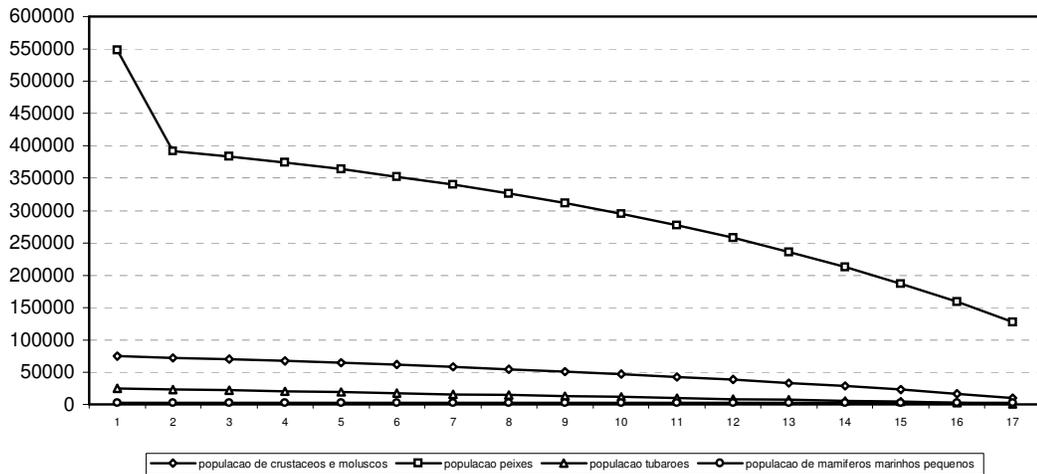
**Gráfico 6.12. Trajetória das populações com capturas insustentáveis**



Fonte: elaboração própria.

Neste caso a captura de peixes simulada foi de 50000 toneladas, CM de 10000 e tubarões 2400, por um período de 30 anos.

**Gráfico 6.13. Trajetória das populações com capturas insustentáveis**



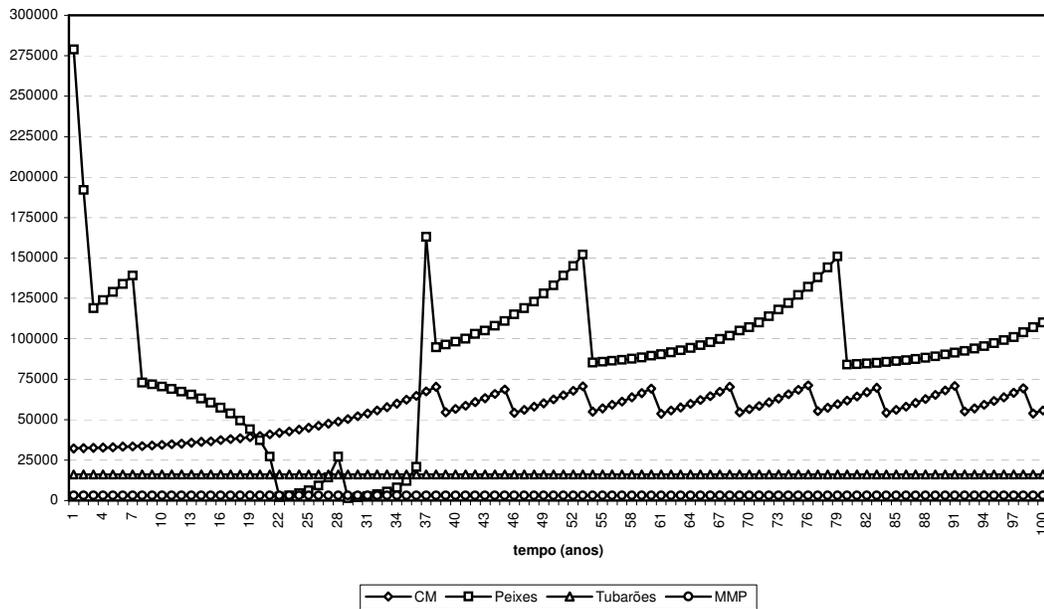
Fonte: elaboração própria.

Em um esforço repetido para capturar 70000 toneladas para peixes , repetindo as capturas de crustáceos e tubarões, os estoques podem-se exaurir em períodos inferiores a 20 anos.

### 6.3 Cenário 3: Ecossistema submetido à pesca, poluição e degradação ambiental

A poluição e a degradação do ambiente marinho dificultam a vida nos oceanos. Na simulação abaixo, submetemos o ambiente a uma dificuldade 20% maior do que a original, em razão do aumento da poluição e de uma diminuição na capacidade máxima de plânctons e pequenas algas.

**Gráfico 6.14. Trajetória das populações com poluição e degradação do ambiente**



Fonte: elaborado pelo autor.

Com o aumento da poluição, os estoques variam ainda mais, os ciclos ficam maiores e levam 36 anos para atingir uma certa estabilidade de longo prazo. Quando ocorre um aumento brusco na poluição como o que foi simulado, a trajetória da população de peixes sofre um grande distúrbio e entra praticamente em extinção em 21 anos. Como o setor pára de produzir sem a matéria-prima, 16 anos depois a população recupera-se, mas como o esforço de pesca permanece, a instabilidade aumenta ainda mais. A recuperação ocorre em função do poder da adaptação das espécies a novos ambientes, o que pressupõe mutações durante várias gerações.

A trajetória começa a percorrer ciclos cada vez maiores, podendo chegar a 30 períodos. A poluição desestabiliza também as séries de crustáceos e moluscos que ficam ciclos de até 10 anos permanecendo no esforço de pesca. As séries de tubarões e mamíferos são mais estáveis porque se alimentam de vários tipos de presas, porém têm suas populações reduzidas.

## CONCLUSÃO

Apesar do potencial e da importância sócio-econômica do setor pesqueiro do RS, a trajetória das capturas evidencia uma queda persistente nos estoques há mais de três décadas, percorrendo ciclos cada vez maiores, o que indica que o ambiente marinho não suporta extrações como as que vêm sendo feitas no Estado. Quando as capturas ocorrem de maneira descontrolada, os estoques ficam a mercê de grandes flutuações e ciclos sazonais que influenciam sobremaneira a atividade econômica associada ao setor. Variáveis como renda, emprego e receita, dependem do nível dos estoques e, dessa forma, dificultam a previsibilidade do setor para que investimentos de longo prazo sejam realizados.

O preço do pescado no RS não se comporta de acordo com as leis de mercado e acompanhou a trajetória de queda dos estoques até 1990, enquanto deveria ter começado a subir já na década de 1970, ocasião em que declínio dos estoques começou a evidenciar-se. Após, o preço começou a subir, o que pode sinalizar que o mercado percebeu a escassez atual do pescado. Um dos fatores que pode ter levado a esse retardamento em relação ao ajuste dos preços e à escassez do produto, é o desembarque de embarcações uruguaias que ocorreu até o início dos anos 1990, quando o Uruguai não tinha fábricas de processamento e seus barcos capturavam em águas nacionais, mas vendiam seu peixe para o Brasil. Além disso, o setor sempre foi agraciado com muitos subsídios, o que distorce os movimentos do mercado.

A receita proveniente do pescado segue uma trajetória bastante irregular. As variações anuais da receita são tão bruscas, que é preciso um grande otimismo para esperar que o setor sustente a atividade econômica e social. Da forma com a trajetória da receita percorreu as últimas décadas, é quase impossível prever com um ou dois anos de antecedência a performance do setor. Apesar da incerteza ser um fator presente em quase todos os mercados, o grau presente no setor pesqueiro em relação aos estoques e, por consequência, em relação às variáveis econômicas, dificulta sobremaneira investimentos na atividade pesqueira e prejudica o bem-estar social que esse setor poderia fornecer.

