

**JOAQUIM ROCHA DOS SANTOS**

**A INDÚSTRIA MARÍTIMA MUNDIAL: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do  
título de Mestre em Engenharia.

São Paulo

2007

JOAQUIM ROCHA DOS SANTOS	A INDÚSTRIA MARÍTIMA MUNDIAL: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA DINÂMICA DE SISTEMAS	MESTRADO EPUSP 2007
--------------------------------	---	---------------------------

**JOAQUIM ROCHA DOS SANTOS**

**A INDÚSTRIA MARÍTIMA MUNDIAL: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

Dissertação apresentada ao  
Departamento de Engenharia  
Naval e Oceânica da Escola  
Politécnica da Universidade de  
São Paulo para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia..

Área de Concentração:  
Engenharia Naval

Orientador:  
Prof. Dr. Marcelo Ramos Martins

São Paulo

2007

ERRATA

FOLHA DE APROVAÇÃO

A Deus, aos meus queridos pais e para  
Beth e Catarina, pelo seu amor, apoio e  
por tudo que representam para mim.

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho marca uma importante etapa de nossa vida. Tais momentos geram reflexões sobre os fatos e as pessoas que nos trouxeram até aqui. Sou profundamente grato à minha mulher Elizabeth e à minha filha Catarina pelo amor com que me brindaram e que me permitiu vencer todas as dificuldades. A meu pai, Joaquim Ferreira dos Santos, que sempre incentivou, ou melhor, exigiu que eu estudasse e nunca deixou que nada me faltasse. À minha mãe, Fausta Rocha dos Santos, que me nutriu com todo amor e confiança de uma mãe carinhosa. Ao Departamento de Engenharia Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo na pessoa do Professor Doutor Bernardo, que me acolheu e viabilizou a oportunidade de realizar esse sonho. Ao Professor Doutor Marcelo Ramos Martins, meu orientador e amigo, pela forma amigável, gentil e rigorosa com que me conduziu ao longo deste trabalho. Aos Professores Doutores Israel Brunstein e Pierre Ehrlich por suas sugestões no exame de qualificação e pela forma amigável com que acolheram a mim e ao trabalho. Aos colegas da Sociedade Brasileira de Dinâmica de Sistemas pela forma tão amigável e cordial com que receberam nossas primeiras publicações em Congressos. Ao amigo, o Professor Doutor Moyses Szajnbock, pelas suas dicas em conversas sempre agradáveis. Ao amigo Marcus Sá da Cunha pela enorme ajuda com suas sugestões e discussões sobre a Indústria Marítima. Aos meus amigos e ex-chefes Arthur Paraizo Campos, Carlos Freire Moreira e Ilson Soares meu profundo agradecimento pela confiança, incentivo e apoio. Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Luciano Pagano Júnior, Diretor do Centro de Coordenação de Estudos da Marinha em São Paulo, por sua grande colaboração e incentivo na fase final do trabalho. Acima de tudo, expressei minha mais profunda gratidão a Deus e aos anjos enviados em meu auxílio ao longo de toda a minha vida.

## RESUMO

A indústria marítima mundial (IMM) tem um comportamento reconhecidamente cíclico, em alguns momentos os armadores fazem grandes fortunas, em outros amargam enormes prejuízos, o que também ocorre com os demais setores dessa indústria. O objetivo deste trabalho é investigar a natureza e as causas desse comportamento.

A IMM é um sistema complexo que pode ser dividido em quatro subsistemas principais: o mercado de frete, o mercado de navios de segunda mão, a indústria de construção naval e a indústria de demolição. Nem sempre as influências que essas quatro partes do mercado exercem umas sobre as outras é bem compreendida.

Embora a IMM seja influenciada pela economia internacional, observou-se que seu comportamento é fortemente influenciado por fatores endógenos, tais como: sua própria estrutura; as relações organizacionais; e as decisões gerenciais que ocorrem nas várias partes dessa indústria. Adicionalmente, pode ser observado que tais relações têm características essencialmente dinâmicas.

A Dinâmica de Sistemas (DS) parece ser uma ferramenta adequada à análise deste tipo de mercado, e, por essa razão, foi o método adotado para estudá-lo. Nesse método um modelo matemático é construído a partir do conhecimento descritivo das relações causais e funcionais existentes no mundo real.

Foi elaborado um modelo preliminar que inclui três setores principais da indústria: o financeiro, o mercado de frete e a indústria de construção naval. Tais setores cobrem a maioria das interações relevantes determinantes do comportamento. O modelo é uma simplificação do mundo real em vários aspectos e se baseia em certas suposições, previamente estabelecidas. Apesar das simplificações, suposições e omissões, o comportamento do modelo, como pode ser observado nos resultados obtidos, reproduz de maneira razoável as séries históricas escolhidas para comparação (os Modos de Referência).



Foi observado que a decisão pela encomenda de novos navios é um importante gerador do comportamento cíclico. Neste estudo preliminar tal decisão é fundamentada somente na análise da previsão de demanda de transporte marítimo e na expectativa de lucro dos armadores, que é função das receitas obtidas pelos armadores, seus custos totais, e uma taxa de retorno sobre o investimento, que foi arbitrada em 15%.

O modelo aqui apresentado pode servir de fundamento para um maior desenvolvimento dessa área de investigação, e como guia para outros trabalhos. Espera-se que futuros trabalhos sejam realizados, de maneira a que se obtenha uma forte compreensão da IMM. Os resultados obtidos permitem concluir que a Dinâmica de Sistemas é uma ferramenta válida para investigação, e a continuação desta linha de pesquisa pode trazer resultados compensadores.

## ABSTRACT

It is recognized that the world maritime industry has a cyclical behavior. Shipowners face periods of fabulous profits and disastrous miscalculations. The object of this work is to investigate the nature and causes of such behavior.

The maritime industry is a complex system that can be split in four main markets: freight; second-hand ship; new ships and ships for demolition. The influences of one part on the others are not always well understood.

Although the world economy influences the maritime industry, it has been observed that its behavior is fundamentally endogenous, such as: its own structure; the relationships between its parts; and the process of decision making. Furthermore, this behavior has strong dynamic characteristics.

System Dynamics has been proving to be a suitable tool for analyzing such systems and, therefore, has been chosen. In this method a mathematical model is developed from a functional and causal description of the real system.

A preliminary model was formulated which include three main sectors of industry: financial, freight market and shipbuilding industry. These sectors cover most of the relevant interactions and determinants of the behavior. The model simplified from the real world in many instances, and is based on certain assumptions previously stated. In spite of the simplifications, assumptions and omissions, the behavior of the model, as shown in computer results, replicates the most fundamental characteristics of the real world, the historical trends chosen as reference modes.

It has been observed that the new ships ordering decisions are extremely important in stimulating the cyclical behavior. In this preliminary work this decision is founded on demand forecast and expected profitability of shipowners. This profitability is assumed as a function of shipowners total costs and a rate of return of investment, assumed as 15%.

The model developed herein can serve as foundation structure upon which to develop more fully this area of investigation, and as a guide in such developments. It is hoped that further work is carried out towards gaining a sounder understanding of the maritime economics market cycles.

Considering the results presented so far, it is possible to conclude that System Dynamics is a valid tool for investigation and can yield rewarding results.

## ÍNDICE

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE.....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiv
LISTA DE TABELAS .....	xv
LISTA DE TABELAS .....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xvi
GLOSSÁRIO – DEFINIÇÕES .....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação .....	1
1.2 Propósito e escopo do trabalho.....	3
1.3 Estrutura do trabalho .....	5
2. Análise bibliográfica.....	7
3. A construção naval brasileira .....	12
3.1 Introdução.....	12
3.2 Histórico .....	12
3.3 Desenvolvimento e crise.....	15
3.4 O reaquecimento da indústria de construção naval no Brasil.....	19
4. A indústria marítima mundial.....	25
4.1 Introdução.....	25
4.2 O papel econômico da indústria de navegação.....	25
4.3 O sistema de transporte internacional.....	30
4.4 A demanda por transporte marítimo.....	33
4.5 A frota mercante mundial .....	42
4.6 A oferta de transporte marítimo.....	49
4.7 A função dos portos no sistema de transporte .....	56
4.8 As companhias de navegação .....	58
4.9 Política versus economia em navegação .....	60
4.10 Sumário.....	61
5. Conceitos de Dinâmica de Sistemas.....	62

5.1	Introdução.....	62
5.2	Modelo.....	62
5.3	Modelos mentais versus modelos formais (ou computacionais).....	63
5.4	Desenvolvimento de Modelos .....	65
5.5	Relações causais .....	67
5.6	Diagramas causais .....	68
5.7	Diagramas de Fluxo ou Diagramas de Forrester .....	69
5.8	Atraso .....	71
6.	Aprendendo com trabalhos anteriores .....	77
6.1	Introdução.....	77
6.2	Análise do <i>Dynamics of Tankship Industry</i> .....	77
6.3	Análise do modelo geral do mercado de <i>Commodities</i> .....	82
7.	Modelo dinâmico.....	87
7.1	Introdução.....	87
7.2	<i>Software</i> de simulação.....	87
7.3	Modo de referência.....	88
7.4	Hipótese dinâmica .....	92
7.5	Diagrama Causal.....	94
7.6	Diagramas de Forrester.....	97
8.	Apresentação e análise dos resultados.....	124
8.1	Verificação se o modelo se comporta de acordo com a Hipótese Dinâmica.....	124
8.2	Comparação com o Modo de Referência .....	129
9.	Comentários sobre o modelo .....	136
9.1	A influência da Linha de Suprimentos .....	136
9.2	Cancelamento de Encomendas .....	145
9.3	O modelo adotado para a decisão .....	151
9.4	Análise de sensibilidade de parâmetros.....	154
9.5	Comparação com uma consultoria da Samarco.....	155
9.6	Sumário do capítulo.....	156
10.	Conclusões e recomendações .....	158
10.1	Conclusões.....	158
10.2	Recomendações .....	160
11.	Referências Bibliográficas.....	161

APÊNDICE I – REVISÃO DO MODELO PROPOSTO POR RAFF.....	i
1. Introdução.....	i
2. Departamento de suprimentos .....	ii
3. Departamento de fretes.....	v
4. Departamento de operações.....	x
5. Armadores independentes.....	xiii
6. Os brokers.....	xix
7. Departamento de coordenação.....	xxv
8. Setor dos estaleiros .....	xxxv

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Navios Lançados e Entregues entre 1960 e 1998 .....	19
Figura 2 - Exemplos de PSD .....	37
Figura 3 - Evolução da estrutura da frota mundial .....	43
Figura 4 - Função de Custo Unitário .....	51
Figura 5 - Exemplo de diagrama causal .....	68
Figura 6 - Exemplo de Diagrama de Forrester .....	70
Figura 7 - Exemplos de atrasos de ordem 1, 2 e 3 .....	72
Figura 8 – Diagrama de blocos geral do modelo.....	79
Figura 9 - Diagrama causal do mercado de commodities proposto por Sterman.....	83
Figura 10 - Taxas de frete de granel sólido ( <i>time charter</i> ).....	90
Figura 11 - Taxa de frete de navios-tanque ( <i>voyage charter</i> ) .....	90
Figura 12 - Modo de Referência da Frota Mundial e Taxas de Entregas e Demolição de Navios.....	91
Figura 13 – Diagrama causal do modelo da indústria marítima mundial.....	95
Figura 14 – Diagrama de Forrester do Mercado de Frete.....	99
Figura 15 - Diagrama de Forrester da Decisão de Utilização.....	101
Figura 16 - Diagrama de Forrester do Mercado Financeiro dos Armadores.....	104
Figura 17 - Diagrama de Forrester do Cálculo da Taxa de Frete .....	107
Figura 18 - Tabela do Efeito do Fator de Taxa de Frete.....	108
Figura 19 - Parâmetros de Decisão - Previsão de Demanda.....	109
Figura 20 - Parâmetros de Decisão – Expectativa de Lucro.....	110
Figura 21 - Diagrama de Forrester da Decisão de Capacidade .....	115
Figura 22 – Diagrama de Forrester da Obtenção de Navios .....	117
Figura 23 – Diagrama de Forrester do Estaleiros .....	120

Figura 24 - Tempo Médio de Construção.....	122
Figura 25 - Diagrama de Forrester dos Modos de Referência.....	123
Figura 26 - Diagrama de Forrester da Aquisição de Navios .....	136
Figura 27- Comparação dos Modelos de Decisão em uma Linha de Suprimentos.....	142
Figura 28 - Uma maneira incorreta de modelar o cancelamento de encomendas .....	146
Figura 29 - Diagrama de Forrester da Aquisição de Navios com Cancelamento de Encomendas .....	148
Figura 30 - Teste do Cancelamento de Encomendas (sem ajustes).....	149
Figura 31 - Teste do Cancelamento de Encomendas (com ajuste de obsolescência).....	150
Figura 32 - Teste do Cancelamento de Encomendas (com ajustes) .....	150
Figura 33 - Diagrama de Forrester do Departamento de Suprimentos.....	iii
Figura 34 - Diagrama de Forrester do Departamento de Fretes .....	vi
Figura 35 - Diagrama de Forrester do Departamento de Operações .....	xi
Figura 36 - Diagrama de Forrester dos Armadores Independentes .....	xiii
Figura 37 - Diagrama de Forrester dos Brokers .....	xx
Figura 38 - Diagrama de Forrester do Departamento de Coordenação (Parte I).....	xxv
Figura 39 – Diagrama de Forrester do Departamento de Coordenação (Parte II).....	xxvi
Figura 40 - Diagrama de Forrester do setor dos estaleiros .....	xxxv



**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Evolução do comércio mundial (1981 - 2000).....	42
Gráfico 2- Crescimento dos navios-petroleiros no período (1900 - 1980).....	46
Gráfico 3 - Comportamento dos atrasos de ordem 1, 2 e 3 .....	75
Gráfico 4 - Comportamento da Demanda, da Oferta e da Taxa de Frete .....	125
Gráfico 5 - Comportamento do Parâmetro de Decisão, da Previsão de Demanda, das Encomendas, das Entregas e Demolições de Navios .....	126
Gráfico 6 - Parâmetros Financeiros .....	127
Gráfico 7 - Comparação da evolução da taxa de frete.....	130
Gráfico 8 - Comparação da evolução da Frota Mercante .....	132
Gráfico 9 - Comparação da evolução da Entrega de Navios.....	133
Gráfico 10 - Comparação da evolução da Demolição de Navios.....	134

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Zonas de transporte internacional e modos de transporte disponíveis .....	31
Tabela 2 - Crescimento dos navios-petroleiros no período (1900 - 1980) .....	45
Tabela 3 - Inovação na frota mercante mundial .....	47
Tabela 4 - Equações do exemplo de atrasos .....	73
Tabela 5 - Parâmetros de Controle da Simulação .....	98
Tabela 6 - Equações do Mercado de Frete .....	100
Tabela 7 – Equações da Decisão de Utilização da Frota .....	102
Tabela 8 - Equações do Mercado Financeiro dos Armadores .....	106
Tabela 9 - Equações do Cálculo da Taxa de Frete .....	108
Tabela 10 - Equações dos Parâmetros de Decisão .....	111
Tabela 11 - Equações da Decisão de Capacidade.....	115
Tabela 12 – Equações do modelo de Obtenção de Navios.....	118
Tabela 13 – Equações da Capacidade dos Estaleiros .....	121
Tabela 14 - Equações do Modo de Referência .....	123
Tabela 15 – Equações do módulo de obtenção de navios .....	139
Tabela 16 - Equações do módulo Departamento de Suprimentos.....	v
Tabela 17 - Equações do Departamento de Fretes .....	x
Tabela 18 - Equações referentes ao Departamento de Operações.....	xii
Tabela 19 - Equações do setor de Armadores Independentes .....	xix
Tabela 20 - Equações do Setor de <i>Brokers</i> .....	xxiv
Tabela 21 - Equações do Departamento de Coordenação - Parte I.....	xxxii
Tabela 22 - Equações do Departamento de Coordenação - Parte II.....	xxxiv
Tabela 23 - Equações do Setor dos Estaleiros .....	xli

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DWT	Deadweight ton
IMM	Indústria Marítima Mundial
HD	Hipótese Dinâmica
ICN	Indústria de Construção Naval
MR	Modo de Referência
TPB	Tolerada de Porte Bruto

**GLOSSÁRIO – DEFINIÇÕES**

- TPB** A sigla TPB (em inglês dwt) significa toneladas de porte bruto (deadweight ton). Este termo faz referência à capacidade de carga em toneladas métricas que um navio pode transportar, incluindo os consumíveis (combustível, lubrificantes, sobressalentes, água doce, mantimentos e a tripulação e seus pertences).
- DWT** Vide TPB

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 MOTIVAÇÃO

#### 1.1.1 IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DO MAR

Com a fundação de Brasília, em 21 de abril de 1960, Juscelino Kubitschek de Oliveira consolida no cerrado goiano um sonho acalentado desde a Independência do Brasil. Este ato simbólico foi precedido de vários atos de coragem como as Bandeiras, as navegações fluviais e marcha para o interior que estendeu nossas fronteiras até os limites atuais. Esta marcha vitoriosa, e ainda incompleta pois o país ainda precisa ocupar a Amazônia verde, fez que fosse esquecida nossa herança atávica deixada pelos navegadores portugueses que nos descobriram. *“Desde o início de sua colonização o Brasil é um país que vive de costas para o mar.”* (VIDIGAL et ali, pág. 17)

No início do século XXI o Brasil tem uma tarefa inadiável e de grande dimensão: incorporar ao seu território o mar que a ele pertence nos termos da convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, promovendo o uso sustentado de seus recursos naturais. É um imenso território, que se projeta para além do litoral e das ilhas oceânicas e corresponde à cerca de metade da superfície terrestre do Brasil. A Marinha do Brasil, em todos os seus setores, tem chamado essa extensa área de Amazônia Azul, como uma comparação à nossa Amazônia Verde. (MARINHA DO BRASIL, 2006).

Não seria exagerado citar o mar como um fator de segurança nacional. As ações bélicas no mar afetam todos os setores da sociedade, pois alteram o transporte por via marítima. O transporte marítimo tem relevante importância também nessas ações militares. Dois exemplos apresentados por VIDIGAL et ali (2006, pág. 106) ilustram a importância do transporte marítimo nas situações de crise: a Guerra das Malvinas, onde a *Royal Navy* mobilizou mais de cinquenta navios mercantes; e o que ficou conhecido como a primeira

Guerra do Golfo, onde os navios mercantes foram intensamente utilizados no apoio aos navios de guerra na manutenção do fluxo logístico. A história mostra vários exemplos de contenção de impérios feitos por bloqueios marítimos, como por exemplo: a batalha de Tragalgar que reduziu Napoleão ao continente europeu fazendo com que ele virasse se para o Oeste; e a limitação do avanço alemão na Segunda Guerra Mundial pelo bloqueio naval imposto primeiro pela mesma *Royal Navy*, depois reforçada pela Marinha dos Estados Unidos. Neste mesmo conflito o Japão viu-se sem matérias primas e sem possibilidade de transporte por possuir uma marinha mercante de porte incompatível com a grandeza das operações militares desencadeadas no Oceano Pacífico.

### 1.1.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MAR

*As by means of water-carriage a more extensive market is opened to every sort of industry than what land-carriage alone can afford it, so it is upon the sea-coast, and along the banks of navigable rivers, that industry of every kind naturally begins to subdivide and improve itself, and it is frequently not till a long time after that those improvements extend themselves to the inland parts of the country.*

O texto acima, escrito por Adam Smith em 1776, foi retirado do Capítulo III do livro *A Riqueza das Nações*<sup>1</sup> (SMITH, 2000). Smith trata das vantagens de se ter um grande mercado e comenta que só por meio do transporte marítimo isso é possível. Guardadas as devidas proporções até os exemplos apresentados no livro permanecem atuais<sup>2</sup>. Smith comenta também que o mercado é o que limita a capacidade de especialização de um povo,

---

<sup>1</sup> O título original do livro é *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*.

<sup>2</sup> Smith compara o transporte de mercadorias da Escócia para a Inglaterra feitos por carroça e por navios (com capacidade de transporte de 200 toneladas). A comparação para o caso brasileiro seria entre o transporte rodoviário e a navegação de cabotagem.

pois pequenos mercados obrigam a que as empresas diversifiquem suas atividades. Olhando por esse prisma, o mar foi e continua sendo a grande estrada do comércio internacional.

Olhar para o mar como o caminho que viabiliza o comércio global reforça a importância da Amazônia Azul, agora também por aspectos econômicos. VIDIGAL (2006) cita um silogismo de um pensador inglês que até hoje permanece válido: “*Quem comanda o mar comanda o intercâmbio; quem comanda o intercâmbio comanda as riquezas do mundo, e, conseqüentemente, o próprio mundo*”. Para o Brasil isto é particularmente verdadeiro. O comércio brasileiro é atualmente a principal fonte de divisas do país, sendo que 95% (em volume) deste comércio se faz por via marítima. O mar é também uma importante fonte energética para o Brasil, fornecendo 87% do petróleo nacional. (VIDIGAL, 2006, PÁG. 137).

Embora não se pretenda estender o assunto, é relevante o fato de que, nos termos da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (ONU, 1994), o Brasil pleiteou a extensão de sua Zona Econômica Exclusiva para o limite de 350 km, em grande parte de seu litoral. Tal extensão dá ao Brasil direito exclusivo de exploração dos recursos do solo, subsolo e das espécies sedentárias nessa região.

## **1.2 PROPÓSITO E ESCOPO DO TRABALHO**

### **1.2.1 PROPÓSITO**

Diante da importância do mar para o Brasil e, como será visto posteriormente, no momento em que há um esforço para a revitalização da indústria naval brasileira, o propósito deste trabalho é contribuir fazendo uma análise qualitativa dos aspectos mais relevantes que influenciam o nicho econômico no qual a construção naval se insere, a Indústria Marítima Mundial. Segundo STOPFORD (1997, Capítulo 3), esse mercado na realidade engloba os mercados de frete; a construção de navios; o comércio de navios de segunda mão; e demolição de navios; que serão discutidos ao longo do trabalho.

Será desenvolvido um modelo, propositalmente simples, que apresente um comportamento global similar ao do mercado; neste modelo só serão considerados os mercados de frete, construção e demolição de navios. Não se tem a pretensão de esgotar o assunto por duas razões: a primeira é que não seria exequível fazer esse modelo sem recorrer a especialistas no assunto, que podem fazer críticas e sugestões, auxiliando na incorporação de detalhes importantes; a outra razão é a questão da oportunidade, que limita o prazo para realização do trabalho.

### **1.2.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO**

O escopo deste trabalho é apresentar ao Departamento de Engenharia Naval da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo um modelo simples sobre a IMM com os seguintes propósitos:

- a) Oferecer uma ferramenta de análise qualitativa do comportamento do mercado, baseada em métodos quantitativos;
- b) Servir de base para críticas e aprofundamento, para posterior inclusão de aspectos adicionais julgados relevantes, visando aumentar sua expressividade; e
- c) Contribuir para a manutenção e desenvolvimento do conhecimento da área de Dinâmica de Sistemas no ambiente da Escola Politécnica, em particular no âmbito do Departamento de Engenharia Naval.

Este trabalho não pretende:

- a) Apresentar um modelo completo do mercado; e
- b) Calibrar o modelo de forma a atingir resultados quantitativos compatíveis com as estatísticas apresentadas na literatura.



### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por onze capítulos. O primeiro apresenta a motivação do trabalho, a importância estratégica e econômica do mar para o Brasil; seu propósito e esta apresentação de sua estrutura. No segundo capítulo é feita uma análise sucinta das principais referências bibliográfica. No terceiro capítulo, de interesse histórico, é abordada a construção naval brasileira, com um breve histórico e o seu reaquecimento. O quarto capítulo, que descreve o sistema a ser simulado, apresenta a da Indústria Marítima Mundial em suas diversas visões: o papel econômico da navegação; o sistema de transporte internacional; considerações sobre a demanda por transporte marítimo; conceitos sobre a frota mercante mundial; considerações sobre a oferta de transporte marítimo; abordando ainda os portos; as companhias de navegação e as influências políticas. No quinto capítulo é feita uma breve apresentação de conceitos da Dinâmica de Sistemas, que inclui uma abordagem sobre modelos; os tipos de modelos; comparação entre modelos; métodos de desenvolvimento de modelos; apresenta as relações e os diagramas causais e os diagramas de Forrester; e, por último, introduz o conceito de atraso. No capítulo seis são apresentados dois trabalhos que servem de fundamento para este estudo: primeiro, a dissertação de Alfred Raff (RAFF, 1960), que além de seu valor histórico, apresenta interessantes formulações sobre a modelagem do mercado de navios-tanque; e segundo, é discutido o modelo geral do mercado de *commodities*, apresentado por John Sterman (STERMAN 2000.a, Capítulo 20). No sétimo capítulo é descrito o modelo adotado como base para este estudo (chamado modelo base); são apresentados: o modo de referência, a hipótese dinâmica, o diagrama causal, e os diagramas de Forrester de suas diversas partes. No capítulo oito são apresentados os resultados obtidos e é feita uma análise desses resultados. No capítulo nove são apresentados alguns comentários sobre o modelo e feitas algumas considerações sobre estruturas alternativas para a modelagem desse sistema. No capítulo dez, são apresentadas algumas conclusões e feitas algumas

sugestões para a continuação do trabalho. No capítulo onze é apresentada a lista de referências.

## 2. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta as referências consideradas como principais para o trabalho. Não se pretende esgotar o assunto, mas apresentar o conjunto de referências que fundamentam a pesquisa realizada. Para tanto é feita uma descrição sumária de cada título, em ordem cronológica de sua publicação.

Em 1960, portanto anterior ao próprio *Industrial Dynamics* de Forrester (FORRESTER, 1961), Alfred Raff publica sua dissertação de mestrado, *Dynamics of Tankship Industry*, onde se encontram considerações muito interessantes sobre a modelagem da indústria de navios-tanque. É interessante observar como Raff separa seu modelo nos diversos setores da indústria, uma abordagem fortemente influenciada pelos conceitos que seriam publicados posteriormente no *Industrial Dynamics*. Esta dissertação é uma referência fundamental para este trabalho e é discutida em detalhes no Capítulo 6.

Em 1961 Jay W. Forrester publica o seu livro *Industrial Dynamics*, um trabalho que serve como a pedra fundamental da Dinâmica de Sistemas (DS), lançando oficialmente suas fundações. O livro trata de assuntos até então inexplorados e aborda a ciência gerencial sob um ponto de vista dinâmico.

Em 1983 cinco autores, Nancy Roberts, David Andersen, Ralph Deal, Michael Garet e Willian Shaffer, lançam o livro *Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach*. É um livro muito interessante, pois é voltado para o ensino de DS. É composto de sete partes: a primeira trata dos conceitos fundamentais da simulação de sistemas; a segunda parte trata da estrutura dos sistemas com realimentação; a terceira aborda a representação gráfica e a análise do comportamento dos sistemas com realimentação; a quarta parte apresenta a forma de se analisar problemas não estruturados; a parte cinco apresenta uma introdução a simulação; a parte seis aborda a formulação e a análise de modelos de simulação; e, finalmente, a parte sete aborda o desenvolvimento de modelos mais

complexos. Um aspecto de grande relevância desse livro é que ele pode ser reproduzido para fins educacionais.

Em 1989 Dietrich Dorner publicou o seu livro *The logic of failure* (do original alemão *Die Logik des Misslingens*). Este livro é um excelente meio de motivar as pessoas a uma reflexão sobre os sistemas complexos e porque as ações tomadas dificilmente redundam nos resultados desejados. No seu primeiro capítulo apresenta vários exemplos de comportamentos de pessoas que fizeram testes em seu laboratório (“na terra de *Tanaland*”) com resultados e conclusões muito interessantes.

Em 1990, Peter Senge publica seu livro *The fifth discipline* onde apresenta uma abordagem ao pensamento sistêmico. Nessa abordagem, Senge desenvolve os conceitos de diagramas causais para o público, sem abordar aspectos que envolvam simulação. Em lugar disso ele apresenta alguns gráficos com os arquétipos dos comportamentos comuns existentes na natureza e nas organizações. Sua leitura é interessante pois permite ter-se uma clara idéia de como é a abordagem dos sistemas complexos sem o uso de simulação.

Em 1991, John Sterman publica o artigo *A Skeptic's Guide to Computer Models* onde apresenta considerações importantes sobre o uso de modelos mentais, os modelos computacionais, os diversos tipos de modelos computacionais (otimização, simulação e econométricos) e uma comparação entre eles, apresentando seus pontos fortes e fracos.

Em 1997, Martin Stopford publica seu livro *Maritime Economics* que nos seus catorze capítulos aborda os diversos aspectos desse setor da indústria. No primeiro capítulo é apresentada a organização econômica do mercado de navegação; as considerações feitas neste capítulo são apresentadas com detalhe no capítulo quatro deste trabalho. No capítulo dois, Stopford apresenta os ciclos do mercado de navegação; descrições existentes servem de fundamento para o modo de referência e o levantamento da hipótese dinâmica. No terceiro capítulo, são tratados os quatro mercados de navegação: o mercado de fretes, o mercado de

compra e venda de navios, o mercado de construção de novos navios e o mercado de demolição de navios. O quarto capítulo trata da oferta e demanda de transporte marítimo e das taxas de frete. O quinto capítulo dá uma visão detalhada dos custos, ganhos e do desempenho financeiro da indústria. O capítulo seis trata do financiamento, tanto de navios quanto das companhias de navegação. O sétimo capítulo aborda os princípios econômicos do comércio marítimo. O oitavo capítulo apresenta o padrão mundial de comércio marítimo. O nono capítulo apresenta o transporte a granel e os princípios econômicos que regem esse setor. O décimo capítulo apresenta o setor de carga geral e os conceitos econômicos que governam o setor. O décimo primeiro capítulo apresenta considerações sobre os navios e o seu projeto. O décimo segundo capítulo trata da moldura legal que regula a economia do mercado. O décimo terceiro capítulo trata dos aspectos econômicos da construção e da demolição de navios. Finalmente, o décimo quarto capítulo trata das previsões e pesquisas sobre o mercado. Este livro é uma referência fundamental para este trabalho e recomenda-se sua leitura a quem tiver interesse em se aprofundar no assunto.

Em 2000 John D. Sterman lança seu livro *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, uma leitura obrigatória para todos que se interessarem em aprofundar seus conhecimentos em DS. Este livro é dividido em sete partes: a primeira trata da perspectiva e o processo da DS; a segunda das ferramentas para o pensamento sistêmico; a terceira da dinâmica do crescimento; a quarta das ferramentas para a modelagem em DS; a quinta trata da instabilidade e da oscilação em sistemas; a sexta sobre como testar modelos e a sétima parte é sobre desafios para o futuro. Em particular, Sterman desenvolve um modelo conceitual que trata da metáfora de Adam Smith (*The invisible hand*) sobre a tendência ao equilíbrio entre a oferta e a demanda, desenvolvendo no Capítulo 20 um modelo formal que trata das oscilações do mercado de *commodities*. No próprio ano 2000, Sterman lança o

*Instructor's Manual to accompany Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, fonte de referência para algumas discussões conduzidas nesta dissertação.

Em 2002, Rogério Oliva publica o artigo *Model calibration as a testing strategy for system dynamics models* onde apresenta uma extensiva análise sobre conceitos importantes que devem ser observados na calibração de sistemas, comparação com a Hipótese Dinâmica, similaridade entre os resultados obtidos e os modos de referência, análise de resultados de parâmetros após calibração de modelos para verificação da pertinência dos resultados em função dos valores utilizados no mundo real, entre outros.

Em 2005, Israel Brunstein publica seu livro *Economia de Empresas: Gestão econômica de negócios*. Neste livro são apresentados e discutidos os aspectos econômicos que devem dar suporte à tomada de decisões. Em seu capítulo seis (Estudo de encomendas em função da utilização da capacidade) é apresentado o conceito de região de saturação e ociosidade da empresa, que também é aplicável à indústria de navegação.

Em 2006, Engelen et ali publicam o artigo *Using system dynamics in maritime economics: na endogenous decision model for shipowners in the dry bulk sector*, onde apresentam parte de um trabalho conduzido em conjunto pelas universidades de Antuérpia (Bélgica) e Delfi (Holanda), cujo propósito é chegar a um modelo que sirva de ferramenta para uma variedade de aplicações, entre elas: ensino, treinamento e pesquisa. Neste artigo são feitas interessantes considerações sobre a estrutura de custos do mercado, que corroboram com as informações obtidas no Capítulo 5 do *Maritime Economics* (STOPFORD, 1997).

Em 2006, Hal Varian, publica a sétima edição do livro *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach*. Este livro serve de fundamentação teórica a todos os que quiserem aprofundar os conceitos econômicos apresentados por Stopford. Além dos modelos tradicionais da microeconomia, cumpre destacar que (somente a sétima edição) contém um capítulo sobre economia comportamental. Tal assunto é tratado no capítulo 30, onde são

introduzidos alguns conceitos como o *Efeito de Ancoragem*, a *Integração de Ativos e Aversão à Perda* e o *Excesso de Confiança*. Tais conceitos são aplicados nesse trabalho para melhor compreender o comportamento dos armadores em suas difíceis decisões de encomendar novos navios e de vender os navios mais antigos para a demolição.

Em 2006, Tamio Shimizu lança a segunda edição de seu livro *Decisão nas Organizações*. Esse livro apresenta as principais estratégias e metodologias de tomada de decisão utilizadas em diversos problemas das Ciências Humanas, Exatas e da Tecnologia. É uma referência importante para a compreensão dos diversos processos de tomada de decisão e dos fatores que influenciam tais decisões.

Em 2006, Marcus Sá da Cunha publica sua dissertação de mestrado com o título *A Indústria de Construção Naval: Uma Abordagem Estratégica*, onde discorre sobre muitos aspectos estratégicos dessa indústria. Embora pouco citada formalmente, essa dissertação é uma referência importante deste trabalho, pela troca de idéias que os autores tiveram durante suas elaborações.

### **3. A CONSTRUÇÃO NAVAL BRASILEIRA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Este capítulo apresenta algumas considerações sobre a construção naval brasileira, iniciando por um apanhado histórico, que incluiu a criação do primeiro curso de engenharia naval no Brasil; o seu desenvolvimento e crise, ocorridos no período que vai do início da década de 1960 até o final da década de 1970; e o esforço para o reaquecimento da indústria de construção naval brasileira nos dias atuais.

#### **3.2 HISTÓRICO**

##### **3.2.1 A ERA COLONIAL**

Segundo Guerra (1994), a história da construção naval no Brasil remonta a era anterior à independência. Em 1763 foi fundado o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) com a função de manter os navios da esquadra imperial portuguesa. O Arsenal da Bahia se encarregava das construções de novos navios. Em 1824 foi iniciada a construção de um dique seco no AMRJ, construção esta terminada em 1861. Esta obra se constituiu em um grande progresso, pois acabou com as perigosas e demoradas operações de “virar de carena” para o reparo e limpeza do casco dos navios, operação que só podia ser feita depois de retiradas todas as máquinas e mastros dos navios.

Após a independência também houve um grande aquecimento nas atividades dos arsenais pela necessidade de reparos nos navios deixados para trás pelos portugueses e pelas construções de novos navios para a recém criada Esquadra Brasileira.

A introdução da máquina a vapor sofreu grande oposição, principalmente por parte das Marinhas de Guerra. A razão era que os propulsores da época eram rodas laterais grandes, pesadas, vulneráveis e que, por sua posição reduziam o poder de fogo dos navios. Some-se a



isso o fato que as próprias máquinas eram pesadas e volumosas e, com isto, reduziam o espaço útil a bordo.

No período entre 1840 e 1865 o Arsenal contou com engenheiros europeus que introduziram importantes modificações nos equipamentos mecânicos e na tecnologia utilizada. Em 1865 o AMRJ passou à direção dos engenheiros brasileiros Carlos Braconnot e Antonio Gomes de Matos, ambos formados em engenharia mecânica na Europa. Os dois introduziram o que de mais moderno havia na construção de caldeiras e máquinas a vapor. Com o retorno do engenheiro João Batista Level, diplomado em engenharia naval na Europa, à direção da Diretoria de Construção Naval houve uma verdadeira revolução na construção naval brasileira. Entre 1840 e 1865 foram construídas cinco corvetas e outros navios de menor porte.

No período subsequente a 1860 o Arsenal atingiu um patamar igual ao dos estaleiros mais desenvolvidos da época, construindo três encouraçados, quatro monitores, duas corvetas e outros navios menores. O Cruzador Tamandaré tinha 4.537 toneladas de deslocamento, 95,9 metros de comprimento, 16 canhões e a potência do sistema de propulsão com 7.500 HP. O Tamandaré é até os dias atuais o maior navio de guerra já construído no Brasil.

Em 1869, Trajano de Carvalho patenteou na Europa um novo formato de carena que permitia maior economia na operação, resultado de cuidadosa pesquisa hidrodinâmica. Esta nova forma foi aplicada em uma lancha a vapor e depois na corveta “Trajano”, que comprovou sua eficácia ainda durante as provas de mar do navio. Testes posteriores realizados por Froude, o pai da hidrodinâmica, resultaram que a carena proposta por Trajano acarretava uma economia da ordem de 30% de combustível.

Desse período de ouro da construção naval brasileira destacaram-se João Batista Level (1824-1914), que foi, em verdade, o primeiro engenheiro naval brasileiro, Carlos Braconnot (1831-1882), formado nas oficinas de John Penn & Cia, na Inglaterra, que foi “Segundo

Engenheiro” da Oficina de Máquinas do Arsenal, Trajano Augusto de Carvalho (1830-1898), formado em engenharia naval nos estaleiros de Richard W. Hervy Green, Londres. Outro nome de destaque foi João Candido Brasil, formado em engenharia naval na Europa, que foi o primeiro a construir no Brasil um casco inteiramente de aço, e depois já Almirante e com a criação do Corpo de Engenheiros da Marinha, organizou e dirigiu os planos da nova esquadra – o programa Júlio de Noronha. Este programa incluiu a aquisição no exterior dos encouraçados “Minas Gerais” e “São Paulo”, na época os navios mais poderosos do mundo.

Com a proclamação da República em 1889, a Marinha perdeu prestígio político. Como consequência o Arsenal entrou em rápido processo de decadência. Além do aspecto político a Marinha tomou a decisão de comprar navios no exterior. Essa opção, aliada às grandes transformações havidas na época, provocou uma grande decadência na construção naval brasileira, acarretando na perda da experiência acumulada. Durante 70 anos a Marinha do Brasil só adquiriu navios no exterior, sendo a grande maioria de segunda mão.

### **3.2.2 A CRIAÇÃO DO PRIMEIRO CURSO DE ENGENHARIA NAVAL NO BRASIL**

Até meados do século XIX, os profissionais da construção naval eram chamados de construtores. Os profissionais ascendiam na carreira sendo antigos operários, que chegavam a mestres e depois a construtores. Não tinham formação regular em engenharia naval e seu aprendizado ocorria nas aulas de Geometria e Desenho no próprio Arsenal. A partir de 1852 o Arsenal passou a ter engenheiros navais, todos formados no exterior. A necessidade de melhor formação já era sentida há muito tempo e por mais de uma vez foi explicitada em relatórios do Ministro da Marinha. Em essência, era pensamento reinante na Marinha de então que havia a necessidade de qualificação de pessoal na área de engenharia naval.

Apesar da visão da necessidade remontar a meados do século XIX, somente em 1955 foi criado, por decreto do Governador do Estado de São Paulo, o primeiro curso de engenharia naval no Brasil. Este curso foi viabilizado por um Convênio celebrado entre a Marinha e a

Universidade de São Paulo em 8 de maio de 1956. O curso de engenharia naval na Universidade Federal do Rio de Janeiro iniciou-se em 1959, fruto de pressão dos estaleiros que se desenvolviam na região no final da década de 50, fruto da política do Presidente Juscelino.

### **3.3 DESENVOLVIMENTO E CRISE**

TELLES (2001), no capítulo 6 trata do desenvolvimento e da crise da construção naval brasileira. As informações compiladas neste item estão fundamentadas nessa referência. Até 1960, o país viveu uma fase de implantação da grande indústria de construção naval. Novos estaleiros foram construídos e os existentes modernizados, sendo iniciadas as primeiras construções que marcaram esta fase. Os primeiros navios entregues eram de carga geral, mais adequados às necessidades da época, segundo o consenso reinante. Os navios variavam de 3.000 a 10.000 TPB.

A próxima fase, de 1961 a 1967, foi de consolidação da indústria. Os estaleiros concluíram suas obras de construção ou ampliação e o porte máximo dos navios construídos elevou-se para 18.000 TPB. Simultaneamente os tipos de navios se diversificaram, incluindo agora, navios graneleiros, petroleiros e frigoríficos. A lista de clientes dos estaleiros brasileiros, que originariamente só recebiam encomendas da Comissão de Marinha Mercante<sup>3</sup>, estendeu-se para a Petrobrás (FRONAPE), Companhia Vale do Rio Doce (DOCENAVE), Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e alguns armadores particulares, sendo que em 1964 iniciou-se a exportação com os primeiros navios sendo comprados pelo México.

A indústria de construção gera um efeito multiplicador expressivo, quando desenvolvida. Não ocorreu diferente no Brasil com a criação de muitas indústrias subsidiárias e de navipeças. No início, em 1964, teve início no país a fabricação de motores diesel

---

<sup>3</sup> Depois Superintendência Nacional da Marinha Mercante - SUNAMAM

marítimos - de propulsão e auxiliares -, atingindo-se assim o índice de nacionalização, em valor, dos navios construídos de cerca de 90%, em 1965.

No início da década de 1970 o Brasil vivia o chamado “milagre econômico”, com grandes taxas de crescimento. Neste ambiente, o Governo Federal lançou o Primeiro Plano de Construção Naval (I PCN), um plano plurianual com investimentos da ordem de 1,2 bilhões de dólares. Em 1973 este plano foi revisto e ampliado. Em 1974 a economia mundial passou por um momento de crise, com o primeiro choque do petróleo, elevação dos juros internacionais e aumento da inflação. Este quadro não desanimou o Brasil que, no mesmo ano de 1974, lançou o Segundo Plano de Construção Naval (II PCN), com investimentos da ordem de 3,3 bilhões de dólares, sendo a origem dos financiamentos empréstimos externos. É interessante observar que em 1974 o mercado de frete, acompanhando o comportamento da economia mundial, teve uma de suas mais dramáticas quedas, o que poderia ser considerado como um indicador importante que a indústria de construção naval poderia ter sérios problemas de encomendas alguns anos depois.

Nos anos seguintes, a informatização e automação dos processos industriais revolucionaram os projetos e a construção de navios. Com a certeza das encomendas, os estaleiros fizeram planos de ampliação e modernização. Novos equipamentos e processos de construção permitiram a construção em blocos, o que diminuiu o trabalho na carreira e o prazo de construção. Com isso a capacidade dos estaleiros cresceu, e eles se tornaram capazes de entregar navios cada vez maiores e mais sofisticados.

O Brasil ingressou no restrito grupo de países com capacidade de construir supernavios da ordem de 400.000 toneladas e a nossa indústria de construção naval chega à posição de terceiro maior produtor mundial. Em 1977, tinham-se quase três milhões de TPB em construção nos estaleiros nacionais, e, em 1979 foi batido o recorde (em TPB) nacional com o petroleiro *Henrique Dias*, de 277.000 TPB. Esse recorde só seria batido já em 1986 por

um navio de 305.000 TPB. Ainda em 1979 o Brasil atingiu a condição de segundo maior construtor naval do mundo.

O ano de 1979 marcou o pico da produção; os estaleiros entregaram um total de 1.394.980 TPB, sendo 331.800 para exportação. Este ano marca também o início de uma grave crise que se estende até os dias de hoje. Com essa crise o II PCN, que deveria estar concluído em 1980, arrastou-se até 1984. A construção de alguns dos últimos navios chegou a demorar até dez anos, devido a paralisações causadas por dificuldades financeiras, greves e outros fatores. Houve casos de navios já lançados ao mar que tiveram de ser transferidos, durante a fase de acabamento, para outro estaleiro, normalmente devido à situação falimentar do estaleiro original.

Não se pretende nesse ponto do trabalho discutir as causas dessa crise. Entretanto TELLES (2001, pág 139) enumera algumas possíveis razões que serão apresentadas nos próximos parágrafos.

A primeira razão é que os navios construídos pelos estaleiros nacionais tinham um custo elevado devido a: sofisticação excessiva e desnecessária dos navios; o incentivo financeiro dado pela SUNAMAM aos estaleiros; e proibição de importação de matérias-primas, navipeças e outros componentes com similar nacional.

A segunda razão vem das dificuldades financeiras da SUNAMAM que foram causadas por: inflação elevada; planos econômicos mal sucedidos; a crise mundial, consequência dos choques do petróleo que causaram alta geral de juros, e desequilíbrio financeiro em todo o mundo, o que resultou em restrição de crédito e suspensão de financiamentos; cancelamento de contratos de exportação; concorrências viciadas; e o faturamento e pagamento antecipado de eventos na construção de navios, o que gerava um déficit crescente. Dentre todos, talvez este tenha sido o aspecto grave.

Uma conseqüência dos fatos acima foi que a SUNAMAM chegou ao ano de 1983 com um *déficit* de cerca de US\$ 800 milhões. Outra conseqüência foi a demora na entrega de alguns navios - principalmente os últimos, quando o período de construção chegou a atingir dez anos. Com esse tempo de construção, muitos navios já estavam obsoletos quando ficaram prontos, ou já não eram mais necessários. Alguns armadores recusaram-se a receber os navios, que foram devolvidos a SUNAMAM, criando mais um problema. A maioria dos estaleiros ficou em situação falimentar.

As encomendas caíram drasticamente, gerando greves por atraso de pagamentos, inadimplência e até o fechamento dos estaleiros. Alguns estaleiros ainda conseguiram sobreviver desviando a sua linha de produção para o reparo naval, para o sucateamento de navios velhos, ou para a construção de plataformas marítimas para exploração e produção de petróleo.

Na realidade a história da crise da nossa indústria naval é uma história triste, na qual só existiram perdedores, sendo o maior deles o próprio país que viu praticamente desaparecer uma grande indústria de bens de capital, que chegou a ser uma das maiores do mundo.

A Figura 1, adaptada de TELLES (2001), apresenta de maneira condensada o que foi o crescimento e a decadência da indústria de construção naval no período compreendido entre 1960 e 1998. Nesta figura o eixo das abscissas indica o ano e o eixo das ordenadas indica a soma do deslocamento desses navios, em TPB. Desta forma, há uma melhor indicação do nível de utilização da capacidade dos estaleiros, ao longo do período.

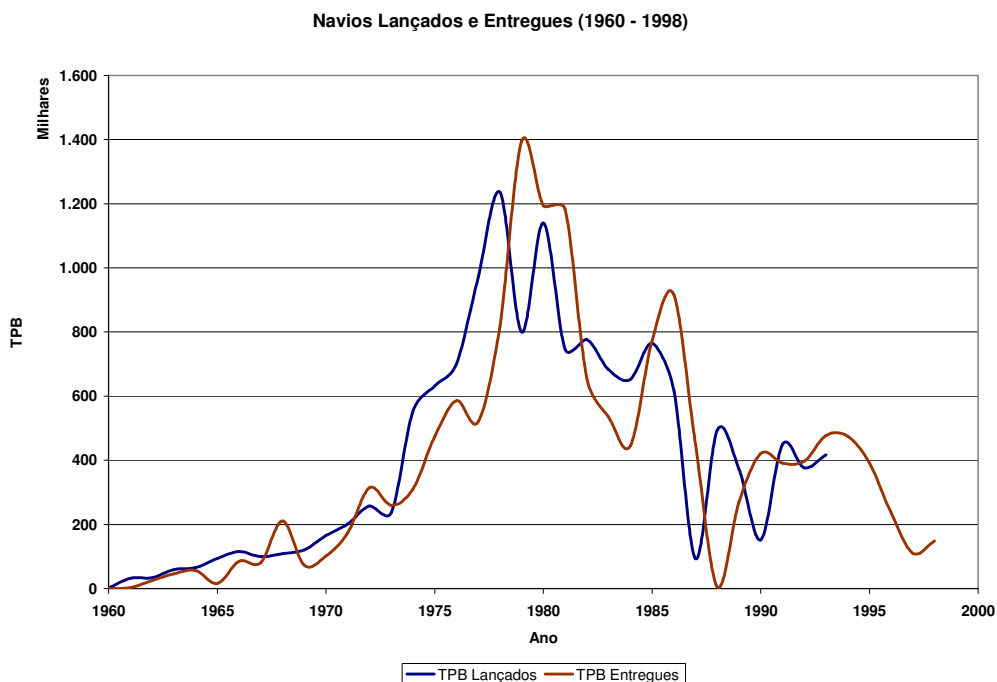


Figura 1 - Navios Lançados e Entregues entre 1960 e 1998

### 3.4 O REAQUECIMENTO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO NAVAL NO BRASIL

É de domínio público que o governo brasileiro estabeleceu como uma de suas metas a revitalização da ICN no Brasil. O elemento viabilizador dessa política será uma encomenda de vários navios que a Petrobrás Transporte S. A. – TRANSPETRO fará a estaleiros nacionais. No segundo semestre do ano de 2005, o Dr. Sérgio Machado, presidente da Transpetro, fez uma palestra na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (MACHADO, 2005) onde apresentou o plano da companhia para a revitalização da construção naval brasileira. As informações que se seguem neste item são fundamentadas nos dados e comentários feitos nessa apresentação.

#### 3.4.1 APRESENTAÇÃO DA COMPANHIA

A TRANSPETRO é uma subsidiária da PETROBRÁS, criada em 1998. É uma empresa líder em logística de transporte de granéis, álcool, petróleo e seus derivados e de gás,

atuando na operação de dutos, terminais e navios. A sua frota marítima é de 51 navios, sendo 47 próprios. A idade média de sua frota é de 15 anos e conta com apenas 8 navios de casco duplo. A demanda diária da PETROBRÁS é de 110 navios, desta forma, 59 navios são afretados de armadores. A TRANSPETRO também possui 43 terminais terrestres e aquaviários.

### **3.4.2 O CENÁRIO MUNDIAL**

Uma análise do cenário mundial indica que 80% das transações são feitas pelo mar. O custo do frete representa, em média, 10% do custo dos produtos, podendo atingir níveis mais elevados, como no caso do minério de ferro. A distribuição da frota mundial é concentrada, com dez países detendo 65% da frota mundial; os países que movimentam 50% da comercialização detêm 72% da frota. É relevante o fato que países que detêm a frota podem interferir marcantemente no controle dos preços do frete e influenciar a competitividade internacional. É interessante observar que esta visão estratégica está em consonância com a apresentada por VIDIGAL et alii (2006).

### **3.4.3 O CENÁRIO NACIONAL**

No cenário nacional o transporte marítimo movimenta 95% do comércio exterior brasileiro<sup>4</sup>. A frota brasileira é reduzida e tem idade média de 23 anos, considerada alta. A maior parte da frota é composta por navios de casco simples, inadequada às exigências internacionais de meio ambiente e segurança. Menos de 4% dos fretes de longo curso são pagos em moeda brasileira e atualmente os custos de transporte alcançam a cifra de US\$ 10 bilhões. Sob o ponto de vista estratégico o Brasil é dependente da frota estrangeira, e, desta forma, nosso comércio exterior fica vulnerável.

---

<sup>4</sup> Este valor se refere ao volume do comércio



#### 3.4.4 ENCOMENDAS DE NAVIOS

A carteira dos estaleiros em junho de 2005 tinha um total de mais de 4.700 navios. Os maiores fabricantes mundiais, Coréia, Japão e China detêm 90% da produção mundial. Estes países já estão entrando na quinta geração tecnológica de construção naval<sup>5</sup>.

Na década de 80 o Brasil atingiu a segunda posição no *ranking* mundial de fabricantes de navios, exportando até 1,5 milhões de toneladas de porte bruto por ano para países como Estados Unidos, Inglaterra, França, Alemanha e Grécia. Nessa época chegou-se a gerar 40.000 empregos diretos. A situação no ano 2000 era bastante diferente com o desaparecimento do segmento de construção de navios de grande porte, uma carteira de encomendas de navio de apenas 28 embarcações de porte médio, estando os estaleiros nacionais na segunda geração tecnológica.

#### 3.4.5 O PROGRAMA

Foi assumido que para a reativação da Construção Naval no Brasil seriam necessários investimentos em tecnologia e recursos humanos; a modernização global do processo de produção e gerenciamento, a busca de sinergia e de coordenação de cadeias de cooperação, visando a encurtar etapas da curva de aprendizado; e a busca da competitividade, com a prática de prazos e preços internacionais.

O programa de modernização e expansão da frota da TRANSPETRO compreende encomendas de 42 navios de grande porte, em duas fases de encomendas. Os navios serão do tipo Suezmax, Panamax, Aframax<sup>6</sup>, Produtos e GLP<sup>7</sup> (gaseiros). Para tanto estão previstos

---

<sup>5</sup> As gerações tecnológicas definem os processos utilizados pelos estaleiros e seu nível de produtividade. Um estaleiro entrando na quinta geração apresenta processos altamente automatizados e alta produtividade.

<sup>6</sup> Os termos Suezmax, Panamax e Aframax se referem ao calado máximo dos navios, que de forma indireta limita seu deslocamento. Os navios Suezmax têm um calado tal que permitem que naveguem pelo canal de Suez; da mesma forma, os Panamax tem a capacidade de navegar no canal do Panamá.

<sup>7</sup> Navios para transporte de gás, esse navios tem uma tecnologia mais sofisticada que os de graneis líquidos.

investimentos de US\$ 2 bilhões, sendo os recursos assegurados pelo Fundo de Marinha Mercante, administrado pelo BNDES.

Os objetivos do programa são expandir e modernizar a frota da TRANSPETRO, para atingir 100% na cabotagem e 50% no longo curso, e reduzir a idade média da frota para 10 anos, até o ano de 2015. Pretende-se que os navios sejam construídos no país, que sejam atingidos preços competitivos internacionalmente, e que sejam alcançados índices de nacionalização de 65%.

A motivação estratégica é a modernização da indústria naval brasileira, com a reativação do segmento de construção de grandes navios, com a criação de bases tecnológicas e de capacitação profissional.

A PETROBRÁS/TRANSPETRO pretende utilizar sua demanda para fornecer à indústria uma escala capaz de estimular os investimentos para a modernização do processo construtivo e propiciar uma curva de aprendizado, para alcançar preços e prazos competitivos internacionalmente.

Os macro-benefícios para o Brasil são: geração de 20 mil novos empregos diretos, na etapa inicial de construção; geração de impostos e renda no Brasil; revigoração da marinha mercante brasileira; ressurgimento e modernização da indústria de construção de grandes navios no Brasil; aquecimento de diversos setores industriais; maior poder de competição nas exportações; mais soberania e desenvolvimento tecnológico, econômico e social para o Brasil. Os benefícios do programa para a PETROBRÁS serão a maior flexibilidade operacional, reduzindo o risco gerado pelas flutuações do frete e pela escassez mundial de navios e a captura de parte do lucro hoje obtido pelos armadores internacionais que prestam serviços ao sistema.

### 3.4.6 O DESAFIO TECNOLÓGICO

Os objetivos do desenvolvimento do setor de construção naval, voltados para a área de desenvolvimento tecnológico são: gerar tecnologia através do relacionamento permanente dos centros de pesquisa e universidades com as empresas do setor; atuar no desenvolvimento de um projeto estruturado e de longo prazo para o aprimoramento tecnológico do setor; e contribuir para a integração da cadeia produtiva da indústria naval, o que constitui importante fonte de vantagem competitiva.

Para que tais objetivos sejam atingidos, em uma primeira fase foram tomadas as seguintes iniciativas: foi criado o CEENO, que é o Centro de Estudos de Engenharia Naval e Oceânica, dará suporte ao desenvolvimento tecnológico da indústria de construção naval do país; estão sendo incentivadas a formação de centros de excelência em engenharia naval, reunindo armadores, estaleiros, universidades, centros de pesquisa, classificadoras, e empresas de projeto; foram assinados acordos de cooperação tecnológica com o Ministério da Ciência e da Tecnologia para apoio a projetos para o setor naval; e está se fomentando a pesquisa e ao desenvolvimento de soluções tecnológicas para o setor e programas de capacitação profissional.

Em uma segunda fase, foram identificadas as áreas relevantes para o assunto, que são: capacitação de recursos humanos; monitoramento do posicionamento tecnológico dos estaleiros brasileiros; simuladores computacionais; desenvolvimento de novas tecnologias de métodos e processos de fabricação; e inovação tecnológica do produto. Para o desenvolvimento dessas áreas foram feitos acordos entre o Ministério da Ciência e Tecnologia, a TRANSPETRO, o CENPES e as Universidades para projetos de desenvolvimento tecnológico. Entre esses projetos pode-se destacar: *benchmarking*<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Um indicador de desempenho que pode ser medido é usado como padrão de comparação dos concorrentes.

internacional para indicadores e desempenho na construção naval; implantação de laboratório para análise e avaliação de risco; plataforma para ensaios de manobras de embarcações; implantação do laboratório de simulação de sistemas de construção naval; projetos de navios de grande porte - incremento de capacitação laboratorial e implantação de centro multiusuários; fatores de fabricação na construção naval, implantação e consolidação do laboratório de gestão de operações e da cadeia de suprimentos da indústria de construção naval; e avaliação de sistemas de propulsão para um navio-tanque ecológico.

## **4. A INDÚSTRIA MARÍTIMA MUNDIAL**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Sendo o propósito deste trabalho contribuir para o entendimento da dinâmica da IMM, é pertinente que se apresente uma descrição desse segmento econômico. Segundo LINEYS (2001), é conveniente que a descrição do sistema a ser modelado seja feita em termos causais. Dentre as referências analisadas a que melhor atende a essa descrição é STOPFORD (1997), que, em seu capítulo 1, faz uma descrição abrangente da IMM. RAFF (1960, capítulo 2), também apresenta uma descrição interessante, com foco mais estrito no mercado de navios-tanque; entretanto, aborda vários conceitos que podem ser extrapolados para o mercado completo.

Este capítulo aborda os principais aspectos descritos por STOPFORD (1997, Capítulo 1) e por RAFF (1960, Capítulo 2). Será apresentada uma visão geral do mercado de navegação, cobrindo o sistema de transporte, a frota mercante, como o transporte é fornecido, a função dos portos, a organização das companhias de navegação e as influências políticas sobre o mercado.

### **4.2 O PAPEL ECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE NAVEGAÇÃO**

#### **4.2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA NAVEGAÇÃO**

Ao longo de mais de um século, a história da navegação foi marcada por grandes sucessos e igualmente grandes fracassos, gerando enormes riquezas e destruindo grandes fortunas em pouco tempo. Há duas histórias que são marcantes no meio. A primeira história ocorreu em 1980, quando houve uma grande valorização dos navios; um aumento na demanda por transporte marítimo causou uma supervalorização de navios, que comprados por alguns milhões de dólares passaram a valer de 600 a 800% do seu valor, colocando as pessoas que investiram no momento certo no rol dos maiores milionários do planeta. A outra história é

um exemplo de grande fracasso ocorrido em 1973; o mercado de superpetroleiros recebeu uma encomenda da ordem de 100 milhões de toneladas. Nunca houve demanda para essa encomenda e o resultado foi que muitos desses navios foram desativados ao saírem do estaleiro e poucos deles operaram em sua capacidade máxima.

Segundo STOPFORD (1997), uma análise sóbria desse mercado deve ser feita observando-se as leis da demanda (por transporte marítimo) e da oferta (de navios), pois isto é o que faz a taxa de frete subir ou descer. RAFF (1960, pág. 11), apresenta um gráfico com a evolução da tonelage disponível e da tonelage utilizada e afirma que neste gráfico “nós vemos o que se esconde atrás das taxas de frete<sup>9</sup>.” Um outro aspecto importante é que seus atores – armadores, despachantes de carga, construtores e banqueiros – têm uma visão própria do mercado e cumprem a tarefa importante de transportar anualmente mais de 5 bilhões de toneladas de carga.

Já se discutiu superficialmente, no Capítulo 1, a importância estratégica e econômica da navegação. STOPFORD (1997), afirma que o transporte marítimo é um espelho da atividade econômica global e seu estudo leva a uma análise da economia mundial. Com a evolução da economia global a navegação tem servido como elemento que viabiliza o crescimento do comércio entre os diversos continentes. Por outro lado, a importância econômica desse mercado gera interesses políticos que serão mais bem discutidos posteriormente.

#### **4.2.2 A FUNÇÃO DO COMÉRCIO MARÍTIMO NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

Nos capítulos 1 e 2 de seu livro *A Riqueza das Nações* (SMITH, 2000), Adam Smith argumenta que uma das forças mais importantes da economia é a divisão do trabalho. No capítulo 3 ele afirma que a intensidade com que isso pode ser praticado depende do tamanho

---

<sup>9</sup> Do original em inglês: “*we see what lies behind the freight rates*”.

do mercado. Um negócio regional, sem ligações externas não pode atingir altos níveis de eficiência porque o mercado pequeno vai restringir seu nível de especialização.

Smith (2000, pág. 20) via a navegação como uma fonte de transporte barato que pode abrir maiores mercados, permitindo a especialização, fornecendo transporte para todos os produtos a preços inferiores dos atingidos por outros meios. Apesar da época em que foi publicada (1776), esta análise prova ser correta até os tempos atuais. O desenvolvimento econômico foi de país a país pelas mãos do comércio marítimo.

Smith afirma ainda que o comércio marítimo tem condições de abrir mais mercados que o terrestre, desta forma é ao longo das costas dos países e de seus rios navegáveis que as indústrias se dividem e se desenvolvem. Somente após algum tempo esta especialização atinge o interior dos países. Seu argumento principal é que os navios são capazes de movimentar muito mais cargas do que as carruagens a cavalo e os trens. Tal afirmação ainda é verdadeira.

Algumas conclusões muito importantes podem ser tiradas desses pensamentos de Adam Smith: primeiro a navegação está intimamente relacionada ao crescimento econômico de um país; segundo a navegação é uma indústria intrinsecamente global; e terceiro, não há sentido em se tentar criar uma indústria de construção naval para atender a necessidades regionais, pois ela não seria competitiva, por falta de especialização. Desta forma, parece conveniente que desde o primeiro passo desta nova fase a indústria de construção naval brasileira procure ser competitiva internacionalmente.

#### **4.2.3 DESENVOLVIMENTOS TECNOLÓGICOS NA NAVEGAÇÃO**

O mercado de navegação passou por duas grandes mudanças no século XX, a primeira delas no transporte de carga geral, a outra no transporte de graneis.

Durante os anos 60 o crescente volume de carga inviabilizou o sistema de manipulação de carga geral então empregado. Esse sistema tratava a carga de maneira

individual, embalando uma a uma. As cargas passaram então a ser colocadas em unidades padrão, contêineres ou paletes; o que teve excelentes resultados. O processamento da carga ganhou em economia, segurança, rapidez e facilitou a interface com os outros modais, por facilitar sua retirada de bordo e a colocação imediata em caminhões ou trens. Para se ter um parâmetro de comparação, no início da década de 1960 uma mercadoria transportada da Europa para os Estados Unidos poderia levar alguns meses para chegar; atualmente, o intervalo de tempo é de apenas alguns dias. Em resumo, a nova forma de organizar a carga a bordo dos navios de carga geral resolveu o problema fundamental deste setor da indústria e permitiu o desenvolvimento da economia global (STOPFORD, 1997, pág.4).

A revolução no transporte de granéis ocorreu por uma alteração na forma de se encarar esse transporte. Ele passou a ser visto como um elo na cadeia logística, no qual investimentos poderiam aumentar a produtividade. Foram desenvolvidos sistemas de manobra de carga de grande rapidez, que integravam o sistema de transporte como um todo. O custo de transporte a granel foi tão reduzido que, às vezes, é mais vantajoso importar certas matérias primas de países distantes do que comprá-las de fornecedores a alguns quilômetros, mas que terão que transportar o material por terra. O aumento do deslocamento dos navios teve um papel importante nessa economia; no período de 1945 a 1995 os navios-tanque tiveram seu tamanho multiplicado por 20 vezes, e os graneleiros sólidos por 10 a 15 vezes. (STOPFORD, 1997, pág. 4).

#### **4.2.4 O CUSTO DO TRANSPORTE MARÍTIMO**

Os desenvolvimentos apresentados no item 4.2.3 fizeram que o custo de transporte pouco aumentasse após 1950, não acompanhando os demais aumentos de custos internacionais. STOPFORD (1997, pág. 5) apresenta dados sobre o crescimento do custo de transporte de petróleo e carvão. Tais dados apontam que o custo de transporte de carvão da costa leste dos EUA para o Japão era de aproximadamente 8 dólares por tonelada e subiu para



12,7 dólares por tonelada. Neste período o mercado de construção naval passou por sete ciclos, sendo que a média do custo de transporte foi de 10,9 dólares por tonelada. No caso do preço do petróleo essa variação foi de 0,9 para 1,2 dólares por barril, aproximadamente.

Esse resultado, quando comparado com os de outros setores da economia é excepcional. Os preços médios em dólar em 1990 eram nove vezes mais altos que em 1960. Os preços que menos subiram no período foram: o das tarifas aéreas, seguido pelo frete do petróleo, e, em terceiro lugar pelo frete de granéis sólidos, que praticamente dobraram no período. (STOPFORD, 1997, pág. 4 e 5).

É interessante observar que o baixo crescimento das tarifas aéreas, pode ser indicado como a principal causa do transporte marítimo ter perdido seu mercado de transporte regular de passageiros para o transporte aéreo. Hoje o transporte marítimo de passageiros, sendo relegado a situações muito particulares, como os *ferries* no norte da Europa e os navios de turismo.

Concluindo, o sucesso na manutenção dos custos foi atingido por uma combinação de economia de escala, novas tecnologias, melhores portos e sistemas de manobra de carga mais eficientes. (STOPFORD, 1997, pág. 5)

#### **4.2.5 A COMPOSIÇÃO DO MERCADO DE NAVEGAÇÃO**

O mercado de navegação contém importantes subdivisões. Tais divisões ocorrem pelas diferenças de serviços e clientes, tamanhos dos navios e distâncias percorridas. Tais diferenças fazem com que as condições existentes em um setor possam ser diferentes daquelas existentes em outro. Entretanto, esses setores se relacionam e interferem mutuamente entre si. O relatório Rochdale de 1970, apud STOPFORD (1997, pág 6), afirma que, embora a indústria de navegação possa ser isolada para fins analíticos, há um intercâmbio entre esses fatores que não pode ser ignorado.

Desta forma, para se abordar a economia da indústria de navegação é importante que se considere três fatores: o primeiro é considerar as divisões comerciais; o segundo é lembrar que esse mesmo mercado se comporta como se fosse um só; e o terceiro é que, sendo a navegação um negócio internacional, ela está sujeita a influências de intervenções políticas nacionais e internacionais. Na realidade, desde meados da década de 1960 tem havido uma escalada do envolvimento político onde se destacam esforços de certos países para entrar no mercado, através da UNCTAD<sup>10</sup>, subsídios governamentais a estaleiros, regulamentações da navegação, questões ambientais, regulamentações das tripulações, segurança no mar, entre outras. (STOPFORD, 1997, pág. 7) e (VIDIGAL, 2006)

### **4.3 O SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNACIONAL**

#### **4.3.1 OS MODOS DE TRANSPORTE E OS INTERMODAIS**

Um despachante de carga tem o objetivo de entregar sua carga no local certo, na quantidade certa, no prazo certo e ao menor custo possível. Para tanto ele utiliza os sistemas de transporte dos diversos países, compostos por: estradas, ferrovias, hidrovias e navegação, marítima e aérea. A navegação é apenas um item da cadeia de transporte, e, normalmente, opera em conjunto com outros sistemas. Na prática pode-se resumir o sistema de transporte em três zonas: intercontinental, costeiro e terrestre. Tal divisão é apresentada na Tabela 1, adaptada de STOPFORD (1997).

---

<sup>10</sup> Criada em 1964, a *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)* promove a integração dos países em desenvolvimento na economia mundial. A UNCTAD tornou-se uma instituição cujo trabalho visa a auxiliar a transformar as idéias e os pensamentos em desenvolvimento, com o foco particular em garantir que as políticas domésticas e as ações internacionais auxiliem-se mutuamente na busca pelo desenvolvimento sustentável. Maiores informações sobre esta instituição podem ser encontradas em: <http://www.unctad.org/> (acesso em 15/06/2006).

Tabela 1 - Zonas de transporte internacional e modos de transporte disponíveis

<b>Zona</b>	<b>Área</b>	<b>Setor de transporte</b>	<b>Veículos</b>
1	Intercontinental	Navegação de longo-curso	Navios
		Aéreo	Aviões
2	Costeira	Cabotagem	Navios / <i>Ferries</i>
3	Terrestre	Rios e Canais	Barcaças
		Estradas	Caminhões
		Ferrovias	Trens

STOPFORD (1997, pág. 8) afirma que, apesar da imprecisão das estatísticas, o volume do transporte marítimo é de quatro vezes o transporte por ferrovia e quatrocentas vezes o transporte aéreo.

#### **4.3.2 O TRANSPORTE INTERCONTINENTAL**

Em termos de transporte intercontinental há duas opções, o transporte aéreo e o transporte marítimo de longo-curso. O primeiro se tornou viável economicamente a partir da década de 1960, tem seu nicho nas mercadorias de alto valor agregado, e tem pequena participação no mercado em termos de volume. O segundo se apresenta como único meio de transporte economicamente viável para a maioria das cargas intercontinentais, com tráfego particularmente intenso entre as regiões industrializadas (Ásia, Europa e América do Norte). (STOPFORD, 1997, pág. 8).

#### **4.3.3 A NAVEGAÇÃO COSTEIRA**

A navegação costeira provê o transporte regional de cargas. Distribui a carga entregue em um centro regional por navios de longo-curso. Frequentemente, esse transporte enfrenta a competição de outros meios de transporte. Os navios utilizados nesse tipo de transporte deslocam entre 400 e 6.000 toneladas e seu projeto deve enfatizar a flexibilidade de carga; as viagens são relativamente curtas e, ao contrário dos navios de longo-curso, vários portos são

visitados por ano. As cargas mais comuns são grãos, fertilizantes, carvão, aço, contêineres, veículos e passageiros.

A navegação de cabotagem<sup>11</sup> é sujeita a muitas restrições de ordem política. A mais importante delas são restrições legais que os países impõem reservando o comércio costeiro em águas territoriais como exclusivo de navios com bandeira do próprio país. O caso mais importante é o dos Estados Unidos.

#### **4.3.4 O TRANSPORTE TERRESTRE**

O sistema de transporte terrestre consiste das redes de estradas, ferrovias e hidrovias. Ele se conecta a navegação por meio de portos e terminais especialistas. Um exemplo de hidrovia no Brasil é a das bacias do Tietê-Paraná.

#### **4.3.5 COMPETIÇÃO E COOPERAÇÃO NA INDÚSTRIA DE TRANSPORTE**

Os meios de transporte convivem em um mercado governado pela concorrência e pela cooperação. Em algumas situações a competição é óbvia: a ferrovia compete com caminhões; a navegação de cabotagem compete com a ferrovia; e a navegação de longo-curso compete com o transporte aéreo. Há outras situações em que esta competição não é tão clara, como por exemplo, o caso do comércio de grãos onde tem se verificado uma competição entre os trens e os navios de longo-curso. Tal competição ocorre porque os usuários podem escolher entre importar um bem de um país distante no terceiro mundo ou comprá-lo no mercado doméstico. Em bens onde o custo de transporte é relevante, como por exemplo, o minério de ferro, isto leva a uma competição intensa. Na realidade, apesar dos diferentes setores do mercado de transportes competirem entre si, o desenvolvimento tecnológico depende da cooperação e da integração entre eles.