Como foi visto, a interação entre os fundamentos econômicos e ecológicos é essencial para a utilização racional dos recursos marinhos vivos, sistematicamente apanhados como insumos de produção do setor pesqueiro. Sem o conhecimento do que temos debaixo d'água, e principalmente como funciona o mecanismo que “gerencia” o ecossistema marinho, fica muito difícil dimensionar a capacidade operacional do setor pesqueiro que não prejudique os estoques no futuro. A isso denominamos pesca sustentável, que para acontecer deve primar pela manutenção, em níveis consideráveis e proporcionalmente equilibrados, dos estoques de vida marinha. É melhor manter um nível de captura sustentável, mesmo que não seja o desejável, do que realizar grandes capturas seguidas de períodos de escassez de pescado. Com isso, é difícil qualquer tipo de planejamento por parte das empresas pesqueiras, que têm na sua principal (praticamente a única) matéria-prima, a maior fonte de incertezas.

Esse descontrole sobre os estoques levou ao fechamento de muitas empresas processadoras, bem como à perda de milhares de postos de trabalho e de milhões de reais em renda, receita e impostos. As tentativas de controle do setor, impondo regras para a prática da pesca, não surtiu efeito, o que indica que a regulação que não tiver uma análise prévia da capacidade ambiental, tem grandes chances de fracasso.

Em alguns países como Canadá e Islândia, a normatização da pesca tem larga tradição, porém em muitos casos não obtiveram sucesso. O problema da regulação é não realizar um estudo ambiental que mostre a capacidade de extração e as conseqüências para o ecossistema no futuro. No Canadá, o sistema de cotas não funcionou adequadamente e, para evitar a extinção de algumas espécies como o bacalhau, a pesca foi proibida em algumas áreas. Na Islândia, tal sistema levou à sobre exploração do camarão, do arenque e do bacalhau, porque a quantidade de cotas foi definida pela máxima captura histórica, que normalmente encontra-se muito acima do máximo rendimento sustentável. Como podem ser definidas cotas individuais ou totais ou qualquer tipo de regulação que envolva a quantidade máxima à ser capturada, sem que se entenda o que ocorrerá nos períodos subseqüentes à implementação das cotas? As simulações mostram que a máxima captura histórica não pode ser utilizada como parâmetro para as cotas como foi feito na Islândia.

Existem muitos modelos bioeconômicos que procuram encontrar as condições ótimas para as pescarias, seja pelo tamanho dos indivíduos de cada espécie ou pela quantidade total. A partir da pioneira equação de comportamento logístico de *Verlhust-Pearl*, uma série de modelos foi desenvolvida para encontrar a capacidade máxima sustentável de extração. O modelo de *Gordon-Schaefer* mostra a trajetória de crescimento de uma única espécie e determina os pontos de máximo rendimento econômico e máximo rendimento sustentável do estoque. Porém, tal paradigma não incorpora as inter-relações entre as espécies nem as destas com o ambiente marinho.

Outro problema dos modelos bioeconômicos é a pouca quantidade de variáveis econômicas, resumindo-se ao custo de extração e ao tamanho do esforço de pesca. A aplicação de modelos mais robustos, tanto na parte econômica como na ecológica, tornou-se imperiosa para um exame fidedigno.

O modelo de *Tschirhart* abriu uma nova fronteira na análise econômico-ambiental, permitindo o estudo pormenorizado de grandes ecossistemas com muitas espécies interagindo. Ele admite a interação do ambiente com as populações selvagens e, principalmente, permite a interação com um modelo de equilíbrio geral econômico. Com isso, uma grande quantidade de relações econômicas e ecológicas pode ser observada.

As simulações conseguiram reproduzir o ambiente original e mostram que mesmo aumentando os ciclos, os estoques poderiam estar oscilando, sem estar declinando nem se desequilibrando. Como ocorreu um acentuado declínio na série de desembarque do Estado, as simulações numéricas mostram que para isso ocorrer o nível de extração foi muito alto em relação ao tamanho dos estoques.

As áreas onde ocorrem as capturas são áreas comuns, isto é, não existem direitos de propriedade privada sobre os locais de pesca e o governo, que possui um direito de propriedade estatal sobre a ZEE, impõe o mínimo de controle e exigências para os brasileiros e, em alguns casos, estrangeiros que desejam se aventurar nos nossos mares. Isso pode levar a uma situação conhecida como tragédia nos *commons*, ou seja, mesmo que todos saibam que os estoques estão se reduzindo com o atual nível de captura, não diminuem a extração porque sabem que se o fizerem outros continuarão e a situação dos estoques não mudará. Nota-se que uma forma de racionalidade individual é levada para uma forma de irracionalidade coletiva estimulada pelo aumento da demanda e pelo fato das regiões não terem dono.

As atividades institucionais, envolvendo todos os agentes envolvidos no setor, historicamente privilegiaram, primeiramente, os investimentos em infraestrutura e tecnologias para capturas cada vez maiores além da concessão de créditos subsidiados para o setor. Como se pode dimensionar uma capacidade produtiva para um setor inteiro, sem que se saiba a quantidade disponível, pelo menos por um prazo considerável, do principal

insumo de produção. Neste caso, só o governo brasileiro pode estabelecer algum tipo de regulação sobre a pesca.

Efetivamente falando do volume capturado, desde a década de 1960 que a pesca captura volumes que podem estar excedendo a máxima captura sustentável. Desde 1973, quando a indústria pesqueira gaúcha atingiu a máxima captura histórica com 105 mil toneladas, que as capturas não param de cair, além de oscilarem em ciclos cada vez maiores.

Uma das principais conclusões obtidas pelas simulações numéricas foi a de que a variância da média histórica aumenta à medida que o esforço de pesca aumenta, mesmo que o nível de pesca seja sustentável, e quanto maior for a extração por período, maior serão os ciclos históricos percorridos pelos estoques. A serie histórica de captura total indica um declínio permanente com ciclos de 7 anos em média.

Conforme os resultados obtidos no modelo com informação completa sobre o ecossistema, para os estoques terem permanecido estável a captura total de peixes no RS não poderia ter superado as 30 mil toneladas anuais. As capturas de crustáceos e moluscos, somadas, não poderiam ter superado as 9 mil toneladas, peso que seguidamente é obtido somente com a pesca do camarão. A captura de elasmobrânquios (tubarões...), que já atingiu 8,2 mil toneladas, não poderia ter ultrapassado as 500 toneladas anuais, já que taxa de reprodução deste tipo de peixe chega a ser milhões de vezes menor do que as espécies mais reprodutoras. Um motivo de preocupação de muitos ambientalistas é a diminuição que vem ocorrendo nas populações de golfinhos e pingüins no sul do Brasil, o que certamente está relacionado com a redução no estoque do principal alimento desses gêneros: os peixes.

Para o RS, as simulações revelam que a insistência numa extração de peixes teleósteos, igual ou superior a 50.000 toneladas por ano, pode vir a extinguir

completamente algumas espécies em período de 17 a 50 anos. A manutenção do esforço atual para os tubarões pode reduzir extremamente o estoque desses animais em três décadas ou menos.

No modelo com informação incompleta, percebe-se que um estoque de uma espécie representativa para o RS leva aproximadamente 17 anos para atingir a capacidade máxima e no oitavo ano atingem o maior crescimento marginal. Se admitirmos uma capacidade ambiental de 150.000 toneladas, a máxima captura sustentável seria de 13.000 toneladas por ano. Se trabalharmos com um cenário médio de 250.000 toneladas de capacidade, a captura máxima sustentável vai para 23.000 toneladas por ano. O modelo não define separadamente as proporções a serem capturadas, o que dificulta o entendimento dos impactos da pesca. Note-se que, segundo este modelo, para sustentar os níveis praticados historicamente, a capacidade do estoque teria que ser superior a 500000 toneladas só de peixes, o que é um pouco improvável para as condições atuais. Neste modelo, a captura é menor pelo fato de não sabermos de quais espécies podem ser extraídos esses volumes. Com esse tipo de modelo, fica impossível de reproduzir o ambiente alvo da pesca, e sobretudo verificar o impacto da pesca nas diferentes populações.