---

<sup>11</sup> Navegação de cabotagem – a que se realiza, com propósitos comerciais, entre portos de um mesmo país. (VIDIGAL, 2006, pág. 107)

O melhor exemplo de cooperação pode ser identificado nos sistemas de integrados de transporte, também chamados de intermodais. Tais sistemas procuram que uma mesma carga seja movimentada, sucessivamente, por diferentes meios: ferrovia, aquavia, rodovia, marítimo e/ou aerovia. Cada modo de transporte é projetado e utilizado para a situação em que é a melhor opção, cooperando com outros de forma integrada, fornecendo a melhor relação de custo/benefício.

#### **4.4 A DEMANDA POR TRANSPORTE MARÍTIMO**

##### **4.4.1 A NATUREZA DA DEMANDA POR TRANSPORTE**

O transporte marítimo pode ser visto como um serviço, que atende a demandas específicas de seus clientes. Segundo SLACK (2002), em nível operacional os serviços podem ser avaliados segundo um conjunto de indicadores de desempenho; tais indicadores são: qualidade – oferecer serviços isentos de erros e adequados a seus propósitos; rapidez (ou velocidade) – minimizar o tempo entre a solicitação do consumidor e seu atendimento; confiabilidade – manter os compromissos de entrega assumidos; flexibilidade – estar pronto para mudar ou adaptar seus serviços para enfrentar circunstâncias inesperadas ou para dar aos consumidores tratamento individual; e custo – prestar os serviços a custos que permitam fixar preços adequados e ainda permitir retorno. (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002, pág. 69 – 70). Esta classificação é endossada por CORREA e CORREA (2006, Cap, 5) que apresenta uma interessante discussão sobre o assunto.

STOPFORD (1997, pág. 10) apresenta o que considera os fatores mais importantes para os serviços prestados pela indústria de navegação, citando somente três dos indicadores de desempenho citados por Slack e acrescentando mais um, a segurança. Tais indicadores são apresentados a seguir:

1. Custo – é um elemento de vital importância; tal importância aumenta quando o custo do transporte representa parcela relevante no custo total da mercadoria. O

custo de transporte de um barril de petróleo caiu de 49% do custo CIF<sup>12</sup>, nos anos 50, para 2,5% do custo CIF nos anos 90. Na década de 1950 as companhias de petróleo dedicaram grande esforço para reduzir seus custos de transporte, já na década de 1990 isto se tornou um fator menos importante. Quando for discutido o trabalho de RAFF (1960), isto ficará muito claro, uma vez que esse autor teve o cuidado de separar as operações de transporte entre as companhias de navegação das companhias de petróleo e os armadores independentes, o que levou a um aumento considerável na complexidade de seu modelo.

2. Velocidade – uma mercadoria em trânsito incorre em custos de estoque, que crescem com o tempo que esta mercadoria leva para chegar ao destino. Com mercadorias de alto valor agregado esses custos são elevados e pode ser vantajoso despachar pequenas quantidades com maior frequência, mesmo se os custos de frete forem mais altos. Outra situação típica em que a velocidade é importante são questões de manutenção. Um navio de guerra parado em um porto estrangeiro, necessitando de uma peça de reposição para um equipamento a ser reparado, demanda urgência no recebimento dessa peça, logo o cliente priorizará a velocidade, mesmo que para receber a peça rapidamente ele tenha que pagar muito mais caro.

---

12 CIF sigla inglesa que significa Custo, Seguro e Frete (Cost, Insurance & Freight). O vendedor (exportador) é responsável pela entrega dos bens na embarcação e pela tramitação do despacho de exportação. É também responsável pela compra do seguro, com o comprador (importador) nomeado como beneficiário. A transferência de risco de perda ocorre quando os bens cruzam o trilho da embarcação. Se os bens forem danificados ou roubados durante o transporte internacional, o comprador assume posse, e deve fazer uma reivindicação baseada no seguro obtido pelo exportador. O importador deve tramitar o despacho de importação e é responsável pelo transporte e seguro do porto até o destino final. Estas e outras definições estão disponíveis no site: <http://www.nextlinx.net/incoterms/incotermsPrt.html>

3. Confiabilidade – os métodos contemporâneos de administração industrial, principalmente o *just in time*, reduzem drasticamente os níveis de estoque, fazendo com que a confiabilidade assuma um papel importante. Alguns despachantes estão dispostos a pagar mais por um serviço que garante sua pontualidade e provê os serviços que foram acordados nos prazos estabelecidos.
4. Segurança – A perda ou a danificação da carga em trânsito é um risco da seguradora, mas pode impor sérios problemas para o despachante, que pode preferir pagar mais por um transporte seguro do seu produto, sem o risco de perdê-la ou danificá-la.

Resumindo, cada parte do negócio oferece uma combinação adequada de serviços para diferentes necessidades dos clientes. Ao se estudar como o negócio é conduzido, deve-se estar atento às diferentes demandas de cada mercadoria, e para se compreender como a navegação evoluiu para atender a essas necessidades.

#### **4.4.2 AS MERCADORIAS QUE SÃO TRANSPORTADAS PELO MAR**

Por ano são transportadas bilhões de toneladas de carga pelo mar. Uma análise do comércio marítimo passa pela análise das mercadorias transportadas, que para efeitos de análise podem ser grupadas dentro de seis grandes grupos: energia, agricultura, indústria de metais, produtos florestais, outros materiais industriais e outros materiais. STOPFORD (1997, pág. 11)

O grupo ligado à energia é composto pelo petróleo e derivados, gás liquefeito e carvão. Corresponde a um percentual de 45% do volume do comércio marítimo. Uma análise do comércio deste grupo deve levar em consideração a economia energética global.

O grupo ligado à agricultura é composto por cereais, ração animal, açúcar, comida refrigerada, fertilizantes, etc. Corresponde a 13% do volume do comércio marítimo. A análise

deste mercado leva em consideração a demanda por alimentos, que está intimamente relacionada com o uso da terra e produtividade agrícola.

O grupo ligado á indústria de metais é composto pelo minério de ferro, aço, carvão para uso metalúrgico, metais não ferrosos, sucatas (que inclui navios velhos), etc. Corresponde a cerca de 25% do volume do comércio marítimo.

O grupo ligado aos produtos florestais é composto principalmente por produtos semi-industrializados usados na manufatura de papel, celulose e na indústria de construção, como madeira. Corresponde a cerca de 5% do volume do comércio marítimo e seu comportamento é fortemente influenciado pela disponibilidade de recursos florestais.

O grupo ligado a outros materiais industriais é composto por uma grande variedade de materiais, tais como cimento, sal, minerais, produtos químicos e outros. Corresponde a cerca de 9% do volume do comércio marítimo e cobre várias indústrias.

Finalmente, o grupo ligado aos demais materiais é composto pelos bens de capital, máquinas e equipamentos, veículos, etc. É responsável por 3% do volume do comércio marítimo, mas por 50% do valor total transportado pelo mar, uma vez que é um tipo de carga de elevado valor agregado. Seu impacto na indústria de navegação é maior do que se poderia pensar.

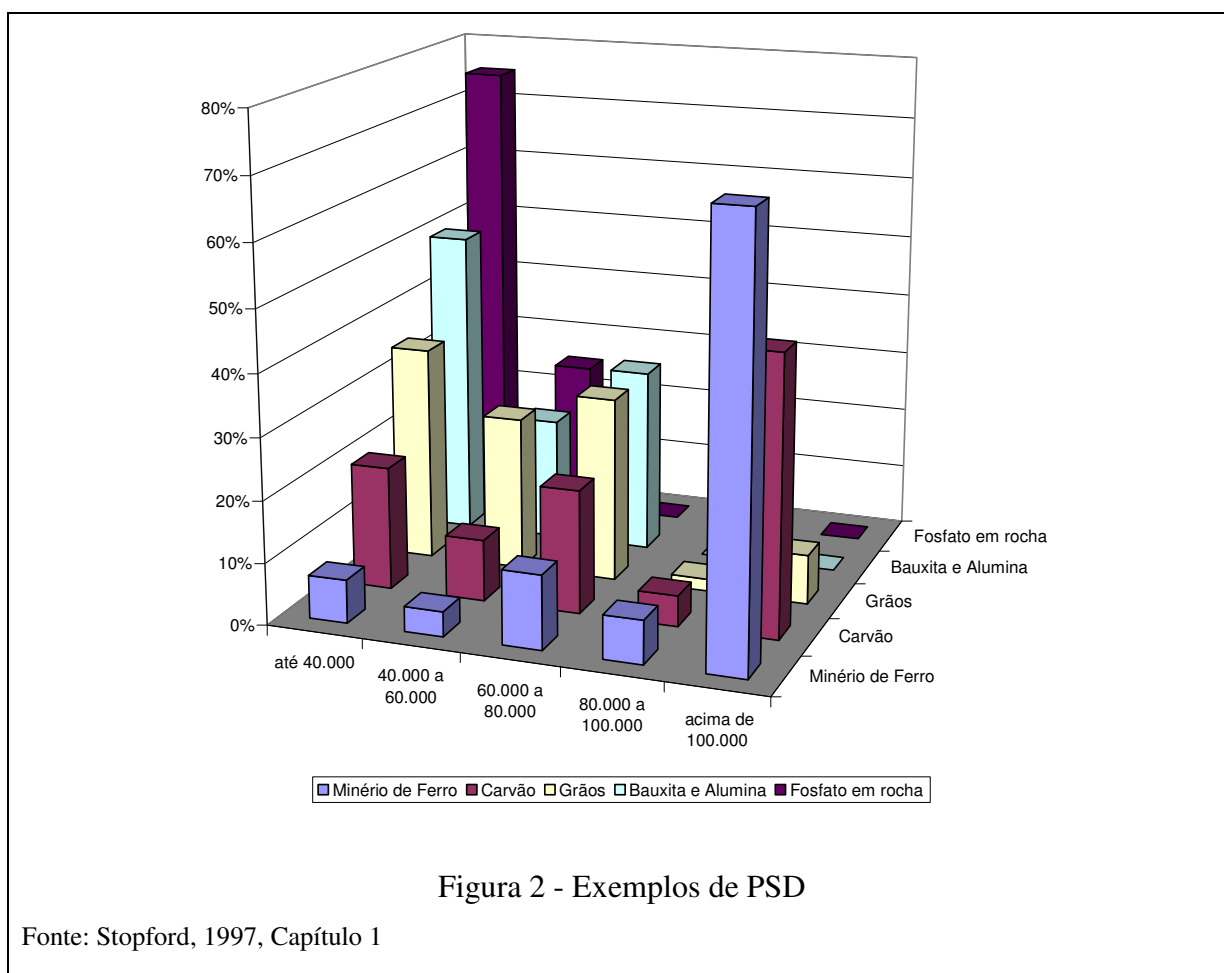
Pelos dados anteriores pode-se concluir que 70% do volume de transporte marítimo está associado com os setores de energia e as indústrias metalúrgicas e é fortemente dependente dos investimentos nesses setores.

Um aspecto importante que deve ser apontado é que a forma como essas mercadorias são transportadas é complexa. As mercadorias aparecem em qualquer lugar do mundo, variando quanto à regularidade, a quantidade, a fragilidade da carga e a urgência. Por outro lado, os armadores querem manter seus navios operando e maximizar seu lucro. A compatibilização desses interesses é uma das grandes questões da indústria de navegação.



#### 4.4.3 A FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO POR VOLUME DE ENCOMENDA

Analisando-se os dados do mercado de navegação, observa-se que para um determinado tipo de carga há uma tendência de que ela seja transportada em navios com faixas de deslocamentos diferentes, por exemplo: o minério de ferro e o petróleo cru apresentam a tendência de serem transportados em navios maiores; já o fostato em rocha apresenta a tendência de ser transportado em navios menores. O parâmetro que mede essa tendência é a função de distribuição por pacotes de mercadoria (PSD)<sup>13</sup>. Um pacote é o volume unitário para uma mercadoria que será despachada. Desta forma, a função PSD descreve o volume unitário de mercadoria que é transportado.



<sup>13</sup> O nome em inglês é *Parcel Size Distribution (PSD)*. Em inglês a palavra *parcel* pode significar pacote; foi mantida a palavra, apesar do sentido figurado.

A Figura 2 - Exemplos de PSD, adaptada de STOPFORD (1997, pág. 14), mostra alguns exemplos da função PSD. Tomando-se o minério de ferro, verifica-se que seu volume típico de transporte (em torno de 75%) é da ordem de mais de 100.000 toneladas. Já para o fosfato o volume típico de transporte (em torno de 75%) fica na faixa abaixo de 40.000 toneladas. O comportamento do PSD para cada mercadoria é determinado por suas características de demanda. Os mecanismos de mercado definem qual é o volume de transporte mais adequado para cada mercadoria. (STOPFORD, 1997, Capítulo 7)

Diferentes volumes unitários necessitam de diferentes tipos de navios e serviços. Quando uma mercadoria tem um volume unitário suficiente para encher um navio, é transportada a granel. Quando o volume unitário é pequeno, surge a necessidade de se embalar e reunir as diferentes cargas para se encher um navio, esta é a característica do transporte de carga geral. Esses mercados representam os dois maiores segmentos do transporte marítimo. A função PSD auxilia na análise de identificar qual o tipo de navio que transporta uma determinada carga.

#### **4.4.4 DEFINIÇÃO DE GRANEL**

O setor de granéis se tornou importante após a Segunda Guerra Mundial, quando uma frota de navios-tanque foi construída para atender as economias em desenvolvimento na Europa e no Japão, com navios menores para transportar produtos químicos e outros. Essa expansão também ocorreu em outros setores, como, por exemplo, granéis secos e as indústrias de aço, alumínio e fertilizantes. Grandes navios graneleiros foram construídos para atender a essa demanda, e, como resultado, o transporte a granel tornou-se um setor em rápida expansão na indústria de navegação e é responsável por aproximadamente 75% da frota mercante mundial. As cargas a granel podem ser divididas em quatro categorias principais (STOPFORD, 1997, pág. 15)

1. Os granéis líquidos – aqueles que necessitam de tanques para seu transporte. Os principais são o petróleo e seus derivados, produtos químicos, óleos vegetais e vinho. O volume dos embarques varia de algumas toneladas a meio milhão de toneladas, no caso do petróleo cru.
2. Os cinco maiores granéis (*five major bulks*) – cobrem as cinco principais cargas homogêneas – minério de ferro, grãos, carvão, fosfato e bauxita – que podem ser transportas de forma satisfatória em navios graneleiros tradicionais com fator de estivagem de 1,3 a 1,6 m<sup>3</sup> por tonelada.
3. Granéis menores (*minor bulks*) – cobrem muitas outras mercadorias. A mais importante são os produtos de aço, cimento, materiais não ferrosos *in natura*, açúcar, sal, e outros.
4. Granéis especiais – incluem as cargas que tem necessidades especiais, seja de armazenagem, seja de manobra. São incluídos nesse grupo os veículos automotores, carga refrigerada, e prédios pré-fabricados.

#### **4.4.5 DEFINIÇÃO DE CARGA GERAL**

Como já foi dito, a carga geral consiste de volumes pequenos, que, desta forma, não justificam o afretamento de um navio para levá-la. Frequentemente, essas mercadorias têm elevado valor agregado ou consistem de cargas delicadas, que necessitam de cuidados especiais. A carga geral pode ser dividida em sete principais tipos, descritos a seguir:

1. A carga solta (ou *loose cargo*) são itens individuais, tais como caixas, pedaços de máquinas, e outros, que devem ser manipuladas e estivadas separadamente.
2. A carga em contêineres usa “caixas” de tamanho padrão, usualmente com 2,44 m de largura (8 pés), 2,59 m de altura (8,5 pés) e 6,10 (20), 9,15 (30) ou 12,20 (40) metros (pés) de comprimento. É a principal forma de acondicionamento da carga geral nos dias atuais.

3. A carga em paletes<sup>14</sup> é acondicionada sobre plataformas de madeira projetadas para facilitar a fácil manobra por meio de empilhadeiras, o que facilita seu empilhamento e movimentação.
4. A carga pré-acondicionada são itens tais como madeira que é cortada e amarrada em tamanhos iguais e padrão.
5. A carga líquida é aquela que é transporta em tanques, contêineres líquidos ou cilindros.
6. A carga refrigerada é aquela carga perecível que necessita ser acondicionada em locais refrigerados, tais como contêineres refrigerados.

Até meados da década de 1960 a maior parte da carga geral era solta e cada item tinha que ser preparado<sup>15</sup> para a viagem. Esta operação era lenta, cara, difícil de planejar e expunha a carga a riscos de danos e pilhagem. Como resultado desse processo, os navios de carga geral levavam dois terços do seu tempo nos portos e os custos de manobra de carga chegaram a ser um quarto do custo total. Com o aumento do volume de carga, este tipo de operação se tornou inviável operacional e economicamente.

A resposta da indústria de navegação foi pré-acondicionar a carga e usar as mesmas técnicas usadas com sucesso nas linhas de produção das indústrias de manufatura. Desta forma, o trabalho foi padronizado, o que permitiu o crescimento da produtividade. Uma vez que a manobra de carga era o principal gargalo, a solução foi acondicioná-la em volumes padronizados, aceitos internacionalmente. Isto permitiu o uso de equipamentos especialmente projetados para executar a manobra de carga desses volumes de maneira rápida e barata. Vários sistemas foram estudados, mas os que tiveram mais sucesso foram os contêineres e as

---

<sup>14</sup> Paleta – Plataforma de madeira sobre a qual se empilha carga a fim de transportar em bloco grande quantidade de material.

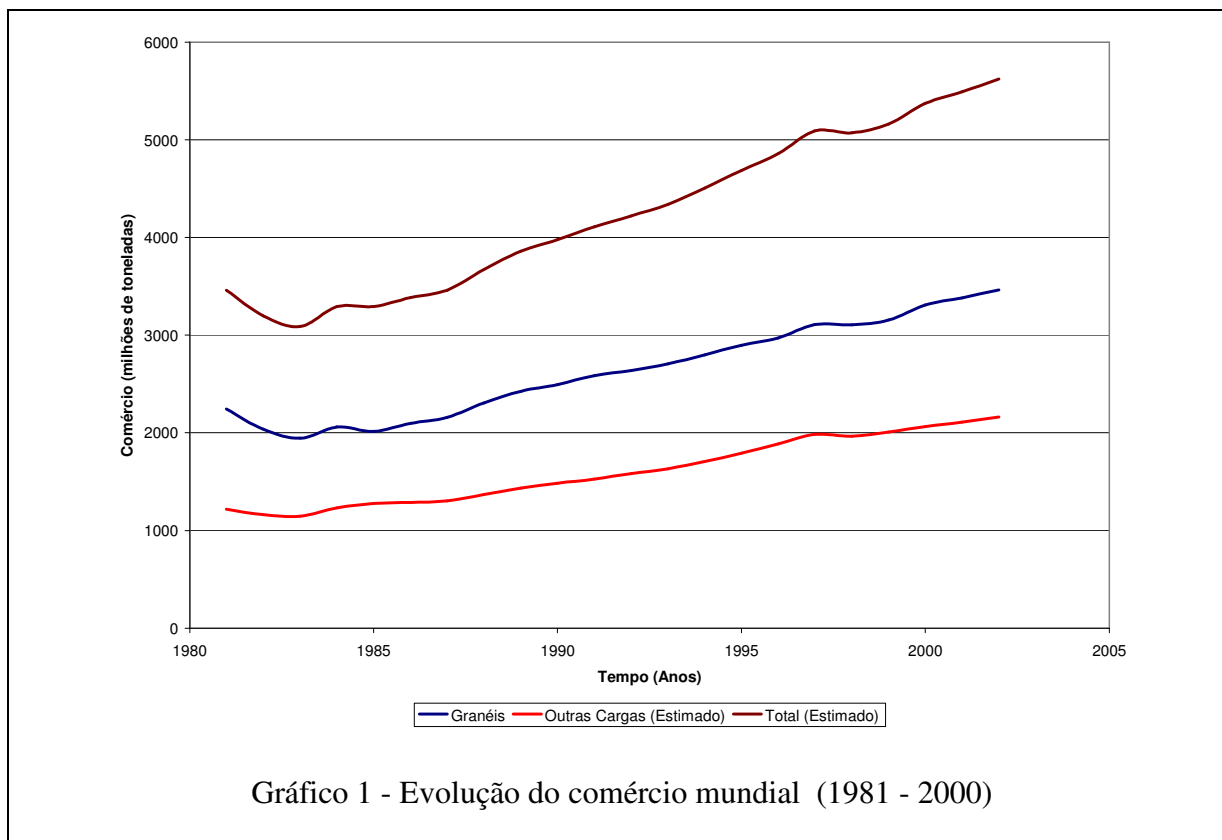
<sup>15</sup> Normalmente era colocada uma estrutura de madeira em torno da carga unitária, para que ela pudesse ser suspensa e colocada no seu lugar a bordo pelos guindastes, existentes nos portos e nos próprios navios.

paletes. O primeiro navio porta-contêiner é de 1966 e nos vinte anos que se seguiram esta modalidade dominou o transporte de carga geral com carregamentos da ordem de mais de 50 milhões de toneladas por ano (em 1995). (STOPFORD, 1997, pág. 24)

#### **4.4.6 LIMITAÇÕES DAS ESTATÍSTICAS NO COMÉRCIO MARÍTIMO**

Uma informação importante para o setor de navegação é saber qual o percentual da carga que é transportada a granel e qual o percentual que é transportada como carga geral. As estatísticas relativas ao assunto não são confiáveis, por duas razões: primeiro, há a dificuldade de obtenção dos dados; e segundo, muitas mercadorias podem ser transportadas tanto a granel quanto como carga geral, e as estatísticas não identificam esta distinção. A única fonte regular de informações sobre os carregamentos a granel é publicada anualmente pela Fearnley's, uma empresa norueguesa. (STOPFORD, 1997, pág. 18)

O Gráfico 1 apresenta uma compilação de dados extraídos do *Fearnley's Annual Review*, edição de 2000, que foram colocados . Os valores são apresentados em milhões de toneladas. Deve ser observado que os dados relativos a 2001 e 2002 são estimados. Pode-se verificar que o comércio de granéis representa, aproximadamente, 62% do total no período entre 1981 e 2000.