O modelo mostrou que o máximo de barcos para que a pesca no RS não seja deficitária é de 131 embarcações de 20 TBR, realizando 4 viagens anuais cada uma. Historicamente, esse nível vem sendo superado com folga, e atualmente realiza-se quatro vezes mais do que o nível ótimo.

A degradação ambiental, provocada por outras atividades econômicas que atingem a zona costeira, zona onde a maioria dos peixes se reproduzem, afeta sobremaneira o equilíbrio dos estoques e, portanto, a atividade econômica da pesca. As simulações mostraram que os estoques, submetidos a níveis elevados de degradação,

desequilibram-se por longos períodos. Após, ocorre uma recuperação do equilíbrio com ciclos que dependem da extração. Com níveis altos de capturas, a queda da trajetória das populações ocorre sem percorrer ciclos. Ao se degradar zonas costeiras para aumentar a atividade agrícola e industrial e as construções, as pessoas que dependem das pesca artesanal e industrial são afetadas negativamente.

Em síntese, para que toda a atividade econômica envolvida com a pesca, o que inclui empregos nas fábricas nos barcos e em toda a cadeia de distribuição, impostos, renda além do efeito encadeamento nos outros setores fornecedores de insumos, seja mantida, não necessariamente no nível desejável mas em um nível sustentável, o que aumenta sobremaneira a previsibilidade do setor, é preciso que se “mergulhe” literalmente no entendimento do impacto da atividade pesqueira no ecossistema marinho como um todo, para verificarmos qual será a sua resposta a essa interferência, fato que é primordial para que os investimentos de médio e longo prazo no setor pesqueiro tenham o mínimo grau de certeza. Além disso, faz-se necessário que se controle as externalidades negativas provenientes de outras áreas da economia que afetam os rios e lagunas que deságuam no mar e degradam os ambientes costeiros como mangues, estuários, restingas e dunas. Todo o impacto negativo causado no ecossistema será sentido pela atividade econômica envolvida com a pesca.

A principal dificuldade deste tipo de análise é a obtenção de dados sobre os ecossistemas, os tamanhos das populações e as características biológicas das espécies envolvidas. Através de algumas técnicas matemáticas, é possível dimensionar ou estimar aproximadamente alguns dados populacionais através dos dados sobre desembarque, sendo que outros são adaptados de trabalhos sobre biologia marinha teórica.

Outra dificuldade de trabalhar não só com um modelo de equilíbrio mas com qualquer método analítico envolvendo recursos naturais em ambientes abertos, é a

delimitação de áreas onde estas não forem totalmente isoladas. É evidente que não existe um mar do RS, e sim uma parte do atlântico sul que banha a costa do Estado, porém neste caso alguns fatores ambientais já enfatizados no trabalho, levam-nos a crer que isto é teoricamente possível no caso do RS.

Uma dificuldade não menos importante, trata-se da dimensão reduzida do setor pesqueiro em relação ao volume das receitas provenientes das principais atividades econômicas do Estado. Porém, como a finalidade do trabalho é de verificar a relação entre os dois ambientes: econômico e ecológico, estas interações com os outros setores ficam pormenorizadas.

Porém, o trabalho abre um caminho analítico para um vasto campo metodológico. Os modelos de equilíbrios propiciam uma vasta gama de possibilidades teóricas para que se avance à medida que os conhecimentos (basicamente coleta de dados) sobre a dinâmica populacional dos mares aumente.

É possível avançar na direção dos efeitos das políticas governamentais sobre o setor pesqueiro, bem como na regulação nacional e internacional para a captura de espécies locais e migratórias, respectivamente.

À medida que os conhecimentos sobre os impactos negativos da poluição e degradação forem sendo mais conhecidos, poderemos verificar com mais certeza os impactos destes fatores sobre o ambiente e sobre a atividade econômica do setor pesqueiro.

O modelo permite ainda a ligação com modelos de equilíbrio geral computável, como realizaram *Tschirhart e Finnoff* (2000).

## REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, P. R. *Atividade Pesqueira no Brasil: Política e Evolução*. São Paulo. Tese (Doutorado em Economia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998.
- ADEODATO, Sérgio. Espiões de Cardumes. *Revista Época*. Rio de Janeiro, ano III, n° 150, pág. 59-60, 2001.
- AGNELLO, R. J. & DONNELLEY, L. P. Externalities and Property Rights in the Fisheries. *Land Economics*. Vol. 52, pág. 518-529, 1976.
- ANDERSON, G. Lee. *The Economics of Fisheries Management*. London: The Johns Hopkins University Press, 1986.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CRÉDITO RURAL DO BRASIL. Rio de Janeiro, 2002.
- ARROW, K. J. & DEBREU, G. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, p. 265-290, 1954.
- ASCHE, Frank and BERNARD, Pascal. *Global Market for Fish Products in ACP-EU Fisheries Research Report*. Brussels, 2000.
- BACKER, G. S. Altruism, Egoism and Genetic Fitness. *Journal of Economic Literature*, p. 817-826, 1976.
- BAUMOL, William and OATES, Wallace. *The Theory of Environmental Policy*. Second Edition. Cambridge: University Press, 1988.
- BERTALANFFY, Von. *A Quantitative Theory of Organic Growth*. Hum. Biol. 10 (2): 181-213.
- BOYCE, William e DIPRIMA, Richard. *Equações Diferenciais Elementares e Problemas de Valores de Contorno*. Sexta Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- BRANDÃO, A. S. P. *Análise Matemática: um texto para economistas*. 2º ed. Rio de Janeiro: IPEA, 1992.
- BRASIL. *Boletim de Estatística Pesqueira do Estado da Paraíba*. Paraíba: IBAMA, vol. 1, n° 1, 1996.
- BRASIL. *Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina do Nordeste*. Tamandaré: CEPENE-MMA, novembro de 2000.
- BRASIL. Ministério da Marinha. *Relatório final de atividades da secretaria executiva do setor pesqueiro – SEGESPE: 1996/98*. Brasília, 1998.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura familiar. Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar - PRONAF. Disponível em: <[http://www.pronaf.gov/credito/consulta\\_produto1.asp](http://www.pronaf.gov/credito/consulta_produto1.asp)> Acesso em: 05 fev. 2002.
- BROMLEY, W. D. *Testing for Common Versus Private Property: Comment*. *J. Environmental Economics Management*, vol 21, pág. 92-96, 1991.
- CANALES Y PONCE. *Informe Técnico: Determinación de la talla crítica del recurso culengue y proposición de una talla mínima de extracción*. Ministério de Economía, Fomento y Reconstrucción. Subsecretaría de Pesca. Santiago, 1995.

- CASTELLO, J. P. and Moller, O. *On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon (Rio Grande do Sul, Brazil)*. Atlântica, 67-74, 1978.
- CASTELLO, J. P.; Haimovici, M.; Odebrecht, C. and Vooren, C. M. *The continental shelf and slope*. p. 171-178 In Seeliger, U.; Odebrecht, C. and J. P. Castello (eds). *Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the Southwestern Atlantic*. Springer, 1997. 308 p.
- CASTELLO, L. *A method to estimate abundance of Arapaima gigas (Cuvier)*. *Proceedings of the International Conference on Putting Fishers' Knowledge to Work*. Vancouver, Canada, August 27-30, Fisheries Centre Research Report, 2001.
- CASTRO, B.M. & L.B. MIRANDA. 1998. *Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4° N and 34° S, coastal segment (4 W)*. *The Sea*, 11209-251.
- CIOTTI, A.M., Odebrecht, C., Fillman, G. and Moller, O. O. Jr. 1995. *Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf*. *Cont. Shel Res.* 15 (14): 1737-56.
- CHAO, L. N.; Pereira, L. E. and J. P. Vieira. 1985. *Estuarine fish community of the Patos lagoon, Brazil*. A baseline study. Chap. 20, 429-450 In A. Yañez-Arancibia (Ed.)
- CLARK, W. Colin, *Bioeconomic Modelling and Fisheries Management*. Vancouver: John Wiley & Sons Press, 1985.
- CORNES, Richard and SANDLER, Todd. *On Commons and Tragedies*. University of Canberra, 1960.
- COSTEAU, Jacks. *In Segredos do Mar*. Segunda edição. Lisboa: Lisgráfica, 1978.
- DAILY, G. C. *Nature's Services*. Washington: D.C. Island Press, 1997.
- DUPONT, Diane. *Privatization and Regulation of Capacity in a Multi-Product Fishery: A Purse from a Sow's Ear?* Department of Economics Working Paper, Brock University, Ontario, 1999.
- FAO, Relatório anual sobre a pesca e aquíicultura no Mundo, Ed FAO. 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 21 nov. 2001.
- FAO, Relatório anual sobre a pesca e aquíicultura no Mundo, Ed FAO. 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 12 out. 2002.
- FAO, Relatório anual sobre a pesca e aquíicultura no Mundo, Ed FAO. 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 10 jun. 2003.
- FAO, Relatório anual sobre a pesca e aquíicultura no Mundo, Ed FAO. 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 20 mar 2004.
- FAO, Relatório anual sobre a pesca sustentável. 2001, Heickjivic. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 13 nov. 2002.
- FAO, Relatório anual sobre a pesca sustentável. 2002, Heickjivic. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 15 mai. 2003.
- FINNOFF, David and TSCHIRHART, John. *Toward Merging Economics and Ecology*. University of Wyoming, USEPA Research, 2000.

- FISH. *Community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration*. 654 p.
- GORDON, H. S. *The economic theory of a common property resource: the fishery*. *J. Polit. Econ.* 62:124-142.1954.
- HAIMOVICI, M. e Mendonça, J. T. *Descartes da fauna acompanhante na pesca de arrasto de tangones dirigida a linguados e camarões na plataforma continental do sul do Brasil*. *Atlântica*, 1996. 18:161-177.
- HAIMOVICI, M. *Recursos Pesqueiros Demersais da Região Sul. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (Revizee)*. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar (FEMAR), 1997. 81 p.
- HAIMOVICI, M. *Recursos pesqueiros demersais da região sul*. Programa REVIZEE. Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: FEMAR, 1997. 80 p. (in Portuguese).
- HAIMOVICI, M. *Present state and perspectives for the southern Brazil shelf demersal fisheries*. *Fisheries Management and Ecology*, 1998. 5(4): 277-290.
- HAIMOVICI, M. *Demersal and benthos teleosts*. In: *Subtropical Convergence Environments: the Coastal and Sea in the Southwestern Atlantic*, (129-135). Seeliger, U.; Oderbretch, C. and Castello, J.P. (eds) Springer, 1997.
- HAIMOVICI, M.; Castello, J. P.; Vooren, C. M. *Pescarias*. Em: *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. eds. Seeliger, U.; Oderbretch, C. & Castello, J. P. tradução editora Ecoscientia, 1998. 205-219.
- HAIMOVICI, M.; Miranda, L. W.; Fisher, L. G.; Oliveira, C. L.; Silva, Velasco. *A pesca demersal de plataforma no litoral do Rio Grande do Sul*, 1991-2001.
- HANDS, Alexandre. *Fundamentos Econômicos da Dinâmica da Pesca em Pernambuco*. vol. 32, nº especial, Fortaleza: REN, novembro de 2001. pág. 569-591.
- HENNIG & FERRAZ. *Biologia Geral*. 14ª edição, Porto Alegre: Mercado Aberto, 1984.
- IBAMA/ CEPERG - BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Relatório do desembarque da pesca artesanal no Rio Grande do Sul*. Rio Grande: IBAMA, 1945-2002.
- ISSARD, W. & LIOSSATOS, P. *Spatial Dynamics and Optimal Space-Time Development*. North-Holland Publishing Company. New York, 1979.
- KALIKOSKI, D. C. and Vasconcellos, M. In press *Fishers knowledge role in the management of artisanal fisheries in the estuary of Patos lagoon, southern Brazil*. *Proceedings on the International Conference on Putting Fishers' Knowledge to Work*. Canadá: Vancouver, August de 2001. p. 27-31.
- KALIKOSKI, D. C.; Vasconcellos, M. and Lavkulich, M. L. *Fitting institutions and ecosystems: the case of artisanal fisheries management in the Patos lagoon*. *Marine Policy*, 2002. p. 179-196.
- KALIKOSKI, D. C. and Lavkulich, L. M. *The forum of the estuary of Patos Lagoon: a framework for the analysis of institutional arrangements for conservation of coastal resources in southern Brazil*. In: Paulo Freire Vieira (Org.), *Conservação da diversidade biológica e cultural em zonas costeiras. Enfoques e experiências na América Latina e no Caribe*. Florianópolis: APED-UNESCO, 2002.

- KHOO, Huat. *Implementation of regulation for domestic fishermen*. In F.T. Cristy. Jr. (ed), Law of the Sea: Problems of Conflict and Management of Fisheries in Southeast Asia, International Center living Aquatic Management, Manila, 1980.
- KRUG, L. C. e Haimovici, M. *Análise da pesca de enchova pomatomus saltatrix no sul do Brasil*. Rio Grande: Atlântica, 1991. 13(1): 119-130.
- LACAZE, J. C. *A Poluição dos Mares*. Lisboa: BBCC- Instituto Piaget, 1996.
- LEONTIEF, W. Environmental repercussions and the economic structure; an input.output approach. *Review of Economics and Statistics*, 1970.
- NORDHAUS, William D. and Kokkelenberg, Edward C. *Nature's Numbers*. Washington: D.C. National Academy Press, 1999.
- MATTHIASOM, Thorolfur. *Changing Rules for Regulation of Iceland Fisheries*. Reykjavik-Iceland: Working Paper - Institute of Economic Studies, 2000.
- MATRIZ INSUMO PRODUTO. 2001, Brasil. Disponível em: <<http://www.fee.tcche.br>> Acesso em 13 nov. 2002.
- MILLAZZO, Matteo. *Subsidies in World Fisheries*. Paper n° 406. Washington: World Bank, 1998.
- MOLONEY, M. G. and PEARSE, P. H. *Quantitative rights as an instrument for regulating commercial fisheries*. Canadian Board 36. p. 859-866, 1979.
- PONTRYAGIN, L. S.; BOLTYANSKII V. S.; GAMKRELIDZE R. V.; MISCHENKO E. F. *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, trad. angl., Wiley Interscience, Nova Iorque, 1962.
- PERES, B. M. e HAIMOVICI, M. *A pesca dirigida ao Cherne Poveiro (Polyprion americanus Polyprionidae)*, Atlântica, 1998. p. 141-161.
- PERES, J. A. A.; Andrade, H. A.; Pezzuto, P. R.; Rodrigues-Ribeiro, M.; Schwingel, P. R.; Wahrlich, R. *Análise da pescaria do peixe-sapo no Sudeste e Sul do Brasil – Ano 2001*. Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –Universidade do Vale do Itajaí (MAPA/SARC/DPA 03/2001). Itajaí: Relatório Final, 2002.
- PERES, J. A. A.; Wahrlich, R.; Pezzuto, P. R.; Schwingel, P. R.; Lopes, F. R. A. e Rodrigues-Ribeiro M. *Deep-sea fishery off southern Brazil: Recent trends of the Brazilian Fishing Industry*. NAFO Science Council Research Document 01/117:1-21, 2001.
- PERES, J. A. A. & PEZZUTO, P. R. *Análise da dinâmica da pesca de arrasto no sudeste e sul do Brasil entre 1997 e 1999, a partir dos desembarques realizados no porto de Itajaí*. vol 5. Notas Técnicas da FACIMAR, 2001. p. 61-64.
- RANDAL, A. *Resource Economics: Na Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy*. Grid Publishing inc, Columbus, Ohio, 1981.
- REVIZEE. *Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva*. Relatório técnico. FURG – 2003.
- RUTHERFORD, F. Thomas. Economic Equilibrium Modeling with GAMS “An Introduction to GAMS/ MCP and GAMS/ MPSGE”. 1998, EUA. Disponível em: <<http://www.gams.com>> Acesso em 10 mar. 2003.
- SANDLER, T. SMITH, V. K. Intertemporal and Intergenerational Pareto Efficiency. *Journal of Environmental Economics and Management*. p. 151-159, 1976.