#### 4.5 A FROTA MERCANTE MUNDIAL

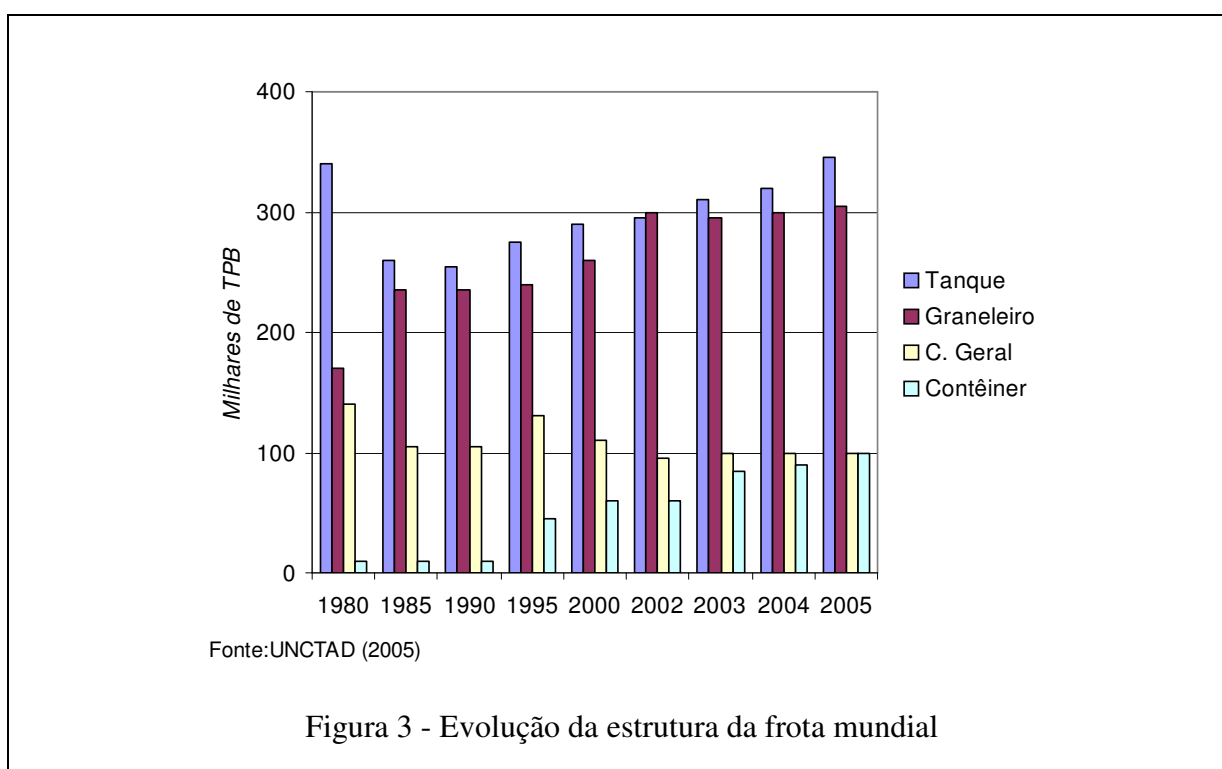
Houve um importante aumento na frota mercante mundial no último século. Em 1900 a capacidade da frota mercante mundial era de aproximadamente 32 milhões de TPB, no ano 2000 essa capacidade subiu para aproximadamente 900 milhões de TPB<sup>16</sup>. O que representa um crescimento em torno de 30 vezes. Em 1995, os navios de carga representavam aproximadamente 95% da capacidade e 53% do número de navios. O restante da frota incluía os pesqueiros, navios de apoio a plataformas de petróleo<sup>17</sup>, rebocadores, navios de pesquisa e outros. (STOPFORD, 1997, pág. 19)

<sup>16</sup> Foi feita uma conversão de unidades entre os valores apresentados por STOPFORD, 1997, Figura 1.5, que fornece o valor referente ao ano de 1900 e a *Chart 2* de IFS (2005), que fornece o valor referente ao ano 2.000.

<sup>17</sup> Comumente chamados de navios *offshore*.

#### 4.5.1 TIPOS DE NAVIOS NA FROTA DE CARGA

Com a especialização do transporte de cargas tornou-se uma tarefa difícil a definição dos tipos de navios; entretanto, pode-se dizer que há quatro tipos principais de navios: os navios-tanque, os graneleiros, os navios de carga geral e os porta-contêineres. A Figura 3, retirada de CUNHA (2006, pág. 151), apresenta a evolução da composição da frota mundial no período de 1980 a 2005.



Além do tipo de navio há outros aspectos a serem analisados. Considerando que um navio mercante tem uma vida útil que varia de 20 a 30 anos, a frota mercante é um conjunto heterogêneo, congregando vários tipos de tecnologias simultaneamente. Recentemente, o projeto de navios está se desenvolvendo de maneira acentuada, o que está aumentando a eficiência dos novos navios. Quatro aspectos desta evolução merecem especial atenção: a evolução da tecnologia de construção naval; a economia de escala, a especialização da carga; e a manobra de carga. Cada um desses aspectos tem um papel importante na redução de custos e na melhoria do transporte.

#### 4.5.2 DESENVOLVIMENTOS NOS PROJETOS DE NAVIOS

RAFF (1960) optou por não incluir os avanços tecnológicos no modelo a ser desenvolvido, considerando que a tecnologia afetava de maneira relevante os navios militares mas não os navios mercantes. STOPFORD (1997, pág. 21) apresenta uma série de avanços tecnológicos que permitiram melhorar a eficiência dos navios e contribuíram para a redução dos custos operacionais com conseqüências importantes para a indústria de navegação. Pode-se dizer que a eficiência dos navios mercantes cresce com os avanços tecnológicos, tanto dos estaleiros que constroem os cascos, como com a indústria que fornece as máquinas e os equipamentos para esses navios.

A navegação moderna teve seu início em 1860, quando pela primeira vez conseguiu-se construir um navio economicamente viável com casco de aço e máquina a vapor. Com isto passou a ser possível planejar e executar a navegação. Mesmo assim a substituição dos navios à vela pelos a vapor durou 30 anos, de 1880 a 1914. (STOPFORD, 1997, pág 21)

Outras evoluções importantes foram: a inserção do motor diesel, com início em 1912 e que durou 50 anos; a substituição do rebite pela solda; e a automatização dos navios, que reduziu pela metade o número de tripulantes para manobrar um navio de longo curso. Outras inovações de menor importância foram: alterações nos projetos dos escotilhões, facilitando as manobras de carga e descarga; sofisticados sistemas de navegação; e sistemas de manobra de carga mais eficientes.

Os projetos de casco foram otimizados e durante os anos 80 melhorias nos projetos dos motores e dos combustíveis levaram a economias da ordem de 25%. Por outro lado o desenvolvimento da indústria de aço permitiu uma redução no peso do aço em torno de 30%, reduzindo sensivelmente o custo de construção. Seguiram-se as evoluções nas tintas, que permitiram reduzir a incrustação, e aumentar a longevidade dos tanques dos navios.



### 4.5.3 O AUMENTO DE TAMANHO DOS NAVIOS

Em 1776 Adam Smith exemplificou que um navio conduzido por 8 homens, no período de 6 a 8 semanas, poderia levar e trazer 200 toneladas de carga no trajeto entre Londres e Leith. (SMITH, 2000, pág. 20). Nos tempos atuais, é normal a operação de navios com capacidade superior a 100.000 toneladas. Vários fatores são responsáveis por essa mudança: integração com outros meios de transporte; investimentos em sistemas de manipulação de carga; e o crescimento do comércio com a Ásia. O Canal de Suez também atuava como fator limitante para o tamanho dos navios que faziam o transporte entre a Europa Oriente-Médio e Ásia; seu fechamento em 1956 derrubou essa limitação.

A indústria petrolífera tem o exemplo mais contundente. No século XX o tamanho médio dos navios cresceu de 4.000 para 95.000 toneladas. Com propósito apenas ilustrativo, a Tabela 2, e o Gráfico 2 apresentam alguns valores de capacidade para os maiores petroleiros de cada época. É importante observar que o efeito do crescimento dos navios foi uma redução de custos de, no mínimo, 75%. (STOPFORD, 1997, pág. 23).

Tabela 2 - Crescimento dos navios-petroleiros no período (1900 - 1980)

Ano	Navio	Capacidade (t)
1903	<i>Narraganseti</i>	12.500
1945	<i>Nash Bulk</i>	23.814
1959	<i>Universe Apollo</i>	122.867
1980	<i>Seawise Giant</i>	555.843

A tendência de crescimento dos navios também ocorreu na área de graneis sólidos. No transporte de minério de ferro os graneleiros cresceram de 24.000 toneladas em 1920 para 200.000 toneladas ao final da década 1970, evoluindo para navios com 300.000 toneladas em

meados da década de 1980. A tendência de crescimento também foi observada para navios que transportavam outros granéis, tais como grãos, açúcar, outros metais, etc.

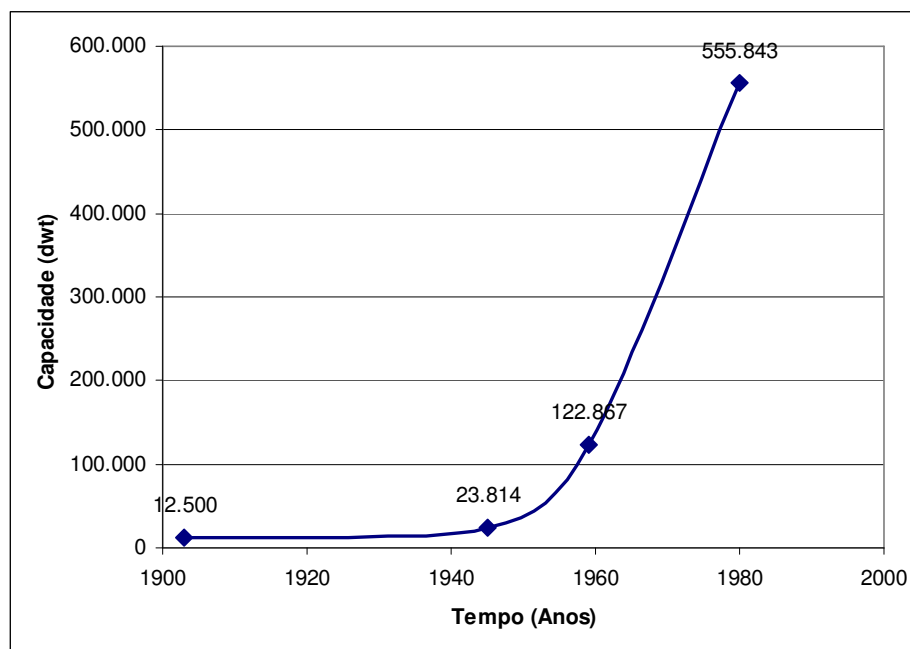


Gráfico 2- Crescimento dos navios-petroleiros no período (1900 - 1980)

Pela capitalização da economia de escala e desenvolvendo a integração dos sistemas de transporte, o transporte de granéis reduziu os custos de transporte de tal forma que freqüentemente é mais barato para as indústrias importarem matérias primas em estado natural pelo mar, com fornecedores distantes vários milhares de milhas, do que comprar por terra de fornecedores distantes centenas de quilômetros. (STOPFORD, 1997, pág. 23)

#### 4.5.4 ESPECIALIZAÇÃO DA CARGA

A navegação seguiu a tendência de toda a indústria e caminhou para a especialização. Ao longo dos anos novos tipos de navios foram desenvolvidos para melhorar o transporte de cargas específicas. A Tabela 3 apresenta uma compilação de dados retirados de STOPFORD (1997, pág. 20). Além do interesse histórico, tais informações dão uma idéia de como cada vez mais a frota mundial está se especializando, fazendo-se a correlação entre os anos e os

novos tipos de navios que surgem. Pode ser observado que o intervalo de tempo decorrido entre o primeiro navio-tanque (1886) e o primeiro navio químico (1954) foi de aproximadamente 70 anos. Depois disso as inovações se tornam mais frequentes.

Tabela 3 - Inovação na frota mercante mundial

<b>Ano</b>	<b>Nome do navio</b>	<b>Deslocamento (dwt)</b>	<b>Observação</b>
1852	<i>John Bowes</i>	500	Primeiro navio graneleiro
1866	<i>Agammenon</i>	-	Primeiro <i>cargo liner</i> moderno
1886	<i>SS Gluchauf</i>	3030	Primeiro navio-tanque
1912	<i>Selandia</i>	7.400	Primeiro navio a motor
1921	<i>G. Harrison Smith</i>	14.305	Primeiro navio dual óleo-minério
1945	<i>Elakoon</i>	-	Último navio a vela convertido para motor
1954	<i>Marine Dow-Chem</i>	-	Primeiro navio químico
1956	<i>Rigoletto</i>	260 carros	Primeiro navios para transporte de carros
1956	<i>Almenia</i>	60 TEU	Primeiro navio porta-contêiner (convertido)
1962	<i>M. V. Bessengen</i>	-	Primeiro graneleiro com escotilhão aberto
1964	<i>Methane Princess</i>	27.400 m <sup>3</sup>	Primeiro navio gaseiro
1966	<i>Idemitsu Maru</i>	206.000 dwt	Primeiro VLCC
1980	<i>Seawise Giant</i>	550.000 dwt	Maior navio mercante do mundo.
1986	<i>Berge Stahl</i>	364.768 dwt	Maior navio de granéis sólidos

A especialização também teve seus insucessos; talvez o caso mais marcante seja o dos navios de passageiros. Projetados para conduzir pessoas e o correio a grande velocidade, esses navios começaram a ser construídos na segunda metade do século XIX e atingiram seu pico antes da Primeira Guerra Mundial quando navios de 240 metros de comprimento e com

capacidade de cruzar o Oceano Atlântico em quatro dias foram construídos. Depois da Segunda Guerra Mundial esse mercado foi perdido para o transporte aéreo e as linhas regulares de transporte marítimo de passageiros sumiram dos mares. Hoje, luxuosos navios de passageiros atendem a um novo e emergente mercado, o de turismo.

#### **4.5.5 A REVOLUÇÃO NA MANOBRA DE CARGA**

Colocar e retirar a carga de bordo sempre foi um ponto nevrálgico para a indústria de navegação, e nessa área foram conseguidas grandes melhorias. A partir da década de 1960, novas técnicas de manobra de carga revolucionaram o comércio marítimo, tanto no mercado de transporte de granéis quanto no de carga geral. A tecnologia de manobra de carga é mais evidente nos terminais especialistas dos portos; nestes locais, onde foram feitos grandes investimentos em sistemas automatizados, fica evidente seu avanço.

Em algumas áreas o desenvolvimento da tecnologia de manobra de carga resultou em um maior desafio para os projetistas de navios. A maior mudança foi na área de carga geral onde navios porta-contêineres e, em escala menor, os *Roll-on Roll-off*, conhecidos no *metier* como Ro-Ro, substituíram os navios de carga geral convencionais. Os porta-contêineres são projetados de forma a que a carga possa ser colocada de maneira muito rápida a bordo, uma questão de minutos para cada contêiner. Os Ro-Ro tem acesso, por meio de rampas, para que empilhadeiras possam manobrar a carga rapidamente. STOPFORD (1997, pág. 23).

As alterações nos projetos dos navios-tanque, embora menos visíveis, foram igualmente importantes. Novos sistemas de abertura das portas dos porões, aumento da boca para melhor aproveitamento dos porões e o uso de guindastes de maior capacidade.

#### **4.5.6 O ENVELHECIMENTO, A OBSOLESCÊNCIA E A REPOSIÇÃO DA FROTA**

O desenvolvimento contínuo dos navios, tanto em seu projeto quanto em sua tecnologia, aliados aos custos de obsolescência, que se tornam mais evidentes no período entre 20 e 30 anos de vida, apresenta à indústria de navegação um problema econômico

interessante. Como decidir a renovação da frota, ou seja, quando se deve comprar navios e quando um navio deve ser sucateado.

O envelhecimento de um navio e sua obsolescência não são condições claramente definidas. Muitos navios obsoletos, sob algum aspecto, ainda transportam grandes quantidades de carga. Foi necessário um período de 50 anos, após o surgimento dos navios a vapor, para que os navios à vela deixassem de transportar carga<sup>18</sup>. (STOPFORD, 1997, pág. 24)

Quando um armador não quer mais um navio ele o vende. Alguém o compra por um preço que julga adequado e acreditando ser capaz de poder obter lucros desse navio. Se nenhum armador quiser o navio, somente o mercado de demolição vai pagar por ele. Geralmente, quando um navio envelhece ou fica obsoleto, o que ocorre usualmente entre 20 e 30 anos, seu valor de mercado diminui até um estágio em que atinge o valor do mercado de demolição.

Os ciclos do mercado têm influência importante nesse processo. Quando as taxas de frete estão altas e há um sentimento otimista no mercado, há uma tendência a aumentar o número de encomendas; por outro lado, quando as taxas de frete estão baixas e há um sentimento pessimista no mercado, os navios mais velhos são sucateados. Há porém um fator de “sentimento” do empresário, fazendo com que as decisões econômicas sejam reforçadas com sentimentos, tornando os parâmetros de decisão não muito claros.

#### **4.6 A OFERTA DE TRANSPORTE MARÍTIMO**

Um dos principais mecanismos do mercado de navegação é adequar a frota existente à carga que deve ser transportada. Tal adequação deve ser feita visando a maximização do lucro dos armadores. O item 4.4 apresentou aspectos relativos à carga; o item 4.5 apresentou os

---

<sup>18</sup> Até os dias de hoje, a frota de navios a vela é apreciável, embora para seu uso tenha sido restringido principalmente a atividades de recreio e competições.

aspectos ligados à frota mercante. O propósito deste item é apresentar como é feita a adequação entre a frota e a carga.

#### 4.6.1 A FUNÇÃO UNITÁRIA DE CUSTO DA INDÚSTRIA DE NAVEGAÇÃO

No âmbito do mercado de navegação, o fator que domina o lado da oferta é o custo, altamente influenciado pela economia de escala. A equação 4-1, que representa a *função unitária de custo*, engloba os fatores mais relevantes desse setor do mercado.

$$\text{Custo Unitário} = \frac{\text{LC} + \text{OPEX} + \text{CH}}{\text{PS}} \quad 4-1$$

Donde:       Custo Unitário – custo de transporte de uma tonelada de carga;

LC – custo do capital investido no navio;

OPEX – custo de operação do navio;

CH – custo de manobra da carga; e

PS – quantidade de carga que o navio pode transportar.

Pela análise da equação, observa-se que os custos unitários aumentam quando o custo do capital investido, o custo de operação do navio e o custo de manobra de carga aumentam; por outro lado os custos unitários diminuem quando o tamanho do navio aumenta. Sabe-se também que os custos apresentados no numerador crescem a uma razão menor do que a capacidade do navio. Esta é a razão da economia de escala dominar o setor. Um navio-tanque de 280.000 toneladas custa apenas o dobro do de um navio de 80.000 toneladas, mas é capaz de transportar mais de 3 vezes sua carga. STOPFORD (1997, pág. 25)

Já foi dito que quando as parcelas de carga se tornam pequenas demais para ocupar um navio completo, o custo aumenta ainda mais devido ao custo de embalar e manobrar pequenas cargas. A Figura 4, adaptada STOPFORD (1997, pág. 25), ilustra a função unitária de custo. É interessante observar como o custo unitário sobe quando o volume de carga sai da região da

operação a granel para a operação como carga geral. Isto representa um grande incentivo ao transporte de carga em grandes volumes unitários.

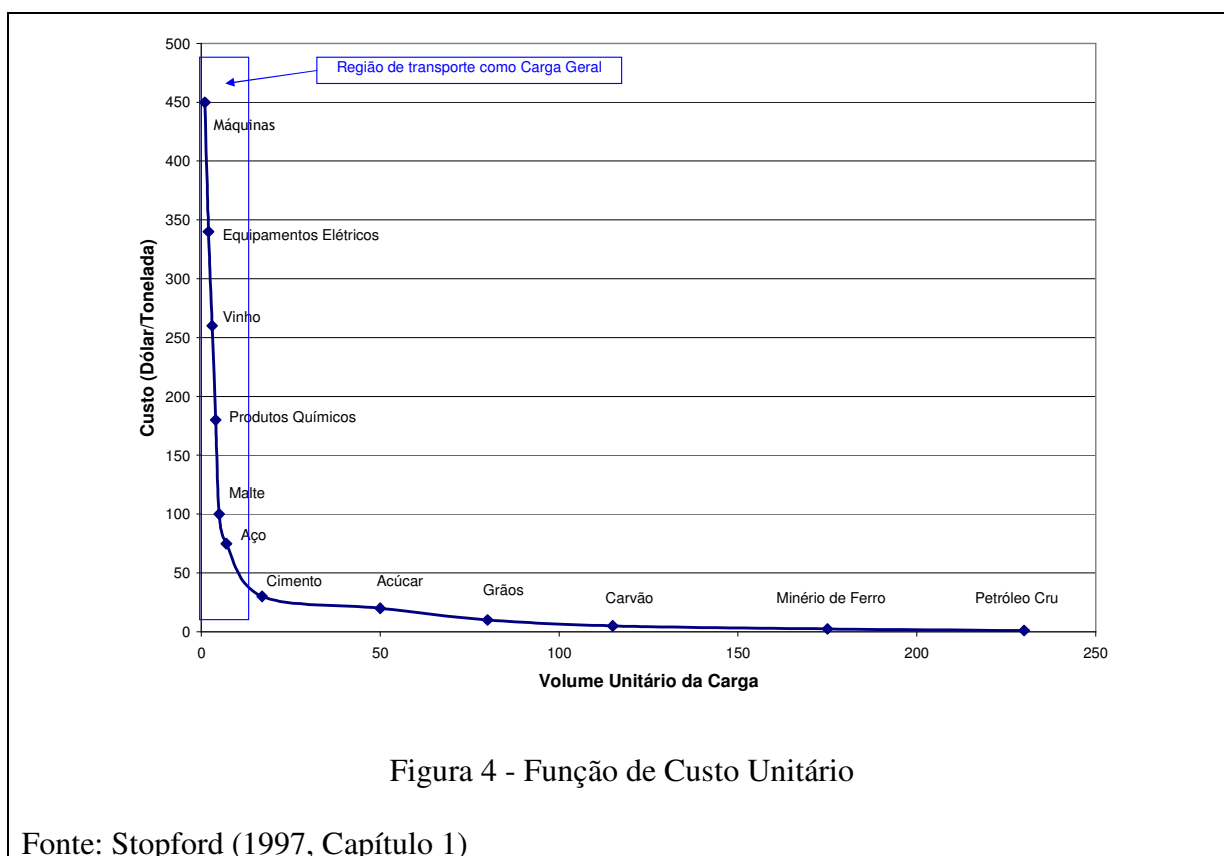


Figura 4 - Função de Custo Unitário

As tarefas para se operar o transporte de carga geral são fundamentalmente diferentes das tarefas para se operar o transporte a granel. No primeiro caso, há a necessidade de se organizar muitas pequenas parcelas; isto exige uma estrutura em terra capaz de travar relações com os despachantes, planejar o carregamento e a operação dos navios, e tratar da documentação. No segundo caso, há o transporte de menor variedade, e muito maior quantidade de carga; essas companhias não necessitam de uma infra-estrutura em terra tão numerosa. Em resumo, o tipo de organização da companhia, suas políticas e o tipo de pessoas empregadas nos dois ramos da navegação são diferentes.

No item 4.4.1 (página 33) apresentou-se o mercado de navegação como um serviço e foram abordados os indicadores de desempenho. Esta é a explicação para a divisão existente no mercado de navegação em dois grandes setores: o setor de transporte a granel privilegia o

custo unitário de operação, já o setor de carga geral privilegia a velocidade, a confiabilidade e a qualidade do serviço.

#### **4.6.2 O TRANSPORTE DE GRANÉIS**

O conceito básico que rege a indústria de granéis é de “*um navio, uma carga*”; entretanto, não se deve ser muito rígido nessa definição, uma vez que diferentes cargas podem ser transportadas em um único navio, cada qual em espaço separado.

O responsável pelo transporte de uma carga a granel pode abordar a tarefa de várias maneiras, dependendo da própria carga e da natureza da operação comercial. As opções vão do total envolvimento, quando o próprio responsável é o proprietário dos navios, à terceirização de todo o trabalho para uma empresa de navegação especialista em granéis.

As grandes companhias de navegação, que transportam grandes quantidades de mercadorias a granel, freqüentemente possuem frota própria com capacidade de atender a seus requisitos de transporte. Para ilustrar, em 1995 as maiores companhias de petróleo possuíam, em conjunto, 22,5 milhões dwt de navios-tanque, representando 8,5% da frota do setor. Companhias de aço no Japão e na Europa também operam frotas de grandes graneleiros para o transporte do minério de ferro e do carvão. Tal tipo de operação é adequado quando se opera em uma situação previsível e estável. (STOPFORD, 1997, pág. 27)

No moderno transporte de granéis toda a operação é projetada para minimizar os custos de transporte da origem até o destino. Um dos primeiros exemplos do transporte moderno de granéis foi a construção de dois navios para transporte de minério de ferro da costa do Peru para sua siderúrgica em Baltimore (EUA), pela Bethlehem Steel. Esse modelo foi copiado e é seguido por várias indústrias de porte que importam matérias primas *in natura*; nestes casos os navios são projetados de maneira a fornecer o fluxo de matéria prima necessário para a fábrica a um custo mínimo.



Devido ao grande investimento em capital que é necessário, nem sempre as grandes indústrias optam por se tornar armadoras. O que deve ser assegurado é que os requisitos básicos de transporte serão atendidos a um preço previsível, sem a necessidade de fazer uso do incerto mercado de frete. Uma opção nessas situações pode ser o mercado de *time charter*.

Se o agente de navegação tem requisitos de longo prazo com previsões bem estabelecidas e não deseja se tornar um armador, ele pode recorrer a contratos de longo prazo com os armadores. Algumas companhias alugam navios por períodos de 10 a 15 anos estabelecendo um patamar de capacidade de transporte para cobrir contratos de longo prazo, particularmente em contratos de transporte de minério de ferro. Por exemplo, a companhia de navegação Mitsui OSK, do Japão, transporta minério de ferro para a Sumitomo, a Nippon Kokan e a Nippon Steel na base de contratos de longo prazo, operando uma frota própria de graneleiros de minério de ferro e navios não especializados. No início da década de 1980 a companhia fazia o transporte de cerca de 20% de todo o minério de ferro importado pelo Japão. Nesta situação o contrato é geralmente feito antes do navio ser de fato construído. Períodos menores de aluguel, de 1 a 5 anos, podem ser acertados diretamente no mercado de curto prazo.

Há os despachantes que só tem um tipo de mercadoria para transportar. Este é o caso do comércio de bens com características sazonais ou mercadorias únicas. No primeiro caso têm-se dois exemplos conhecidos os grãos e o açúcar. Para o segundo caso o exemplo seriam fábricas pré-construídas que são transportadas para o Oriente Médio. Nos dois casos o transporte é contratado para uma única viagem (*voyage charter*), por meio de um mercado específico, onde o frete é negociado na base de unidade monetária por tonelada transportada.

No último caso, o despachante pode fazer um acordo de longo-prazo com um armador que tenha se especializado em um certo tipo de carga, viabilizado pelo transporte de um volume de carga adequado. Por exemplo, armadores escandinavos estão fortemente

envolvidos no transporte de produtos florestais da costa oeste da América do Norte para a Europa e operam frotas de navios especializados, especialmente projetados para otimizar o transporte dessa mercadoria a granel. De maneira similar existem companhias que operam frotas de navios para transporte de carros, servindo ao mercado japonês de exportação de veículos automotores.

O serviço oferecido no comércio especializado de granéis envolve comprometimento com o prazo, usando navios com grande capacidade e rápida manobra de carga. Tal operação requer uma estreita cooperação entre o despachante e o armador, sendo que o segundo oferta um melhor serviço pois está transportando para todo um mercado ao invés de um único cliente. Naturalmente, este tipo de operação ocorre somente em áreas onde a redução de custo ou a melhoria dos serviços justifiquem os altos investimentos.

Muitos tipos diferentes de navios são usados para o transporte de mercadorias a granel; entretanto, os principais deles caem em uma das categorias a seguir: navios-tanque, navios de granéis secos de propósito geral, *combined carriers*, e navios graneleiros especialistas. Os dois primeiros seguem projetos relativamente padronizados, enquanto os *combined carriers* oferecem a oportunidade de transportar tanto carga seca quanto líquida. Os graneleiros especialistas são construídos para atender a características específicas ou cargas de difícil operação. Para aprofundamento do assunto, recomenda-se a leitura do Capítulo 11 do livro *Maritime Economics*, STOPFORD (1997, Capítulo 11).

#### **4.6.3 O TRANSPORTE DE CARGA GERAL**

Como já foi dito, os serviços de carga geral transportam cargas de pequeno volume unitário, que não são suficientes para justificar o afretamento de um navio. Desta forma são acondicionadas juntamente com outras do mesmo tipo para o transporte. Neste caso os navios operam em linhas regulares entre portos, transportando cargas com preços fixos para cada tipo de mercadoria, com a possibilidade de descontos para os clientes regulares.

O transporte de um grande conjunto de pequenos itens por meio de um serviço regular exige que o operador de transporte de carga geral seja capaz de: primeiro operar muitas consignações e processar sua documentação; segundo, ter uma política de tarifas que gerem um lucro global, o que não é fácil quando milhares de consignações são processadas por semana; terceiro, carregar o navio de forma a garantir que a carga tenha fácil acesso para o desembarque, uma vez que os navios podem parar em vários portos, e garantindo que o navio fique sem banda e sem trim<sup>19</sup>; quarto, executar o serviço dentro do cronograma estabelecido, mesmo com todos os imprevistos que possam se apresentar, tais como: mau tempo durante a viagem, greves e outros; e quinto, planejar a disponibilidade de capacidade disponível, considerando os navios em reparo ou em períodos de manutenção, a entrega de novos navios, e o eventual afretamento de navios adicionais para atender às flutuações na demanda. (STOPFORD, 1997, pág. 28)

Todos os requisitos acima são de caráter gerencial e explicam o por quê das diferenças entre o transporte de carga geral e o transporte de granéis. As habilidades, os conhecimentos e os requisitos organizacionais são bem diferentes.

Devido aos elevados custos fixos e da necessidade de manter um serviço regular, mesmo quando os navios ainda não estão totalmente carregados, o serviço de carga geral é particularmente vulnerável a uma competição de preços por parte dos concorrentes. Para contornar essa situação as companhias de navegação desenvolveram o “*sistema de conferência*”, que foi usado pela primeira vez entre a Inglaterra e Calcutá em 1875. Na década de 1980 existiam por volta de 350 “*sistemas de conferência*” operando tanto nas rotas de longo curso quanto nas de cabotagem. Apesar disso, a longa recessão ocorrida na década de 1980, as mudanças causadas pelo uso de contêineres e a intervenção dos governos com seus

---

<sup>19</sup> Diz-se que o navio “está com banda” quando ele apresenta uma inclinação lateral constante e que “está com trim” quando apresenta uma inclinação no sentido proa – popa.

regulamentos enfraqueceram os “*sistemas de conferência*” de tal forma que os operadores de carga geral começaram a procurar por outras formas de estabilizar sua posição competitiva. Para maior aprofundamento no assunto, sugere-se a leitura do Capítulo 10 de *Maritime Economics*, STOPFORD (1997, Capítulo 10).

#### **4.7 A FUNÇÃO DOS PORTOS NO SISTEMA DE TRANSPORTE**

Os portos funcionam como uma interface entre a terra e o mar, sendo um componente importante no sistema de transporte. Após a revolução no processamento de carga geral, a atividade nos portos tornou-se menos visível, mas mais intensa do que há três décadas. Antes os portos estavam sempre cheios de carga e de pessoas, hoje os navios carregam e descarregam em poucas horas em terminais praticamente desertos.

Os portos têm várias funções importantes que são cruciais para a eficiência dos navios, como por exemplo, o de oferecer um local seguro para os navios; e oferecer facilidades para a manobra de carga. Este último exige investimentos vultosos em instalações, equipamentos e serviços portuários.

Quando se pretende atender a navios de grande deslocamento, os portos devem ser projetados com águas profundas até os locais de atracação dos navios. A manobra de carga é outro fator importante; um porto versátil deve estar apto a manipular diferentes tipos de carga, entre eles os granéis, contêineres, veículos, carga geral e passageiros, cada um desses com diferentes requisitos. Há também a questão do armazenamento, tanto para as cargas que chegam, quanto para as que saem. Finalmente, um porto deve oferecer uma eficiente integração do transporte marítimo com os sistemas de transporte terrestre; desta forma estradas de ferro, estradas de rodagem e hidrovias convergem para os portos e essas interfaces devem ser gerenciadas adequadamente.

A melhoria dos portos representa um aspecto importante na redução dos custos do transporte marítimo. Alguns desses desenvolvimentos são executados por empresas privadas

com o propósito de melhorar suas condições de operação. Por exemplo, no transporte de grãos, a transferência de carga de navios com deslocamento em torno de 25.000 toneladas dwt para navios com 60.000 toneladas dwt, ou maiores, depende da construção de um terminal de grãos com capacidade de manipulação de grãos e armazenamento.

Os portos têm um mercado tão competitivo quanto o de navegação, desta forma um grande investidor no setor de portos são os próprios portos. Portos de uma mesma região competem para atrair a movimentação de carga. Hong Kong compete com Singapura para a distribuição de carga na Ásia, Rotterdam, antes de obter a primazia européia, competiu com Hamburgo, Bremen, Antuérpia e, mais remotamente, com Liverpool. O investimento nas instalações representa um aspecto fundamental na competição.

As instalações de um porto dependem do tipo e do volume de carga que será processada; entretanto, é possível generalizar os tipos de instalações portuárias que podem ser achadas em diferentes áreas. São identificados quatro tipos de complexos portuários principais: o pequeno porto local, o grande porto local, o grande porto regional e o centro de distribuição regional.

O pequeno porto local tem por objetivo servir ao comércio local, manipula vários tipos de carga, vários tipos de navios e, freqüentemente, atende a navios de cabotagem. Como o volume de comércio é pequeno, suas instalações são básicas. As cargas operadas são uma mistura de contêineres, grãos e carga não processada. Podem ser encontrados em países em desenvolvimento ou zonas rurais de países desenvolvidos.

O grande porto local atende a volumes de carga maiores do que no caso anterior, uma vez que o investimento no porto torna-se viável. Esse tipo de porto já possui terminais específicos e tem boa ligação com os demais componentes do sistema de transporte

O grande porto regional já tem a capacidade de operar grandes volumes de carga e já recebem grandes navios de longo curso. Possuem vários terminais especializados, normalmente divididos em contêineres, granéis sólidos e granéis líquidos.

Os grandes centros de distribuição regional, também conhecidos como portos regionais, tem a tarefa receber grandes quantidades de carga em navios de longo curso e distribuí-la para os portos menores. Esse tipo de porto consiste de um conjunto de terminais, cada um dedicado a um tipo de carga específica. As instalações são excelentes para permitir a transferência de carga dos navios de longo curso para os navios menores, trens, barcaças e caminhões.

Os portos e terminais têm suas receitas originadas na cobrança pelo uso de suas instalações. Deixando de lado os fatores competitivos, as taxas portuárias devem cobrir os custos fixos e variáveis do porto ou terminal. A cobrança pode ser feita de duas formas: na primeira, chamada de *all in*, todos os serviços estão incluídos; na segunda, chamada de *add-on*, é paga uma taxa básica, sendo os serviços extras cobrados adicionalmente. O método de cobrança depende do tipo de carga, sendo que ambas variam de acordo com o volume.

#### **4.8 AS COMPANHIAS DE NAVEGAÇÃO**

CUNHA (2006) apresenta, em seu Apêndice A, uma entrevista com o engenheiro Cláudio Décourt, Vice-Presidente do Syndarma (Sindicato dos Armadores), realizada em 20 de dezembro de 2005. A entrevista oferece uma interessante visão panorâmica sobre o que ocorre “nos bastidores” da indústria de navegação. São abordadas questões sensíveis, nem sempre disponíveis nos documentos oficiais. Será seguida a abordagem de Stopford, mais adequada para o comércio internacional.

Dependendo de sua área de operação, uma companhia de navegação adota objetivos estratégicos, metas comerciais e estrutura organizacional que atenda às suas necessidades.

Tais estruturas podem diferir significativamente. Stopford apresenta um exemplo interessante (STOPFORD, 1997, pág. 33) com a estrutura de cinco companhias típicas de navegação.

O exemplo dá uma idéia da diversidade de tipos de organização que podem ser encontradas, e, o que é mais importante, as diferentes pressões e restrições a que cada tomador de decisão pode estar sujeito. Os exemplos apresentados cobrem uma ampla gama de situações. Serão abordados aqui apenas três deles, por serem suficientes para se ilustrar tais diferenças.

O primeiro deles trata de uma pequena companhia de navegação. Nela o armador tem controle autocrático, toma todas as decisões importantes e tem interesse pessoal nos resultados financeiros da empresa. O número de decisões importantes a ser tomado é pequeno, concentrando-se na compra e venda de navios e nas decisões sobre o afretamento de curto ou longo prazo. Neste caso, o armador é um agente independente, contando apenas com seus próprios recursos para enfrentar o mercado.

Os próximos casos serão de companhias com grandes estruturas, onde a alta administração está afastada das questões operacionais do dia a dia e está submetida a muitas pressões institucionais e restrições na operação e desenvolvimento dos negócios.

O segundo exemplo tratará uma companhia de contêineres independente. Ela necessita de um grande apoio de sua equipe de terra, com muitos escritórios sofisticados, e uma rede de agências para gerenciar. Desta forma, é inevitável que ela enfatize os aspectos administrativos do negócio. Nesse caso, apesar da maior complexidade em relação ao exemplo anterior, observa-se que não há choque entre os interesses da companhia e do seu dono.

O exemplo final trata de uma divisão de navegação de uma companhia de petróleo. Essa divisão deve se reportar a um conselho da companhia, onde os membros conhecem pouco, ou nada, do mercado de navegação. Adicionalmente, é importante observar que, nem sempre, os objetivos da Companhia de Petróleo são iguais aos de sua Divisão de Navegação.

Um exemplo dessa situação amplamente conhecido no Brasil é relação entre a PETROBRÁS e a TRANSPETRO.

As diferenças ilustradas acima influenciam fortemente a maneira como cada uma das companhias atua e encara o mercado.

#### **4.9 POLÍTICA VERSUS ECONOMIA EM NAVEGAÇÃO**

A indústria de navegação é um negócio internacional e as forças que a fazem tão importante em termos econômicos, também a fazem objeto de intervenções políticas nacionais e internacionais. A maioria das atividades das indústrias de navegação está ligada ao comércio internacional e, desta forma, elas inevitavelmente operam dentro de um complicado padrão mundial de acordos entre as companhias de navegação, acordos entre os despachantes e políticas governamentais. (STOPFORD, 1997, pág. 32)

A indústria marítima tem visto crescer o seu envolvimento político e tal questão não pode ser ignorada. Desde o Ato Plimsoll<sup>20</sup>, de 1870, que proibiu a sobrecarga de navios, até o Ato dos Estados Unidos sobre poluição<sup>21</sup>, de 1990, que estabeleceu regulamentos e responsabilidades legais muito rigorosos para os navios tanque que navegassem em águas dos Estados Unidos, os políticos tem pensado em limitar as ações dos armadores. Interesses em assuntos tais como segurança no mar, regulamentos sobre as tripulações, poluição ambiental e condições dos navios tem crescido desde a década de 1990.

---

<sup>20</sup> Ato Plimsoll (1870) – a idéia de marcação de uma linha de carga máxima no costado dos navios nasceu das discussões causadas por Samuel Plimsoll no Parlamento inglês entre 1873 e 1876. Nessa época eram comuns os naufrágios em alto-mar por motivos de insuficiência das qualidades náuticas dos navios ou por excesso de carga. Somente um pouco antes, em 1870, tinha sido tornada obrigatória a marca dos calados avante e a ré dos navios mercantes. As marcas de borda livre, regulamentadas pela primeira vez na Inglaterra em 1876, são algumas vezes chamadas de marcas de Plimsoll.

<sup>21</sup> US Oil Pollution Act (OPA) – Assinado em Agosto de 1990, como resultado da preocupação causada pelo acidente do Exxon Valdez, é um ato que trata do vazamento de petróleo ou substâncias perigosas. O OPA estabeleceu recursos e tarefas a serem cumpridas tanto pelo governo dos Estados Unidos como pela indústria. Aumentou a capacidade dos EUA de prevenir e responder a tais acidentes. Criou ainda o o *Oil Spill Liability Trust Fund*, que disponibiliza até um bilhão de dólares por acidente. Aumentou também as responsabilidades daqueles que descumprirem as leis ambientais. Para maiores detalhes sugere-se o site: <http://www.epa.gov/oilspill/opaover.htm>



Seria possível fazer uma grande relação de atos políticos que tiveram forte influência na navegação, mas por fugir ao escopo desse trabalho, será apenas lembrada a frase de STOPFORD que diz: *“Assim como os aspectos políticos não podem ser facilmente compreendidos sem algum conhecimento dos aspectos econômicos do mercado, uma análise econômica não pode ignorar as influências políticas nos custos, preços e na competição do mercado”*. (STOPFORD, 1997, pág. 34)

#### **4.10 SUMÁRIO**

Este capítulo teve por propósito apresentar o IMM de maneira abrangente. Para tanto, foram apresentados alguns aspectos relativos à importância econômica da indústria de navegação, o sistema de transporte internacional, a demanda por transporte marítimo, a frota mercante mundial, a oferta de transporte marítimo, a função dos portos no sistema de transporte, alguns aspectos das companhias de navegação, e, finalmente, alguns aspectos políticos.

## 5. CONCEITOS DE DINÂMICA DE SISTEMAS

### 5.1 INTRODUÇÃO

Feita uma descrição da indústria de navegação, torna-se necessário fazer uma breve introdução à Dinâmica de Sistemas, com o propósito de viabilizar a compreensão dos passos necessários para o desenvolvimento de um modelo e os cuidados que devem ser tomados para que este modelo atenda de maneira adequada ao seu propósito.

Com este intuito este capítulo abordará algumas questões sobre os modelos, tratará dos modelos mentais e dos modelos formais, fazendo uma comparação entre eles, apresentará um processo de desenvolvimento de modelos, abordará as relações causais e os diagramas causais; e, por fim, apresentará os diagramas de Forrester.

Para uma completa descrição do processo de modelagem em Dinâmica de Sistemas, sugere-se a leitura dos capítulos 3 e 4 do livro *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World* (STERMAN, 2000).

### 5.2 MODELO

Em Dinâmica de Sistemas, os trabalhos desenvolvidos resultam em um modelo formal, que apresenta como um sistema se comporta ao longo do tempo. Por esta razão, é razoável começar esta breve explanação abordando alguns conceitos sobre modelos.

Uma definição para modelo seria: uma representação simplificada da realidade para se atender a um objetivo específico. Destacam-se aqui os dois aspectos principais: a representação simplificada da realidade; e o objetivo específico.

Modelar é a arte de simplificar. Esta simplificação é obtida tomando-se as partes importantes da realidade (daí a representação simplificada) e omitindo-se aquelas que não tem importância para o problema que está sendo estudado (daí o objetivo específico). Um exemplo interessante de modelo é a fotografia. A fotografia é um modelo físico e estático que

contém uma simplificação drástica, que às vezes passa despercebida: uma dimensão é sumariamente eliminada. Considerando essa simplificação fica a pergunta: uma fotografia atende a seu propósito? A resposta será afirmativa ou negativa dependendo da finalidade. Se for para uma lembrança das férias, a resposta é sim; se for para descrever a capacidade intelectual de uma pessoa, a resposta será não.

FORRESTER (1961), dedica todo o Capítulo 4, para apresentar, classificar e dar uso aos diferentes tipos de modelos. Para exemplificar, o modelo que será desenvolvido neste trabalho é classificado como um modelo abstrato, dinâmico, não-linear e estável, adequado para a representação do comportamento econômico dos diversos sistemas sociais.

STERMAN (1991), apresenta uma outra visão, onde divide os modelos em três tipos principais: os de otimização, os de simulação e os econométricos. Adicionalmente, comenta sobre o uso de cada um deles, seus pontos fortes e fracos. Um ponto importante abordado pelo Professor Sterman nesse artigo é a comparação entre os modelos mentais e os modelos formais ou computacionais. Essa comparação é importante para se compreender porque é necessário simular um sistema para se chegar a conclusões confiáveis sobre seu comportamento<sup>22</sup>.

### **5.3 MODELOS MENTAIS VERSUS MODELOS FORMAIS (OU COMPUTACIONAIS)**

Todas as pessoas estão acostumadas aos modelos mentais. Eles são usados diariamente nas ações e tomadas de decisões. Esses eventos não são baseados na realidade, mas sim na visão que uma pessoa tem da realidade, ou seja, no modelo mental que ela faz da realidade.

---

<sup>22</sup> Senge (1995) apresenta o pensamento sistêmico e sugere que o comportamento dos sistemas complexos pode ser inferido por meio de alguns arquétipos; portanto, sem o uso de simulação. O Grupo de Sistemas Dinâmicos do MIT tem uma visão contrária a esse ponto de vista.

Os modelos mentais têm algumas vantagens poderosas, como por exemplo: são flexíveis; são capazes de considerar uma grande variedade de informações quantitativas e qualitativas; e podem ser adaptados a novas situações.

Por outro lado, os modelos mentais também têm algumas desvantagens importantes, tais como: não são facilmente compreensíveis por outras pessoas; as interpretações das pessoas diferem; as hipóteses assumidas não são escrutináveis, e, portanto, as ambigüidades e contradições seguem sem serem detectadas e resolvidas.

DORNER (1996) aponta como uma importante desvantagem dos modelos mentais a falta de capacidade da mente humana em inferir o comportamento emergente de um sistema complexo.

A opção aos modelos mentais são os modelos computacionais (formais). Tais modelos, quando corretamente implementados apresentam algumas vantagens, tais como: são explícitos, desta forma as hipóteses assumidas são documentadas e podem ser questionadas; apresentam o resultado lógico daquilo que o seu criador assumiu; e podem relacionar vários fatos simultaneamente, mantendo sua capacidade de chegar a resultados lógicos e coerentes.

Um modelo computacional que realmente tenha tais características pode ser muito vantajoso sobre um modelo mental.

Na prática, os modelos computacionais não são uma panacéia e a grande maioria deles tem uma série de impropriedades, tais como: não são adequadamente documentados e, normalmente, são difíceis de auditar; são tão complicados que os usuários não confiam na sua correção e consistência; não são adequados para manipular relações e fatores que são difíceis de quantificar, ou que estejam fora da área de conhecimento do especialista que constrói o modelo.

Devido a essas características indesejáveis, os modelos computacionais devem ser cuidadosamente examinados por todos que os usam.

## 5.4 DESENVOLVIMENTO DE MODELOS

Sterman apresenta uma sugestão sobre os passos que devem ser adotados no processo de modelagem, dividindo-os em cinco etapas, que devem ser constantemente revistas conforme o processo de modelagem evolui. Os passos sugeridos são: articulação do problema; formulação da hipótese dinâmica; formulação de um modelo de simulação; testes; estabelecimento de políticas e avaliação dos resultados. (STERMAN, 2000, páginas 85 e 86)

A articulação do problema visa definir o quê será simulado e é composta dos seguintes passos: primeiramente define-se o problema que será tratado, tendo-se o grande cuidado de assegurar que ele é realmente um problema; em seguida, são definidas as variáveis principais, onde se garante que os aspectos relevantes para a definição do comportamento do sistema serão incluídos e que os irrelevantes descartados; posteriormente, deve ser definido o horizonte de tempo, quando se define qual o momento a partir do qual o problema deve começar a ser analisado e até que momento esta análise deve se estender; e, finalmente, é feita a definição dinâmica do problema (chamada de modo de referência), onde são abordadas as questões de quando o problema começou, qual o comportamento das variáveis principais e qual deverá ser o seu comportamento no futuro. (STERMAN, 2000, página 86)

O segundo passo é a formulação da hipótese dinâmica. Para tanto, são geradas as hipóteses iniciais, que se baseiam nas teorias correntes sobre o assunto. Em seguida, deve-se estabelecer uma hipótese das causas internas do comportamento observado; por causas internas compreendem-se as estruturas internas de realimentação. Posteriormente, devem ser desenvolvidos mapas da estrutura causal, baseados nas hipóteses iniciais, nas variáveis principais, nos modos de referência, e outros dados disponíveis. Existem algumas ferramentas para auxiliar a execução desta tarefa, nesse trabalho serão usados diagramas causais e os diagramas de Forrester.

O terceiro passo consiste na elaboração do modelo formal. Para tanto se deve especificar sua estrutura; estimar seus principais parâmetros; e estabelecer relações causais e as condições iniciais; por último devem ser feitos os testes de consistência, que avaliam se o modelo atende seu propósito e os limites estabelecidos.