- SANDLER, T. & SMITH, V. K. Intertemporal and Intergenerational Pareto Revisited. *Journal of Environmental Economics and Management*. p. 252-257, 1977.
- SANTOS, Eurico. *Nossos Peixes Marinhos*. Rio de Janeiro: Editora Villa Rica, 1992.
- SCHMIDT, A. *Property, Power and Public Choice*. New York: Praeger, 1978.
- SEIJO, C.; DEFEO, O. y SALAS, S. *Bioeconomia Pesquera: Teoría, Modelación y Manejo*. Roma: FAO- Documento Técnico de Pesca, 1997.
- SCHAEFER, M. B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tunna Comm.* p. 27-56, 1954.
- SCHAEFER, M. B. Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of Marine Fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. p. 669-681, 1957.
- SPPILMAN, Marcelo. *Peixes Marinhos do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Aqualung, 2000.
- TSCHIRHART, John. General Equilibrium of an Ecosystem. *Journal of Theoretical Biology*, vol. 203, 1998. p. 13-32.

## ANEXOS

---

### **A-1: Rotina de calibração do modelo de equilíbrio ecossistêmico**

A parte de calibragem dos modelos de equilíbrio geral é um dos maiores desafios para quem trabalha com esse tipo de metodologia. A essência desse tipo de modelo é buscar um equilíbrio de proporções entre as diversas interações apresentadas por um sistema de equações. A partir desse equilíbrio o “jogo começa”, ou seja, podemos realizar os choques ou perturbações para ver a resposta em relação ao primeiro ponto de equilíbrio e como será o novo equilíbrio, se houver, depois da perturbação.

A grande vantagem desse tipo de modelo é que, uma vez encontrado o equilíbrio inicial, os valores iniciais das variáveis perdem importância. O modelo responde a pequenas variações nos parâmetros, mas não nas variáveis, o que mostra a robustez desse tipo de análise. Em outras palavras, é como se descobríssemos uma situação do passado sem que tivéssemos presenciado nem obtido dados históricos a respeito.

No caso do modelo de equilíbrio geral ecossistêmico, o processo de calibragem consiste em ajustar a capacidade do ambiente, isto é, o quanto o lugar suporta de biomassa, dadas as condições em cada tempo. Analiticamente, o ecossistema marinho é disposto em redes, representadas por equações lineares, onde cada espécie ou gênero possui sua rede, que é composta também por suas presas e predadores. Se existem poucas presas para uma determinada espécie em relação a sua população e a de seus predadores, a demanda de energia pela espécie principal da rede torna-se menor do que a oferta e, portanto, o saldo líquido da rede, medido em energia (Kcal), fica negativo e vice-versa.

No curto prazo, se falta alimento para uma espécie, é como se a capacidade de sua população crescer fosse reduzida. Portanto, com base no saldo em cada período, são realizados ajustes na capacidade ambiental de cada espécie.

Os ajustes são em função da taxa de reprodução de cada uma e também da posição do arco tangente ( $\arctan$ ) no ponto da trajetória de crescimento, onde encontram-se as espécies. Isso quer dizer, em outras palavras, que a tangente vai estabelecer a inclinação em cada ponto e indicar o rebatimento cartesiano fornecido em cada inclinação.

A repetição do processo de ajustamento leva ao equilíbrio dinâmico do sistema, que permitirá realizar as perturbações para a obtenção do resultado.

A rotina de ajuste segue conforme proposto por *Tschirhart*, 1998.

Depois que o valor das redes é determinado, o parâmetro de ajuste  $z$  pode ser encontrado da seguinte forma:

$$z_n = r \left( \frac{2}{\pi} \right) \arctan R_n \quad (\text{A3.1})$$

Após, o novo alcance da capacidade de cada espécie pode ser obtido da seguinte forma:

$$M_n^t = N_n^t \pm z N_n^t \quad (\text{A3.2})$$

Com a ajuda do GAMS, esse processo torna-se muito rápido e pode ser programado da forma como segue:

$$z1(T) = r1*(2/Pi)*\arctan(REDE1(T));$$

$$z2(T) = r2*(2/Pi)*\arctan(REDE2(T));$$

$$z3(T) = r3*(2/Pi)*\arctan(REDE3(T));$$

$$z4(T) = r4*(2/Pi)*\arctan(REDE4(T));$$

$$z5(T) = r5*(2/Pi)*\arctan(REDE5(T));$$

Na seqüência, encontrado o tamanho e a direção do ajuste para cada espécie, as capacidades do ambiente para as respectivas espécies são calculadas. A programação é da seguinte forma:

$$*M1 = N1+z1(T)*N1;$$

$$M2(T) = N2+z2(T)*N2;$$

$$M3(T) = N3+z3(T)*N3;$$

$$M4(T) = N4+z4(T)*N4;$$

$$M5(T) = N5+z5(T)*N5$$

## A-2: Características das principais espécies comerciais capturadas no RS

**Tabela A-4.1: Características gerais das principais espécies capturadas no RS**

	Idade (anos)		Comprimento (cm)		Fecundidade anual ovos ou larvas	Época de desova	Habitat juvenis	
	1º des	máx	1º des	máx				
<b>Peixes Ósseos</b>								
Corvina	2.5	>35	35	70	1.000.000	P, V	E, C	
Pescada olhuda	3.5	>15	32	55	100.000	O, P	P (25 – 100 m)	
Pescadinha	1.5	>10	23	45	100.000	P, V	C (< 25 m)	
Castanha	1.5	>20	18	40	100.000	I, P	P (40 – 180 m)	
Bagre	>7	>30	45	80	100	P	E	
Miragaia	>5	>50	80	140	10.000.000	P, V	E	
Linguado	3	>12	35	65	100.000	P, V	C	
Pargo Rosa	>3	>15	25	50	100.000	P	P	
Anchova	2	>7	35	120	100.000	P, V	P	
Tainha	D	D	>33	70	100.000	O, I	E, C	
Espada	>10	>70	80	140	1.000.000	I, P	D	
<b>Peixes cartilagosos</b>								
Cação Bico Doce	>15	>26	120	150	<10	V	Lat > 35° S	
Caçonete	>6	>11	60	>90	<10	V	Lat > 35° S	
Cação Anjo	D	D	110	150	<10	V	D	
Viola	>7	>11	110	127	<10	V	C (>40)	
<b>Crustáceos</b>								
Camarão-Rosa	D	>2	D	22	D	V	E	
Camarão- Santana	D	>2	21	D	21	D	V	C
Camarão- Ferrinho	D	>2	16	D	16	D	V	C
Siri	1.25	8	3	15	1.000.000	V	C	

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados de *Haimovici*, 1998.

Obs.: E = estuarino, P = plataforma, C = costeiro

**Tabela A-4.2: Valores médios da produção**

	ton	% ton	R\$ (milhares)	% R\$
<b>Pesca Artesanal</b>	6264	17.2	10685	35.9
<b>Pesca Industrial</b>	30079	82.8	19039	64.1
<b>Total</b>	36342	100	29724	100
<b>Tipos de animais</b>				
<b>Teleósteos marinhos</b>	30511	84	18237	61.4
<b>Elasmobrânquios</b>	1372	3.8	1215	4.1
<b>Crustáceos</b>	4349	12	10231	34.4
<b>Cefalópodes</b>	33	0.1	40	0.1

Fonte: *Haimovici*, *Kalikoski*, *Abdalah* e *Castelo* (no prelo).