A quarta etapa consiste nos testes do modelo. Deve ser feita uma comparação dos resultados obtidos com o modo de referência, para verificar se o modelo reproduz o comportamento do sistema de maneira adequada ao seu propósito; devem ser conduzidos testes de robustez, quando o modelo é submetido a condições extremas; e os testes de sensibilidade, variando-se os parâmetros que foram assumidos por falta de dados disponíveis. Nesse trabalho só serão feitos os testes de comparação com o modo de referência.

O estabelecimento de políticas e a avaliação dos resultados incluem a especificação de cenários, que representam as possíveis situações que podem surgir; o projeto de políticas, que definem as regras de decisão e as estratégias das diferentes linhas de ação que poderão ser adotadas; a análise de opções; a análise de sensibilidade, que procura definir a robustez da política para variações nos cenários assumidos; e avaliação da interação entre as políticas, que define quais as políticas possíveis que se reforçam e quais as que se anulam.

Embora seja uma lição elementar, é sempre importante lembrar que um modelo deve ser construído de maneira gradual, com as primeiras versões muito simples, mas que permitam uma correta compreensão do seu comportamento. Conforme o conhecimento e a compreensão sobre o modelo e sobre o mundo real vai crescendo ao longo do processo de modelagem, a complexidade deve ser adicionada, de maneira que o modelo resultante atenda a seus objetivos. Deve-se lembrar sempre que modelar a realidade é inútil. (ROBERTS, 1983).

## 5.5 RELAÇÕES CAUSAIS

Considere-se o seguinte exemplo: uma criança coloca a mão em um fogão aquecido, sente o calor intenso e, rapidamente, tira a mão do forno. Este é um exemplo de relação causal de um sistema simples: o autor executa uma ação, sente rapidamente os seus efeitos, executa uma outra ação para corrigir a anterior e o sistema atinge seu equilíbrio.

Essa seqüência leva a um raciocínio dito linear e foi muito útil para a sobrevivência do homem até os dias de hoje; entretanto, ao longo desses milhares de anos os sistemas humanos ficaram muito mais complexos e essa forma de raciocinar, não se revelou eficaz na análise de sistemas complexos.

A tendência de analisar as conseqüências das ações como uma seqüência linear de eventos é citada por STERMAN [9]. Raciocinando-se de forma um pouco mais sofisticada, é possível identificar como normal a seguinte seqüência de análise de problemas:

- são estabelecidas as metas a serem atingidas;
- é avaliada a situação atual;
- define-se o problema;
- toma-se uma decisão de qual caminho seguir para se atingir as metas desejadas;
- executam-se as ações planejadas; e espera-se pelos resultados.

Esta forma de analisar um problema só é eficaz em sistemas muito simples. Na realidade, nossas ações têm efeitos nas outras pessoas e no ambiente; tais efeitos resultam em ações das pessoas afetadas e em mudanças no ambiente. Essa reação do ambiente e das pessoas freqüentemente conduz a resultados reais muito distantes dos resultados planejados.

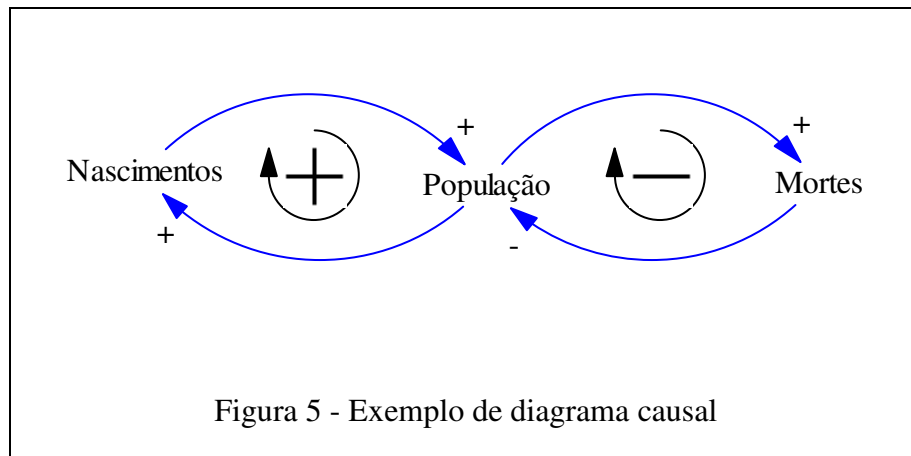
A interação causada pelo processo – ação, reação, mudança nas pessoas e no ambiente e efeito na ação original – estabelece uma malha de realimentação. Essa interação, chamada de relação causal, é a essência da modelagem em Sistemas Dinâmicos. A causalidade está

presente em todos os sistemas importantes, sejam eles biológicos, físicos, econômicos ou sociais.

## 5.6 DIAGRAMAS CAUSAIS

Os diagramas causais são a ferramenta usada em Sistemas Dinâmicos para mapear as relações causais. É a ferramenta básica que o modelista usa para entender e depois explicar as relações entre os elementos de um sistema. É muito útil para apresentar a estrutura dinâmica de um modelo para as pessoas que não participaram de sua confecção.

A Figura 5 apresenta um exemplo de diagrama causal. Neste diagrama é apresentada a interação entre três elementos: a quantidade de nascimentos em uma população, o número de seres vivos desta população, e a quantidade de mortes nesta mesma população.



As setas indicam a influência que cada elemento tem sobre outro, verificamos que o número de nascimentos influencia a população, e esta, por sua vez, influencia o número de nascimentos. A população influencia o número de mortes, e este, por sua vez, influencia a população. Observe que foram fechadas duas malhas, a da esquerda envolvendo nascimentos e população; a da direita envolvendo população e mortes.

As setas têm sinais em suas pontas. Esses sinais indicam o tipo de influência que um elemento tem sobre o outro. Deve ser observado na malha da esquerda que: quanto maior o número de nascimentos, maior a população – a seta recebe um sinal positivo; quanto maior a



população, maior o número de nascimentos – a seta recebe um sinal positivo. Na malha da direita tem-se que: quanto maior a população, maior o número de mortes – a seta recebe um sinal positivo; e quanto maior o número de mortes, menor a população – a seta recebe um sinal negativo.

Observe-se que a malha da esquerda tem um sinal positivo e a da direita tem sinal negativo. O sinal positivo indica uma realimentação positiva, pois quanto maior o número de nascimentos maior a população e quanto maior a população maior o número de nascimentos. Este tipo de relação causal leva a um aumento contínuo das duas variáveis. A malha da direita, que tem um sinal negativo, é uma malha com realimentação negativa, pois quanto maior a população, maior a quantidade de mortes; entretanto, ao contrário do caso anterior, quanto maior o número de mortes menor será a população. Este tipo de causalidade leva a um ponto de equilíbrio, fazendo com que as duas variáveis se estabilizem.

## **5.7 DIAGRAMAS DE FLUXO OU DIAGRAMAS DE FORRESTER**

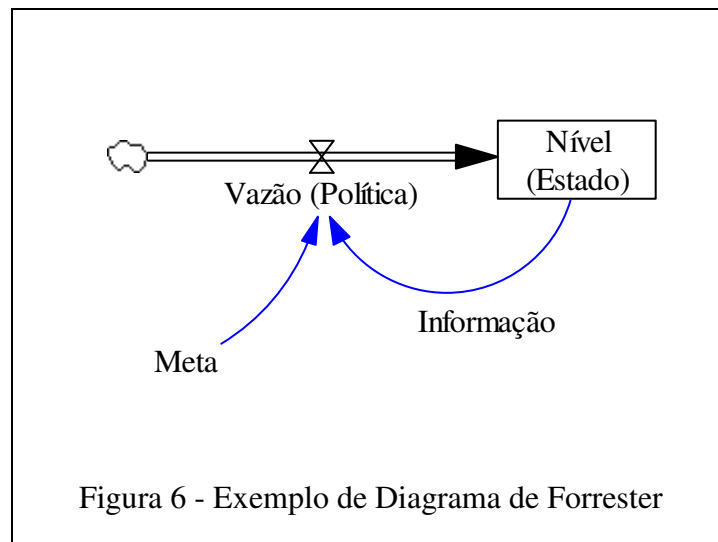
Os Diagramas Causais têm uma limitação importante: não apresentam de maneira explícita quais as variáveis que definem o estado do sistema nem quais são as que fazem com que este estado se altere. Os Diagramas de Fluxo ou de Forrester (em homenagem a seu criador) contém elementos que permitem explicitar tais variáveis.

Em Dinâmica de Sistemas os estados de um sistema são chamados de Níveis e as grandezas que causam sua variação são chamadas de Vazão. Os Níveis representam a integração, os estoques ou os acúmulos de um sistema. As taxas que alteram estes estoques são chamadas de Vazão.

Para maior clareza, será usado um exemplo, apresentado por FORRESTER (1996), que contém muitos conceitos relevantes.

Considere-se um sistema que consiste de uma pessoa, uma torneira e um copo que se deseja encher de água. O nível representa a quantidade de água existente no copo. A pessoa

de posse da informação (neste caso visual) da quantidade de água e de quanto quer beber (a Meta), controla a torneira (Vazão). Se o copo está enchendo muito rápido ela fecha um pouco a torneira, se o copo está enchendo muito lentamente ela abre um pouco a torneira e quando o copo está cheio a pessoa fecha a torneira, cortando totalmente a vazão.



A realidade descrita no parágrafo anterior está modelada no diagrama da Figura 6. Existem na figura dois símbolos, um nível, representado por um retângulo, e uma vazão, representada por uma válvula. Como já foi dito, o nível representa a integração, ou o estoque, ou o acúmulo do sistema – nesse exemplo a quantidade de água dentro do copo. A taxa que altera o Nível é a Vazão – neste exemplo, o fluxo de água que entra no copo. A Vazão é definida por uma política estabelecida que aponta como a taxa deve ser controlada pelo valor do nível quando comparado a uma meta pré-estabelecida. As nuvens representam fontes ou sorvedouros e são usadas para definir as fronteiras do sistema simulado.

Ainda segundo FORRESTER (1996), todos os sistemas consistem destes dois tipos de conceitos – Níveis e Vazões – e nenhum outro. Esta afirmativa é poderosa em simplificar a visão do mundo. Todos os profissionais podem reconhecer estas duas classes de variáveis em assuntos ligados às suas áreas. A quantidade de água em uma banheira é o Nível, o fluxo de

água é a Vazão que altera o Nível. A reputação de uma pessoa é o Nível, que é alterado por suas boas e más ações. O nível de frustração de um grupo é um Nível, que é alterado gradualmente em resposta às pressões nesse grupo.

Alguns outros aspectos importantes podem ser ressaltados a partir da Figura 6: um Nível só é alterado por uma Vazão, nunca diretamente por outro Nível; as Vazões são controladas somente pelos Níveis, nunca diretamente por outras vazões; e a condição atual do sistema, representada pelo estado dos Níveis, é comparada com os valores de referência para determinar as ações de controle que serão exercidas sobre as Vazões.

## **5.8 ATRASO**

Atrasos são comuns a muitos processos gerenciais e podem ser a fonte da dinâmica de grande parte dos sistemas. Alguns atrasos podem gerar instabilidade e oscilações, outros podem servir para filtrar os ruídos e permitir aos tomadores de decisão um quadro mais adequado, por filtrarem ruídos no sistema (STERMAN, 2000, Página 411).

Os atrasos representam o tempo necessário para que: uma medida seja feita; uma informação seja coletada e esteja disponível (atraso de informação); uma determinada informação seja percebida (atraso de percepção); uma decisão seja tomada (atraso de decisão); e uma determinada ação seja executada.

Como os atrasos representam papel importante na dinâmica da IMM, este item pretende introduzir o assunto de forma sucinta. Para um maior aprofundamento no assunto, sugere-se a leitura de Sterman (2000, Capítulo 11), Kirkwood (1998, Capítulo 6) ou Erlich (2005, Capítulo 5).

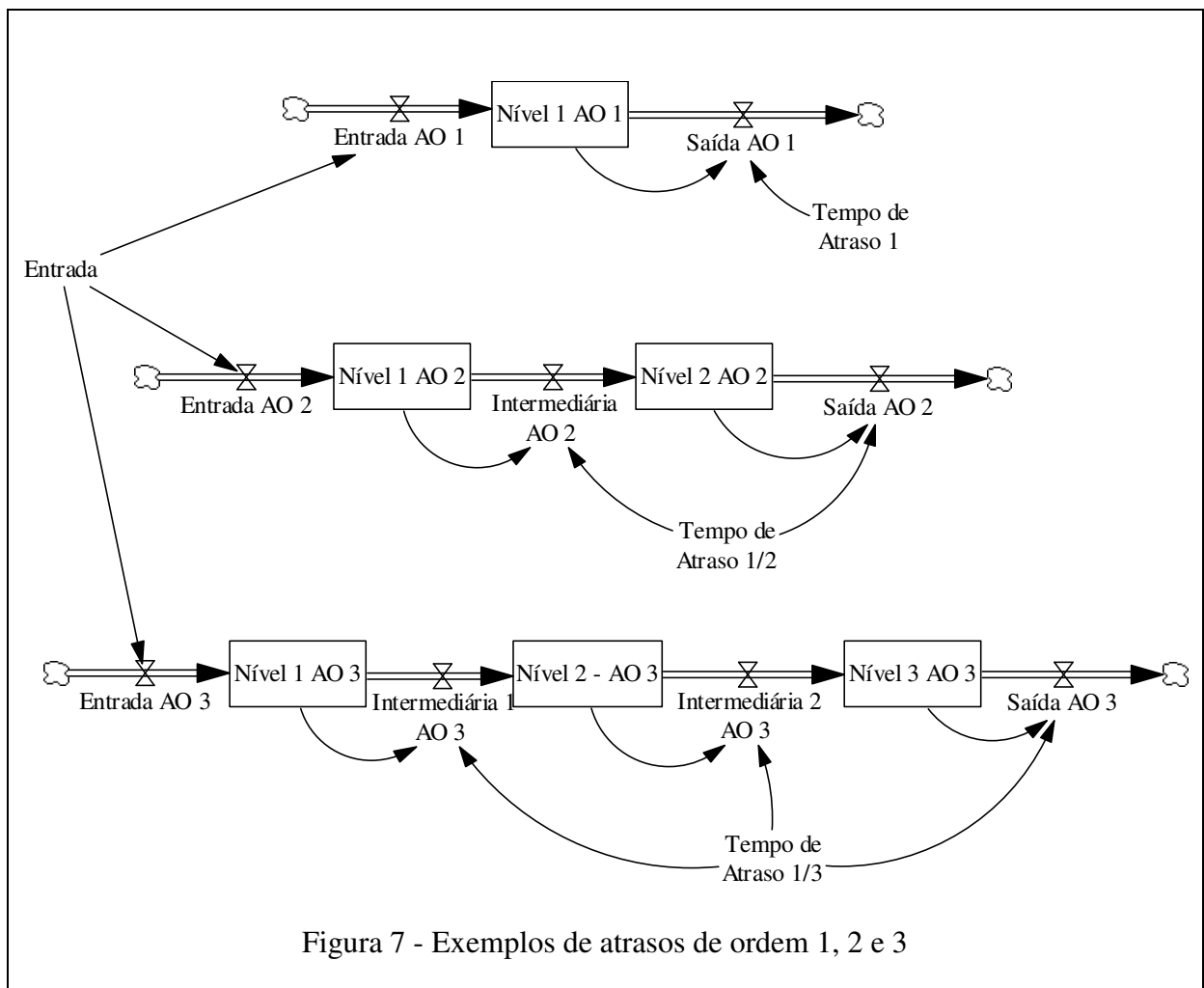
### **5.8.1 DEFINIÇÃO DE ATRASO**

Segundo Sterman (2000, página 411), um atraso é um processo em que a saída leva um intervalo de tempo para refletir a entrada. Um atraso pode ser material ou de informação.

No caso do atraso material observa-se a conservação do material que está se movendo pela estrutura que causa esse atraso. No caso de atraso de informação essa conservação pode não ocorrer pois uma informação pode ser perdida.

É interessante observar que um atraso sempre tem em sua estrutura um nível que armazena o material ou a informação que está em trânsito. Desta forma, os atrasos aumentam a ordem dos sistemas.

Os atrasos podem ser de diferentes ordens. Um atraso de ordem zero reflete exatamente o sinal gerado na sua entrada na saída, depois de decorrido o período de tempo de atraso. Atrasos de ordem superiores não refletem exatamente o sinal de entrada na saída depois do tempo de atraso, para melhor ilustrar o comportamento desses atrasos observe a Figura 7.



A parte superior do diagrama apresenta o diagrama de Forrester de um atraso de ordem 1; a parte intermediária do diagrama apresenta o diagrama de Forrester de um atraso de ordem 2; e a parte inferior o diagrama de Forrester de um atraso de ordem 3. Observe que o *Tempo de Atraso 1* é igual a 12 meses; o *Tempo de Atraso 1/2* é igual a 6 meses; e o *Tempo de Atraso 1/3* é igual a 4 meses; desta forma a três linhas tem o mesmo atraso total, mas com ordem diferente.

As equações referentes ao diagrama de Forrester apresentado na Figura 7 são apresentadas em conjunto na Tabela 4 - Equações do exemplo de atrasos Observe que as equações foram ordenadas de forma a representar as equações da linha superior (atraso de ordem 1), depois da linha média (atraso de ordem 2), depois da linha inferior (atraso de ordem 3); as quatro últimas equações são incluídas pelo próprio software de simulação e serão melhor exploradas no capítulo referente ao modelo.

Tabela 4 - Equações do exemplo de atrasos	
Entrada = 1000 + STEP( 1000, 10 ) Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-1
Entrada AO 1 = Entrada Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-2
Nível 1 AO 1= INTEG (Entrada AO 1-Saída AO 1, 12000) Unidade: Trecos	Equação 5-3
Saída AO 1 = Nível 1 AO 1/Tempo de Atraso 1 Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-4
Tempo de Atraso 1 = 12 Unidade: Mês	Equação 5-5
Entrada AO 2 = Entrada Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-6
Nível 1 AO 2= INTEG (Entrada AO 2-Intermediária AO 2, 6000) Unidade: Trecos	Equação 5-7

Tabela 4 - Equações do exemplo de atrasos	
Intermediária AO 2= Nível 1 AO 2/"Tempo de Atraso 1/2" Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-8
Nível 2 AO 2 = INTEG (Intermediária AO 2-Saída AO 2, 6000) Unidade: Trecos	Equação 5-9
Saída AO 2 = Nível 2 AO 2/"Tempo de Atraso 1/2" Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-10
"Tempo de Atraso 1/2" = 6 Unidade: Mês	Equação 5-11
Entrada AO 3 = Entrada Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-12
Nível 1 AO 3= INTEG (Entrada AO 3-Intermediária 1 AO 3, 4000) Unidade: Trecos	Equação 5-13
Intermediária 1 AO 3 = "Nível 1 AO 3"/"Tempo de Atraso 1/3" Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-14
"Nível 2 AO 3"= = INTEG (Intermediária 1 AO 3-Intermediária 2 AO 3, 4000) Unidade: Trecos	Equação 5-15
Intermediária 2 AO 3 = "Nível 2 – AO 3"/"Tempo de Atraso 1/3" Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-16
Nível 3 AO 3 = = INTEG (Intermediária 2 AO 3-Saída AO 3, 4000) Unidade: Trecos	Equação 5-17
Saída AO 3 = Nível 3 AO 3/"Tempo de Atraso 1/3" Unidade: Trecos/Mês	Equação 5-18
"Tempo de Atraso 1/3" = 4 Unidade: Mês	Equação 5-19
FINAL TIME = 100 Unidade: Month Instante de finalização da simulação.	Equação 5-20
INITIAL TIME = 0 Unidade: Month Instante inicial da simulação.	Equação 5-21



formas de se modelar a construção de obras civis (STERMAN, 2000.a, Capítulo 17) e atrasos de primeira ordem são boas de representações de processos em que a percepção da situação atual é uma função das informações disponíveis no momento, mas também leva em consideração as informações passadas (filtros de informação) e de se ajustar expectativas e previsões.



## **6. APRENDENDO COM TRABALHOS ANTERIORES**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

Durante o levantamento das referências bibliográficas foram encontrados dois trabalhos que tratam de modelos com vários conceitos relevantes para este estudo: a primeira, a dissertação de Raff que trata da dinâmica da indústria de navios-tanque (RAFF, 1960); e a segunda, que apresenta a proposta de um modelo geral do mercado de *commodities* (STERMAN, 2000.a, Capítulo 20). Adotando-se a idéia de STERMAN (1981), resolveu-se dedicar um capítulo inteiro deste trabalho ao estudo dessas duas referências.

### **6.2 ANÁLISE DO *DYNAMICS OF TANKSHIP INDUSTRY***

#### **6.2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Para a análise do trabalho de Raff foi desenvolvido um modelo computacional, com a pretensão inicial que ele reproduzisse o comportamento do modelo original. Foram mantidos todos os códigos das variáveis, números das equações e, tanto quanto possível, todos os aspectos do modelo original.. O Apêndice I apresenta esse modelo, sua descrição e sua documentação, até o ponto em que foi desenvolvido. Não se conseguiu tornar o modelo operacional, pela ocorrência de equações simultâneas<sup>23</sup> que precisam ser solucionadas. De qualquer forma, entende-se que a análise cumpriu seu principal objetivo, que era compreender o procedimento adotado pelo autor no desenvolvimento do modelo.

#### **6.2.2 DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO**

Na elaboração de um modelo de Dinâmica de Sistemas há a necessidade de se identificar os aspectos relevantes da realidade modelada e aqueles que podem ser excluídos

---

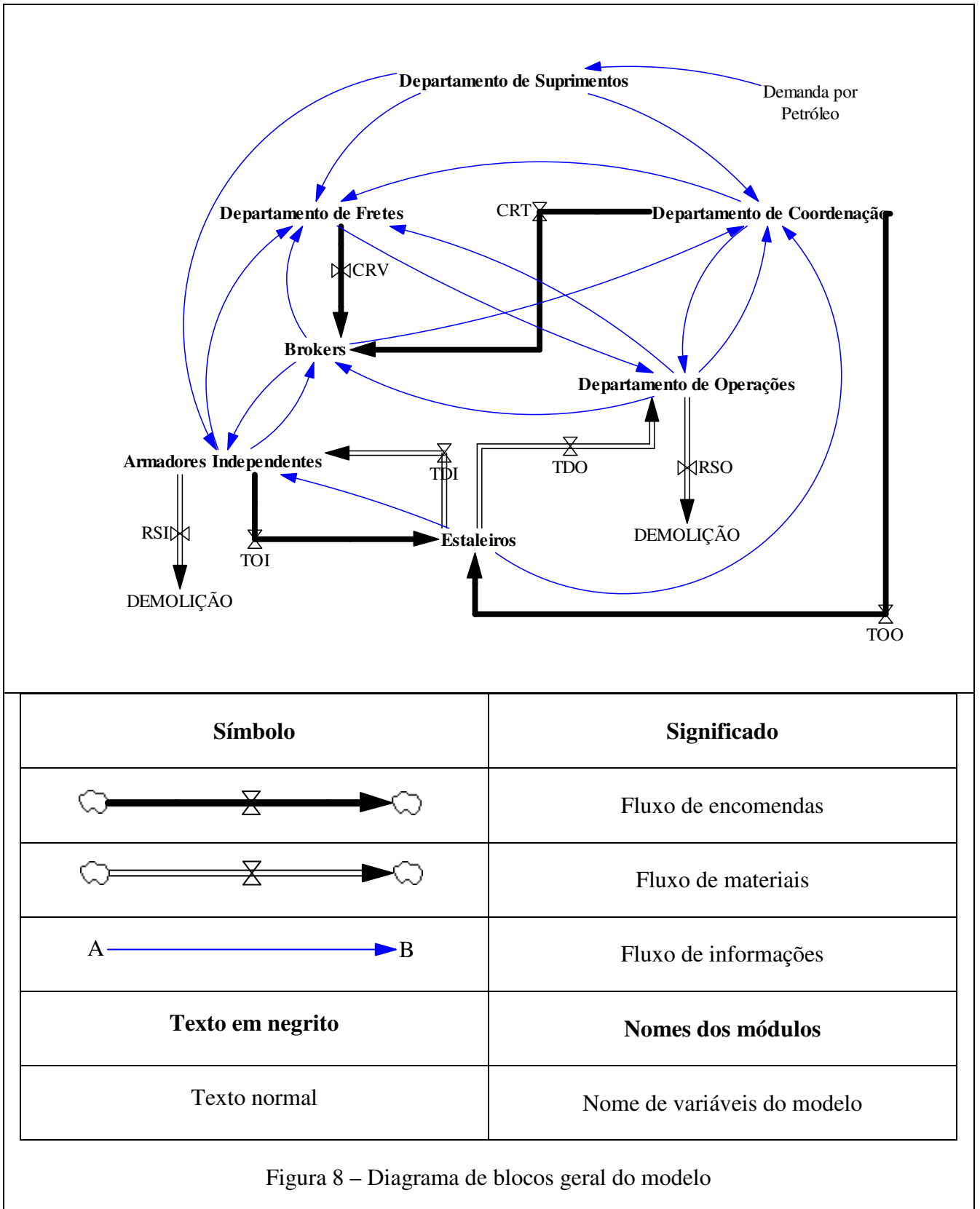
<sup>23</sup> Equações que tem dependência mútua e que precisam ser deslocadas no tempo para permitir o cálculo computacional.

sem prejudicar o entendimento do problema. No trabalho em análise, entendeu-se que os fluxos de materiais e mão-de-obra não eram fatores fundamentais e poderiam ser omitidos. Adicionalmente, os aspectos financeiros também foram omitidos, apesar de se reconhecer sua importância, uma vez que se observando toda a indústria, com a agregação de todas as firmas individuais, entendeu-se que tais considerações não eram as mais relevantes. Com essas simplificações, o sistema a ser simulado passou a consistir apenas de fluxos de bens de capital (os navios), fluxos de encomendas e fluxos de informações.