### A-3: Programação em GAMS

- \*Modelo com pesca
- \*MODELO de equilíbrio geral ecossistêmico
- \* Simulação numérica do ecossistema marinho do RS-Brasil
- \* Desenvolvido por Cassius Rocha de Oliveira

set  
T/1 \*100/

parameter

- \* Preços (Kcal)
  - e10(T) preço que a clorofila paga pelo sol
  - e21(T) preço que os CM pagam por algas
  - e31(T) preço que os peixes pagam pelas algas
  - e32(T) preço pago pelos peixes para os CM
  - e42(T) preço que os tubarões pagam pelas
  - e43(T) preço que os tubarões pagam pelos peixes
  - e53(T) preço que os MMP pagam pelos peixes

- \* Demandas de biomassa (kg)
  - x10 demanda de sol pelas algas /1.18/
  - x21(T) demanda de CM por algas
  - x31(T) demanda de peixes por algas
  - x32(T) demanda de peixes por CM
  - x42(T) demanda de tubarões por CM
  - x43(T) demanda de tubarões por peixes
  - x53(T) demanda de MMP por peixes

- \* Energia incorporada (Kcal)
  - e0 energia incorporada vinda do sol /500/
  - e1 energia incorporada vinda das algas /200/
  - e2 energia incorporada vinda dos moluscos /10/
  - e3 energia incorporada vinda dos peixes /15/

- \* Ofertas de biomassa (kg)
  - Ofer12 oferta das algas para CM /0.5/
  - Ofer13 oferta das algas para os peixes /0.7/
  - Ofer23 oferta dos CM para os peixes /7/
  - Ofer24 oferta de CM para os tubarões /3/
  - Ofer25 oferta de CM para os MMP /4/
  - Ofer34 Oferta de peixes para tubarões /3/
  - Ofer35 Oferta de peixes para MMP /3/

- \* Outros parâmetros
  - an expoente das ofertas /0.5/
  - om expoente da respiração /2/

atm1 respiração das algas /150/  
atm2 respiração dos CM /0.7/

atm3 respiração dos peixes /0.6/  
atm4 respiração dos tubarões /1.5/  
atm5 respiração dos MMP /0.00064/

\*metabolismo basal

B1 metabolismo basal das algas /130/  
B2 metabolismo basal dos CM /2100/  
B3 metabolismo basal dos peixes /2000/  
B4 metabolismo basal dos tubarões /4000/  
B5 metabolismo basal dos MMP /500/

\* populações (toneladas)

N1 população de algas /5000000/  
N2 população de CM /30000/  
N3 população de peixes /150000/  
N4 população de tubarões /16000/  
N5 população de MMP /3200/

\* redes alimentares (Kcal)

REDE1(T) rede alga  
REDE2(T) rede CM  
REDE3(T) rede Peixes  
REDE4(T) rede tubarão  
REDE5(T) rede MMP

\* ajustes

z1(T) ajuste da pop de algas  
z2(T) ajuste da pop de CM  
z3(T) ajuste da pop de peixes  
z4(T) ajuste da pop de tubarões  
z5(T) ajuste da pop de MMP

\* taxas de reprodução

r1 Taxa de reprodução da pop de algas /0.3/  
r2 Taxa de reprodução da pop dos CM /0.3/  
r3 Taxa de reprodução da pop de peixes /0.36/  
r4 Taxa de reprodução da pop de tubarões /0.03/  
r5 Taxa de reprodução da pop de MMP /0.003/

Pi pi /3.14159/

\* Alcance das capacidades das populações

M1 alc capac da pop algas /9300000/  
M2 alc capac da pop CM  
M3 alc capac da pop peixes  
M4 alc capac da pol tubarão  
M5 alc capac da pol MMP

N11(T) Pop 1 t+1  
 N22(T) Pop 2 t+2  
 N33(T) Pop 3 t+3  
 N44(T) pop 4 t+4  
 N55(T) pop 5 t+5

q par sol /0.25/  
 b par sol /0.25/

Pesca

\* HCM pesca de CM /6000/  
 \* HP pesca de peixes /22000/  
 \* HT pesca de tubarões /3000/

\* loop(t,

x21(T) = (N1\*ofer12\*x10\*\*an)/N2;  
 x31(T) = (N1\*ofer13\*x10\*\*an)/N3;  
 x32(T) = (N2\*ofer23\*x21(T)\*\*an)/N3;  
 x42(T) = (N2\*ofer24\*x21(T)\*\*an)/N4;  
 x43(T) = ((N3\*ofer34\*x31(T)\*\*an)+(N3\*ofer34\*x32(T)\*\*an))/N4;  
 x53(T) = ((N3\*ofer35\*x31(T)\*\*an)+(N3\*ofer35\*x32(T)\*\*an))/N5;  
 e10(T) = q\*N1\*\*b;  
 e21(T) = e1-an\*e2\*ofer23\*x21(T)\*\*(an-1)-an\*e2\*ofer24\*x21(T)\*\*(an-1)-  
 om\*atm2\*x21(T);  
 e31(T) = e1-an\*e3\*ofer34\*x31(T)\*\*(an-1)-an\*e3\*ofer35\*x31(T)\*\*(an-1)-  
 om\*atm3\*x31(T);  
 e32(T) = e2-an\*e3\*ofer34\*x32(T)\*\*(an-1)-an\*e3\*ofer35\*x32(T)\*\*(an-1)-  
 om\*atm3\*x32(T);  
 e42(T) = e2-om\*atm4\*x42(T);  
 e43(T) = e3-om\*atm4\*x43(T);  
 e52(T) = e2-om\*atm5\*x52(T);  
 e53(T) = e3-om\*atm5\*x53(T);

\*redes

REDE1(T) = (e0-e10(T))\*x10-e1\*ofer12\*x10\*\*an-e1\*ofer13\*x10\*\*an-atm1\*x10\*\*2-b1;  
 REDE2(T) = (e1-e21(T))\*x21(T)-e2\*ofer23\*x21(T)\*\*an-e2\*ofer24\*x21(T)\*\*an-  
 e2\*ofer25\*x21(T)\*\*an-atm2\*x21(T)\*\*2-b2;  
 REDE3(T) = (e1-e31(T))\*x31(T)+(e2-e32(T))\*x32(T)-e3\*ofer34\*x31(T)\*\*an-  
 e3\*ofer34\*x32(T)\*\*an-e3\*ofer35\*x31(T)\*\*an-e3\*ofer35\*x32(T)\*\*an-atm3\*x31(T)\*\*2-atm3\*x32(T)\*\*2-b3;  
 REDE4(T) = (e3-e43(T))\*x43(T)+(e2-e42(T))\*x42(T)-atm4\*x43(T)\*\*2-  
 atm4\*x42(T)\*\*2-b4;  
 REDE5(T) = (e3-e53(T))\*x53(T)+(e2-e52(T))\*x52(T)-atm5\*x53(T)\*\*2-  
 atm5\*x52(T)\*\*2-b5;

\*ajustes

z1(T) = r1\*(2/Pi)\*arctan(REDE1(T));  
 z2(T) = r2\*(2/Pi)\*arctan(REDE2(T));

$$\begin{aligned} z3(T) &= r3*(2/Pi)*\arctan(REDE3(T)); \\ z4(T) &= r4*(2/Pi)*\arctan(REDE4(T)); \\ z5(T) &= r5*(2/Pi)*\arctan(REDE5(T)); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * M1 &= N1+z1(T)*N1; \\ M2(T) &= N2+z2(T)*N2; \\ M3(T) &= N3+z3(T)*N3; \\ M4(T) &= N4+z4(T)*N4; \\ M5(T) &= N5+z5(T)*N5; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N11(T) &= N1 + r1*N1*(1-(N1/M1)); \\ N22(T) &= N2 + r2*N2*(1-(N2/M2(T))); \\ N33(T) &= N3 + r3*N3*(1-(N3/M3(T))); \\ N44(T) &= N4 + r4*N4*(1-(N4/M4(T))); \\ N55(T) &= N5 + r5*N5*(1-(N5/M5(T))); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * &); \\ \text{loop}(t, \\ * \text{ novo programa} \\ x21(T) &= (N11(T)*ofer12*x10**an)/N22(T); \\ x31(T) &= (N11(T)*ofer13*x10**an)/N33(T); \\ x32(T) &= (N22(T)*ofer23*x21(T)**an)/N33(T); \\ x42(T) &= (N22(T)*ofer24*x21(T)**an)/N44(T); \\ x43(T) &= ((N33(T)*ofer34*x31(T)**an)+(N33(T)*ofer34*x32(T)**an))/N44(T); \\ x52(T) &= (N2*ofer25*x21(T)**an)/N5; \\ x53(T) &= ((N33(T)*ofer35*x31(T)**an)+(N33(T)*ofer35*x32(T)**an))/N55(T); \\ e10(T) &= q*N1**b; \\ e21(T) &= e1-an*e2*ofer23*x21(T)**(an-1)-an*e2*ofer24*x21(T)**(an-1)- \\ \text{om*atm2*x21(T);} \\ e31(T) &= e1-an*e3*ofer34*x31(T)**(an-1)-an*e3*ofer35*x31(T)**(an-1)- \\ \text{om*atm3*x31(T);} \\ e32(T) &= e2-an*e3*ofer34*x32(T)**(an-1)-an*e3*ofer35*x32(T)**(an-1)- \\ \text{om*atm3*x32(T);} \\ e42(T) &= e2-om*atm4*x42(T); \\ e43(T) &= e3-om*atm4*x43(T); \\ e52(T) &= e2-om*atm5*x52(T); \\ e53(T) &= e3-om*atm5*x53(T); \end{aligned}$$

\*redes

$$\begin{aligned} REDE1(T) &= (e0-e10(T))*x10-e1*ofer12*x10**an-e1*ofer13*x10**an-atm1*x10**2-b1; \\ REDE2(T) &= (e1-e21(T))*x21(T)-e2*ofer23*x21(T)**an-e2*ofer24*x21(T)**an- \\ e2*ofer25*x21(T)**an-atm2*x21(T)**2-b2; \\ REDE3(T) &= (e1-e31(T))*x31(T)+(e2-e32(T))*x32(T)-e3*ofer34*x31(T)**an- \\ e3*ofer34*x32(T)**an-e3* \\ &\quad ofer35*x31(T)**an-e3*ofer35*x32(T)**an-atm3*x31(T)**2-atm3*x32(T)**2-b3; \\ REDE4(T) &= (e3-e43(T))*x43(T)+(e2-e42(T))*x42(T)-atm4*x43(T)**2- \\ atm4*x42(T)**2-b4+x42(T)+x43(T); \\ REDE5(T) &= (e3-e53(T))*x53(T)-atm5*x53(T)**2-b5+x53(T); \end{aligned}$$

\*ajustes

$$z1(T) = r1*(2/Pi)*arctan(REDE1(T));$$

$$z2(T) = r2*(2/Pi)*arctan(REDE2(T));$$

$$z3(T) = r3*(2/Pi)*arctan(REDE3(T));$$

$$z4(T) = r4*(2/Pi)*arctan(REDE4(T));$$

$$z5(T) = r5*(2/Pi)*arctan(REDE5(T));$$

$$* M1 = N11(T)-z1(T)*N11(T);$$

$$M2(T) = N22(T)+z2(T)*N22(T);$$

$$M3(T) = N33(T)+z3(T)*N33(T);$$

$$M4(T) = N44(T)+z4(T)*N44(T);$$

$$M5(T) = N55(T)+z5(T)*N55(T);$$

$$N11(T+1) = N11(T) + r1*N11(T)*(1-(N11(T)/M1));$$

$$N22(T+1) = (N22(T) + r2*N22(T)*(1-(N22(T)/M2(T))))-HCM);$$

$$N33(T+1) = (N33(T) + r3*N33(T)*(1-(N33(T)/M3(T))))-HP);$$

$$N44(T+1) = (N44(T) + r4*N44(T)*(1-(N44(T)/M4(T))))-HT);$$

$$N55(T+1) = N55(T) + r5*N55(T)*(1-(N55(T)/M5(T)));$$

display x21,x31,x32,x42,x52,x43,x53,e10,e21,e31,e32,e42,e43,e52,e53,  
M5,N11,N22,N33,N44,N55;

file modelocompesca2 /modelocompesca2.csv/;

modelocompesca2.pw=3000;

put modelocompesca2

put

'demanda21","demanda31","demanda32","demanda42","demanda43","demanda52","demanda53","preço10","preço21",'

'preço31","preço32","preço42","preço43","preço52","preço53","população de plânctons","população de crustáceos e moluscos",'

'população peixes","população tubarões","população de mamíferos marinhos pequenos'/

loop(T,

put  
x21(T):7:5','x31(T):7:5','x32(T):7:5','x42(T):7:5','x43(T):7:5','x52(T):7:5','x53(T):7:5','e10(T):7:5','e21(T):7:5','

e31(T):7:5','e32(T):7:5','e42(T):7:5','e43(T):7:5','e52(T):7:5','e53(T):7:5','N11(T):7:5','N22(T):7:5','N33(T):7:5','

N44(T):7:5','N55(T):7:5/;);

## GLOSSÁRIO DE TERMOS ECOLÓGICOS E GEOLÓGICOS

**Alta plataforma continental:** zona que separa a plataforma do talude continental. Possui profundidades de 200 a 600 metros.

**Assoreamento:** aterramento de rios pelo desmoronamento das margens ou por migração de material vindo de outros pontos. Esse problema diminui o leito dos rios, retirando parte da sua energia e do volume de suas águas.

**Biodiversidade:** variedade de organismos vivos existentes em um local.

**Biomassa:** Quantidade de matéria viva, sob a forma de uma ou mais espécies de organismos medida por peso ou volume.

**Capacidade ambiental:** a capacidade do ambiente para cada espécie, depende, além do tamanho da área disponível, de uma enorme quantidade de fatores físico-químicos, climáticos, ecológicos e populacionais, o que inclui as respectivas taxas de reprodução de cada espécie. Logo, mesmo que a área não mude de dimensão, alterações nos referidos fatores alteram o tamanho da capacidade que uma espécie tem para crescer. Portanto, a capacidade do ambiente marinho em uma determinada área é um fator dinâmico que se altera com o passar do tempo, dado fatores naturais ou antropogênicos.

**Degradação do ambiente marinho:** para fins deste trabalho, o termo significa basicamente a destruição da zona costeira pelo avanço das cidades e das áreas agro industriais.

**Delta:** desmembramento de um rio em vários cursos de água, que adquirem a forma de triângulo pouco antes de encontrar o mar.

**Dinâmica de populações:** maneira com se comporta a trajetória do estoque de um determinado ser vivo, dado os inúmeros fatores que o afetam.

**Ecologia:** área da ciência que estuda e as relações dos seres vivos com o meio em que vivem.

**Ecossistema:** conjunto de condições físicas, químicas e biológicas de que depende a vida de uma espécie, vegetal ou animal, ou que depende da sua vida. Cada ecossistema é caracterizado por um metabolismo que se efetua pela intervenção de quatro tipos de substâncias:

- i) substâncias abióticas: matéria morta.
- ii) organismos produtores autotróficos: são os vegetais, seres que fabricam energia através de compostos inorgânicos simples.
- iii) organismos consumidores heterotróficos: na sua maioria animais que se alimentam de matéria orgânica.
- iv) organismos decompositores heterotróficos: são bactéria e fungos que decompõem as substâncias mortas em um produto aproveitável por elas e liberam o resto para ser consumido pelos organismos produtores.

**El niño:** o fenômeno que aquece as águas do Oceano Pacífico, provocando grandes alterações climáticas, principalmente na América do Sul, mas com efeitos em todo planeta. O fenômeno afeta os ecossistemas marinhos e altera a dinâmica das populações, prejudicando a pesca, principalmente no Peru e no Chile.

**Esforço de pesca:** mede a intensidade da extração. Pode ser em número de embarcações padronizadas, número de redes de pesca, ou outra medida que referencia o esforço que está sendo feito por unidade (que pode ser qualquer medida de peso ou volume) extraída dos mares.

**Esgotamento econômico dos estoques:** quando um estoque de um recurso natural renovável se esgota economicamente. Não significa que o recurso foi extinto no sentido estrito da palavra; porém, sua população está tão reduzida que a exploração econômica é inviável sob quaisquer circunstâncias.

**Espécie:** expressão aplicada na classificação dos animais e plantas. É a categoria inferior ao gênero. Espécie pode ser considerada um conjunto de indivíduos descendentes uns dos outros, tão semelhantes entre si como os progenitores.

**Estuário:** braço de mar que entra na terra, na foz de um rio ou de uma Laguna. É caracterizado pelo regime de suas águas, isto é, uma mistura de água doce e salgada.

**Estoque de recursos vivos:** é o volume ou peso de uma determinada espécie de animal ou planta disponível em cada período.

**Fatores antropogênicos:** fatores relacionados com as atividades humanas.

**Fluxo de biomassa:** volume de entrada e saída de biomassa de um determinado ser vivo, pelas relações entre presas e predadores dentro de uma cadeia alimentar.

**Gênero:** classificação dos animais e plantas que fica acima das espécies, que pertencem a um determinado gênero. Por exemplo, as espécies de peixes pertencem ao gênero peixes.

**Habitat:** local característico onde vive cada espécie.

**Lagoa:** pequeno lago.

**Laguna:** braço de mar ou canal entre bancos de areia ou ilhas.

**Manejo da pesca:** formas de controle e de organização da atividade pesqueira a fim de evitar a exploração descontrolada dos recursos e maximizar o bem-estar das populações envolvidas.

**Mangue:** vegetação típica das regiões litorâneas alagadas, nas quais a água do mar se mistura à dos rios. Possui águas muito ricas em nutrientes e atrai uma grande quantidade de animais marinhos em busca de alimentos e locais para se reproduzirem.

**Mar:** grandes massas de água salgada que se localizam na periferia (mares periféricos) dos oceanos como o mar do Norte ou dentro dos continentes (mares continentais) como o mar Negro.

**Meio:** ambiente em que se desenvolve um ser vivo ou um conjunto de seres vivos. É a soma dos fatores a que estão sujeitos os organismos de uma determinada estação biogeográfica.

**Meio marinho:** é chamado também de talassociclo. A água do mar é a que mais se assemelha ao meio interno dos animais, sendo por isso a mais favorável à vida no aspecto fisiológico.

**Oceanos:** são vastas extensões de águas salgadas que cobrem a maior parte do nosso planeta

**Peixes elasmobrânquios:** peixes cartilaginosos que não possuem ossos. São espécies muito antigas, chegando a 300 milhões de anos, como os tubarões e arraias, que são mais antigos que os dinossauros, mas se reproduzem através de taxas bem menores do que os outros peixes, podendo em alguns casos chegar a ser um milhão de vezes menor que outras espécies teleósteas.

**Peixes teleósteos:** são os peixes que têm ossos. São as espécies mais comuns e que mais se reproduzem como a tainha e a corvina.

**Pesca:** arte de extrair animais aquáticos de seus habitats.

**Pesca predatória:** em ambientes selvagens, em tese toda a pesca é predatória, mas para fim deste trabalho, e coincidindo com parte da literatura, pesca predatória é aquela que de alguma forma prejudica o ecossistema e o ambiente em que está atuando. Seja pescando acima do que os estoques suportam, seja utilizando técnicas que prejudicam o meio marinho.

**Plâncton e Fitoplâncton:** minúsculos seres vivos, animais ou vegetais respectivamente. A maioria não possui locomoção própria e flutua ao sabor das águas. É a origem da cadeia alimentar das águas. O fitoplâncton é o maior produtor de oxigênio de todo o planeta, podendo ser considerado o pulmão da terra.

**Plataforma continental:** parte das placas continentais que ficam submersas nos mares e oceanos e onde se localiza a maioria dos seres vivos marinhos. A profundidade não passa dos 200 metros e a luz solar penetra em quase toda a profundidade, permitindo a realização da fotossíntese.

**Poluição:** ação de sujar, introdução, direta ou indireta, em um dado meio, de substâncias tais que delas possa resultar um efeito prejudicial ou uma perturbação.

**Recurso natural não renovável:** são recursos mortos que a natureza não repõe, ao menos numa velocidade que se possa perceber. Neste tipo de recurso se destacam o petróleo, os minerais e pedras preciosas.

**Recurso natural renovável:** São os recursos vivos, que possuem algum tipo de reposição pela natureza como as árvores e os peixes.

**Região batipelágica:** vai de 200 metros de profundidade até a zona abissal. Portanto, uma lâmina d'água de 1800 metros de espessura.

**Região abissal:** região com profundidades superiores a 2000 metros onde há uma variedade de estranhos animais e não existem vegetais pela falta de luz. As maiores profundidades ocorrem nas fossas marinhas que, em alguns casos, ultrapassam 10.000 metros, como a fossa das Marianas no pacífico noroeste.

**Sedimento:** é o material que se deposita no fundo dos rios, mares, oceanos e lagoas em geral. Pode ser arenoso ou basáltico e conter diversos tipos de matérias tóxicas e não tóxicas. Por exemplo, ao se retirar a vegetação presente nas margens de um rio, a areia presente nas paredes desmorona para dentro do rio. Esse tipo de sedimento vai

incorporando todo tipo de elemento até chegar no mar. O excesso de sedimento é considerado uma poluição física.

**Sobre exploração:** a título deste trabalho, sobre explorar um recurso natural significa extrair em uma taxa superior à taxa de reposição da natureza. Isso faz com que se extraia, não só a parte que cresceu da população, ou seja, o lucro do estoque em cada período, como também uma parte da população passada. Repetindo essa prática por muitos períodos pode-se comprometer os estoques e até esgotá-los.

**Sub exploração:** significa o contrário, ou seja, explorar o recurso a uma taxa inferior à taxa de reposição.

**Sustentabilidade:** para fins deste trabalho significa que a retirada do recurso não altera a trajetória dos estoques, isto é, a derivada do recurso em relação ao tempo é igual a zero. Em outras palavras, quando o tempo avança, mesmo com a extração o estoque se mantém em um nível estável. Isto é possível com uma captura que seja, no máximo, igual ao volume que a população cresceu no período.

**Talude continental:** é a borda da plataforma continental. Apresenta uma inclinação acentuada e separa o mar raso do profundo e das zonas abissais. A profundidade do mar não se acentua gradativamente a partir da costa. Quando a plataforma termina, a uma distância média da costa em torno de 200 milhas, ocorre uma repentina queda na profundidade, e em questão de poucos quilômetros ou metros para dentro, a profundidade pode atingir níveis abissais. O talude é o relevo dessa região onde ocorre essa brutal variação de profundidade.

**Taxa de crescimento:** relação entre as taxas de natalidade e de mortalidade.

**Teoria de Darwin ou seleção natural:** Darwin adotou como ponto inicial de seus estudos a teoria de Lamarck. Segundo essa teoria, os seres vivos evoluem de acordo com a necessidade do meio onde vivem. Darwin acrescentou que os que possuem maior capacidade de adaptação aos diversos meios têm mais chances de sobreviver. A natureza se encarrega de selecionar os mais adaptados e extinguir os que não evoluem junto com as necessidades do meio. Em suma, os mais aptos seguem adiante a evolução.

**Zona costeira:** região que divide a terra firme das águas dos mares e oceanos.

**Zona Econômica Exclusiva (ZEE):** são as 200 milhas a partir da costa em direção ao mar aberto, a que cada país litorâneo possui direito exclusivo de exploração.

**Zona nerítica:** zona litorânea que compreende a água que fica sobre a plataforma continental. Abriga 98 % da vida marinha, a profundidade não ultrapassa os 200 metros e existe luz em toda a área, permitindo que os vegetais realizem a fotossíntese. É nesta zona que ocorrem a maioria das pescarias oceânicas.

**Zona oceânica:** é a lâmina d'água que cobre os oceanos, excluindo a zona nerítica. Possui 200 metros de profundidade.