Outra simplificação adotada foi a exclusão das influências causadas pelas mudanças tecnológicas, pelo aumento do tamanho dos navios e pelas restrições governamentais, sugerindo-se que tais considerações sejam feitas *a posteriori*, mas que não se sentiu que tais fatores exerçam grande influência no comportamento da indústria em longo prazo. (RAFF, 1960).

Observe-se que esta opinião é diferente da defendida por STOPFORD (1997), já discutida no Capítulo 4 deste trabalho. Uma razão desta diferença de opiniões pode ter sido causada pela diferença de horizontes de tempo das duas análises: Raff adotou um horizonte de tempo de dez anos, já a análise de Stopford sugere um horizonte de tempo de cem anos.

A apresentação do modelo se inicia por um diagrama global para o sistema, que foi adaptado e reproduzido na Figura 8. Tal diagrama apresenta os sete módulos que compõe o modelo, os principais fluxos de informações, os fluxos de encomendas e os fluxos de bens de capital (navios-tanque).



Os módulos são representados pelas palavras em negrito; os fluxos de informação são representados por linhas contínuas azuis; os fluxos de encomendas são representados por vazões com as linhas cheias na cor preta, e os fluxos de bens de capital são representados por vazões com as linhas duplas. As vazões são indicadas por pequenos símbolos de válvulas. Para maior clareza, ressalta-se que as vazões entre os módulos na realidade representam vazões entre variáveis existentes em modelos distintos (RAFF, 1960). A entrada externa para o modelo é a demanda de curto prazo por petróleo, mostrada na parte superior direita da figura. Tal demanda é passada para o Departamento de Suprimento das Companhias de Petróleo que devem verificar se as muitas refinarias e consumidores estão adequadamente atendidos. O Departamento de Suprimento, traduz esta demanda por petróleo em demanda por transporte de petróleo. Adicionalmente, ele também estabelece previsões como a da futura demanda por petróleo.

O Departamento de Fretes da Divisão Marítima da Companhia de Petróleo recebe a demanda por navios-tanque e decide sob uma taxa de afretamento por *voyage charter* para atender esta demanda de curto-prazo (CRV).

O Departamento de Operações da Divisão Marítima da Companhia de Petróleo é responsável pela manutenção da frota própria da companhia de petróleo. Desta forma, ele recebe os navios dos estaleiros (TDO) e descarta navios para a demolição (RSO).

Os armadores independentes, não só tomam conta da frota mercante independente, mas também geram as principais decisões deste segmento da indústria. Os armadores também fazem encomendas aos estaleiros para novas construções (TOI), recebe novos navios (TDI) e descarta navios para a demolição (RSI).

O setor de *brokers* de navios-tanque recebe as encomendas tanto para *voyage charter* (afretamento por viagem) (CRV) quanto *time charter* (afretamento por tempo) (CRT). Quando tais afretamentos ocorrem, os navios são transferidos a uma taxa apropriada. Os

*brokers* também determinam a taxa de frete por viagem e sua taxa de variação aparente, o que gera a previsão da taxa de frete de longo prazo.

O Departamento de Coordenação da Companhia de Navegação da Companhia de Petróleo gera as mais importantes políticas e decisões naquela parte da indústria. Ela determina a taxa de novas construções (TDO), e a taxa de demolição de navios (RSO). A taxa de afretamento por tempo (CRT) é decidida neste ponto, sendo baseada em considerações políticas de longo-prazo.

O último setor, os estaleiros, recebe novas encomendas de construção e procedem para gerar entregas de navios-tanque tanto para os armadores independentes (TDI) quando para os Departamentos de Operação das Companhias de Navegação das Companhias de Petróleo (TDO).

### **6.2.3 CONCLUSÃO DA ANÁLISE DO MODELO DE RAFF**

Nesta análise foram retiradas lições interessantes. Algumas delas básicas, outras mais sofisticadas. A primeira delas confirma a máxima de que um modelo deve ser desenvolvido de maneira gradual; isto se mostrou verdadeiro mesmo tentando se reproduzir um trabalho já realizado e avaliado por pessoas de mais alto nível.

A segunda lição importante foi a adoção de um navio de referência como um meio para equalizar a oferta à demanda, que é descrito com detalhes no Apêndice I. A adoção do navio de referência, com velocidade fixa, não permite que se capture a variação da oferta de transporte marítimo que resulta da variação de velocidade de operação da frota, o que pode resultar em uma variação apreciável da capacidade de transporte marítimo.

A terceira lição foi a separação da frota em duas partes: a primeira pertencente às companhias de petróleo, e a segunda pertencente aos armadores independentes. Ao longo do desenvolvimento do modelo observa-se que as leis que regem as duas frotas são similares, elas trocam informações, encomendam e sucata navios da mesma forma, e estão sujeitas às

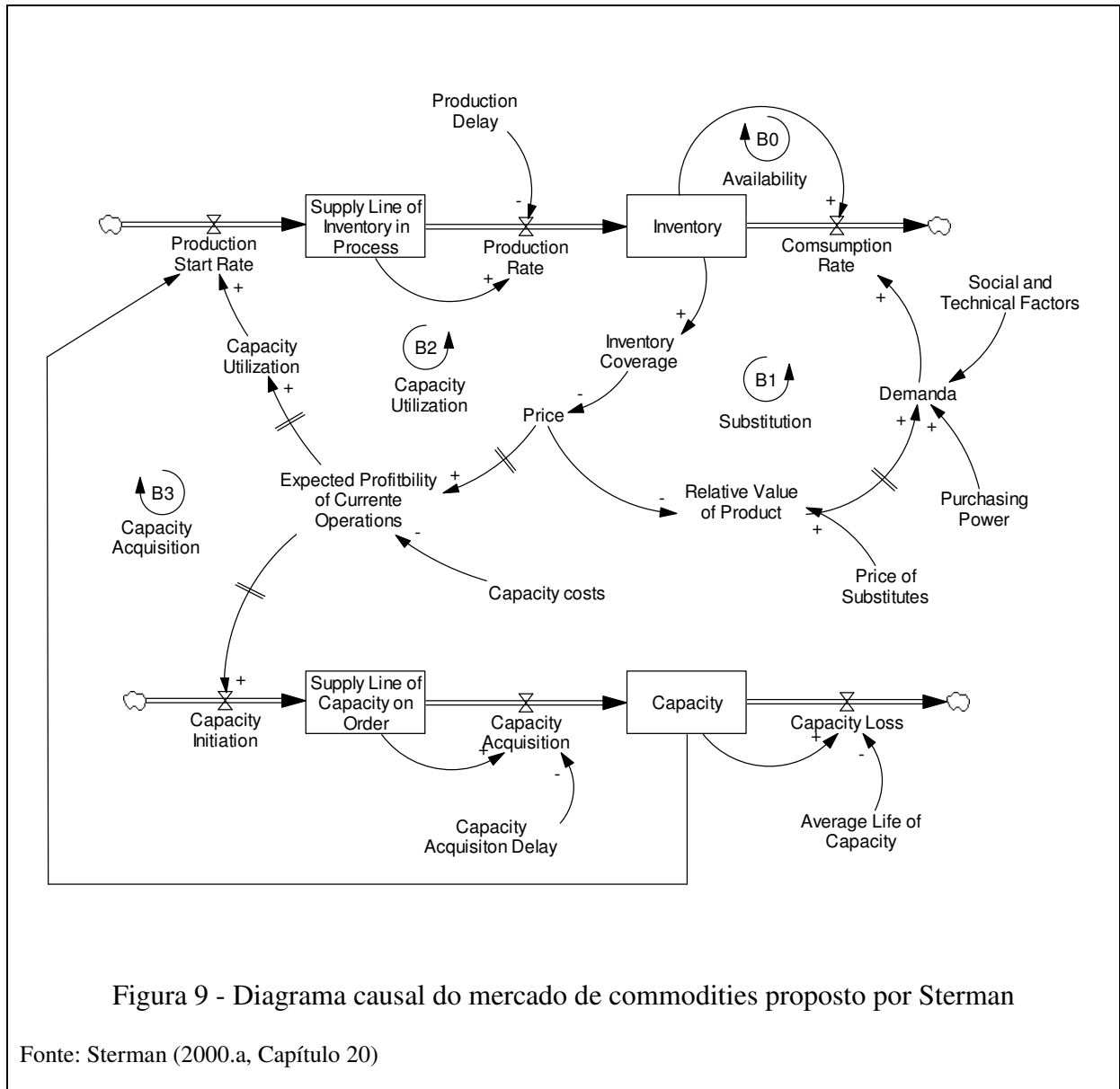
mesmas leis de mercado. Na realidade essa desagregação tenta modelar os diferentes tipos de afretamento que existem: o afretamento de navios da própria companhia, os afretamentos por tempo (*time charter*) e os afretamentos por viagem (*voyage charter*).

A quarta lição mostra como é difícil modelar os aspectos comportamentais que norteiam os tomadores de decisão. As decisões no modelo são tomadas única e exclusivamente com base matemática e fundamentadas em previsões de demanda e de disponibilidade de navios.

Pelo que se pode concluir desta análise entende-se que a indústria de navios-tanque é uma prestadora de serviços, o transporte de petróleo. Em certos momentos, sua capacidade é completamente tomada e os armadores ficam otimistas e encomendam navios, que são entregues em torno de dois anos depois. Quando os navios são entregues, as condições onde as encomendas foram feitas não mais perduram e há uma super capacidade, que faz com que as taxas de frete caiam. Quando as taxas de frete caem há uma maior tendência de reduzir a velocidade, desativar, e, mesmo, sucatar navios. Conforme essas decisões vão sendo tomadas, é recuperado o equilíbrio entre oferta e demanda e a taxa de frete volta a subir, fazendo com que o ciclo se repita.

### **6.3 ANÁLISE DO MODELO GERAL DO MERCADO DE *COMMODITIES***

Sterman (2000, Capítulo 20) introduz o modelo geral do mercado de *commodities*. Neste modelo, o autor pretende representar um comportamento genérico observado em mercados em que o preço atua como um elemento de equilíbrio entre a oferta e a demanda. O diagrama causal do modelo proposto é apresentado na Figura 9 - Diagrama causal do mercado de *commodities* proposto por Sterman, adaptada de Sterman (2000.a, Capítulo 20). Para facilitar a comparação com o livro os termos do diagrama foram mantidos em inglês.



A Figura 9 mostra as três malhas responsáveis pelo equilíbrio entre a oferta e a demanda: a malha B1, que captura a dinâmica de substituição de um bem; a malha B2, que captura a alteração de utilização da capacidade de produção; e a malha B3, que captura o aumento de capacidade de produção.

Do lado da demanda, pode-se dizer que a procura por qualquer bem depende do seu preço relativamente a seus substitutos, do número e do poder de compra dos consumidores, e de fatores técnicos e sociais não relativos ao preço (tais como tendências, etc.).

Preços altos reduzem o valor relativo do bem, levando a demanda a diminuir, por meio da malha B1. O processo de substituição, freqüentemente, envolve longos atrasos; por exemplo: a resposta à demanda por petróleo é muito lenta devido ao grande período de vida dos bens de capital que consomem petróleo, tais como carros e navios.

A queda do poder de compra dos consumidores leva a uma redução na demanda; por exemplo: um aumento na alíquota do imposto de renda leva a uma menor disponibilidade de recursos por parte dos consumidores, que terão que reavaliar a melhor utilização para a menor quantidade de recursos financeiros disponíveis.

Da mesma forma, os fatores sociais e tecnológicos afetam a procura por um bem; por exemplo: a conscientização do aquecimento global está gerando uma grande procura por fontes alternativas de energia, com o desenvolvimento de novas tecnologias, e isto, com um atraso considerável, deverá reduzir o consumo por petróleo.

Do lado da oferta, preços mais altos levam a uma maior utilização da capacidade existente (malha B2). Se os preços altos persistem por um período de tempo considerável, a capacidade será expandida aumentando a produção por meio da malha B3. Apesar de tanto a utilização quanto a capacidade responderem ao preço, essas decisões diferem de forma importante. A decisão relativa à utilização responde à expectativa de lucro na operação corrente. A previsão de lucratividade da operação depende de seus custos variáveis de operação e do preço que os produtores esperam obter quando a produção iniciada hoje estiver disponível para venda. Por outro lado, a rentabilidade esperada dos novos investimentos depende dos custos totais (fixos e variáveis) da nova capacidade, e da previsão dos investidores no comportamento dos preços no longo prazo e da atratividade dos demais setores do mercado. Os preços de longo e curto prazo podem diferir, gerando diferentes expectativas no curto e no longo prazo.



O preço atual de um bem depende do balanço entre a oferta e a demanda. A oferta no momento é o estoque disponível. A demanda é representada pela taxa de compra. Os preços tendem a subir quando a razão entre a oferta e a demanda cai, e vice-versa. Os preços também são influenciados por outros fatores, não representados no modelo, tais como: custos de armazenamento, risco de pilhagem ou obsolescência, nível de competitividade no mercado, crenças sobre os custos dos substitutos, etc.

Observe-se também a malha de equilíbrio *Availability* (B0), que limita o consumo sempre que o estoque é inadequado. Em muitos mercados preço, demanda e produção usualmente se ajustam com suficiente rapidez para prevenir a falta de abastecimento. Mas os mercados não se guiam somente pelo preço. A disponibilidade freqüentemente exerce um papel importante no balanço entre produção e consumo. A escassez ocorre quando há aumento dos atrasos na entrega, ou simplesmente há falta de estoques. A disponibilidade também tem uma função chave nos mercados por produtos diferenciados onde os preços se ajustam lentamente (tais como no mercado imobiliário ou nos aviões comerciais) ou onde normas sociais limitam o aumento dos preços quando a oferta está pequena. Mesmo nos mercados de *commodities* em que os preços normalmente se ajustam rapidamente, condições extremas, tais como controle de preços ou uma corrida pelo bem pode superar os efeitos do aumento do preço e levar a um desabastecimento.

As malhas de Substituição (*Substitution*), Utilização (*Utilization*) e Aquisição de Capacidade (*Capacity Acquisition*) envolvem atrasos de vários tipos e, por esta razão, podem gerar instabilidade e oscilação. Se os atrasos de produção são suficientemente longos, podem surgir oscilações enquanto a utilização da capacidade se ajusta em resposta à mudança nos preços. Os atrasos na malha de aquisição de capacidade são muito mais longos e podem produzir ciclos ainda maiores. As duas malhas do lado da oferta incluem atrasos físicos (a aquisição de capacidade e o tempo de produção) e atrasos de informação, percepção e tomada

de decisão. Sterman conclui afirmando: “*The invisible hand sometimes shakes*” (referindo-se à metáfora da mão invisível de Adam Smith).

## 7. MODELO DINÂMICO

### 7.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será discutido o modelo dinâmico. Primeiro será apresentado o *software* de simulação, de maneira sucinta; em seguida, seguindo-se o roteiro proposto por Sterman (2000, páginas 85 e 86), serão apresentados os modos de referência, a hipótese dinâmica, o diagrama causal do sistema; e os diagramas de Forrester de cada uma das partes do modelo.

### 7.2 SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

Para a elaboração dos diagramas representados, execução da simulação, obtenção dos gráficos que apresentam os resultados, e a documentação do modelo foi usado o software VENSIM® Standard para Windows, versão 5.5d, desenvolvido por Ventana Systems Inc, adquirido pelo Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da USP. Uma versão educacional do software pode ser encontrada no *site* da *Ventana Systems*, no endereço eletrônico: <<http://www.vensim.com>>.

As equações do sistema foram retiradas da facilidade de documentação do próprio VENSIM, com o propósito de se garantir a consistência entre a documentação e o modelo base. Desta forma, são apresentadas na notação do *software*, que de maneira geral é auto-explicativa. Apenas como uma breve orientação inicial, o *software* apresenta suas equações da seguinte forma:

- A primeira informação apresentada é o nome da variável;
- A segunda informação apresentada é a equação que define o valor da variável, o que inclui algumas equações especiais como MAX (máximo), MIN (mínimo), IF-THEN-ELSE (indica controle de fluxo de execução); DELAY (atraso); e as INTEGERS, que representam as integrais das vazões que estão conectadas à variável em questão. As equações da integral possuem um

número ao seu final que representa as condições iniciais da variável que está sendo integrada.

Caso se detecte qualquer dificuldade com a notação, sugere-se a consulta ao manual do usuário do VENSIM PLE, que está disponível no mesmo endereço do software.

### **7.3 MODO DE REFERÊNCIA**

#### **7.3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A essência da definição de um problema é estabelecida pelo seu modo de referência. Segundo STERMAN (2000, página 90), os modelistas devem caracterizar o problema dinamicamente, ou seja, definindo um padrão de comportamento, que se torna conhecido ao longo do tempo e que destaca como o problema surgiu e como pode evoluir no futuro. Um modo de referência é, literalmente, um conjunto de gráficos e outros dados descritivos que mostram o desenvolvimento do problema ao longo do tempo.

Os modos de referência, são assim chamados pois há referência a eles ao longo de todo o processo de modelagem, o que auxilia ao modelista e seus clientes a quebrar a visão normal do mundo, linear e de curto prazo, que é verificada na maioria das pessoas. Para fazer isso é necessário que se defina o horizonte de tempo, as variáveis e conceitos que se consideram importantes para a compreensão do problema.

O horizonte de tempo deve se estender de um ponto no passado que mostre como o problema surgiu e descreva seus sintomas até um ponto no futuro suficientemente distante para capturar os atrasos e os efeitos indiretos das políticas potenciais. Um horizonte de tempo extenso é um antídoto contra a visão orientada a eventos e permite capturar os efeitos de muitas estruturas de realimentação. (STERMAN, 2000, página 90)

### 7.3.2 DEFINIÇÃO DO MODO DE REFERÊNCIA

Entende-se que o ideal seria a obtenção de dados brutos sobre a indústria para se chegar ao Modo de Referência; entretanto, após intensa busca desses dados, observou-se que dados confiáveis e consistentes só podem ser obtidos a custo elevado, da ordem de £ 5.000, e não puderam ser acessados. As fontes gratuitas disponíveis na Internet fornecem dados de forma setORIZADA, às vezes inconsistentes e cobrem horizontes de tempo inadequados. Isto confirma que as estatísticas existentes sobre a indústria marítima mundial não são das mais confiáveis (Stopford, 1997).

Pode-se depreender dessa busca que o atraso de informação e percepção para a tomada de decisão dos armadores é influenciado por este padrão de estatísticas, o que pode indicar que esta é uma das razões desse mercado ser compreendido de maneira tão pouco clara pelas pessoas que não vivem seu dia a dia.

Sterman (2000, página 160) afirma que não há a necessidade de dados quantitativos para a captura do modo de referência. Nesta situação, sugere pode-se utilizar uma estimativa baseada na descrição do comportamento das variáveis e outras informações qualitativas disponíveis. As escalas e a ordem de grandeza devem ser disponibilizadas quando possível. Adotando-se essa linha de ação, será usado como modo de referência um conjunto de cinco gráficos disponibilizados pelo próprio Stopford (1997). Os gráficos relativos ao comportamento da taxa de frete cobrem o período de 1947 a 1996, e são apresentados na Figura 10 e na Figura 11.

a Dry cargo time charter rates

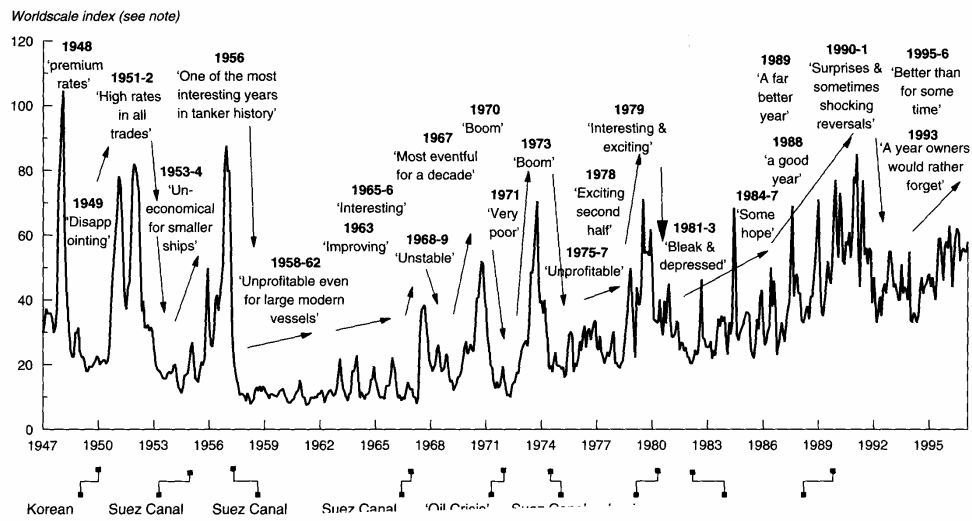
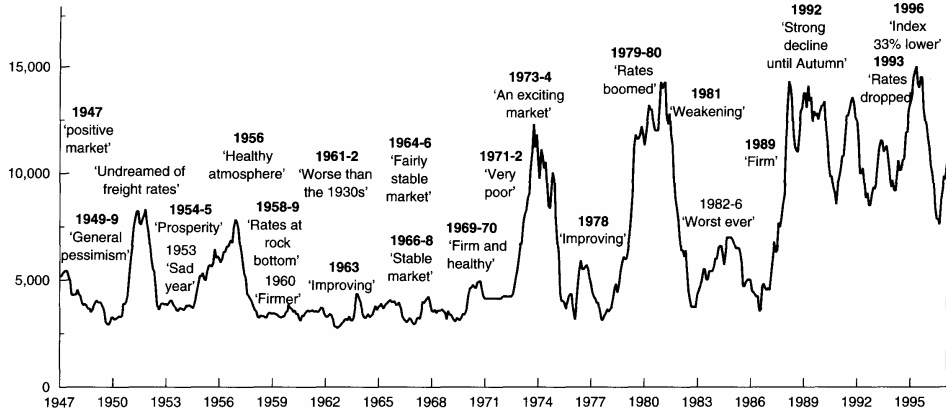


Figura 10 - Taxas de frete de granel sólido (time charter)

Fonte: Stopford (1997, página 58)

\$ per day 1 year T/C



b Tanker single voyage rates

FIGURE 2.7 Freight rates 1947-97

Source: Compiled by Martin Stopford from various sources

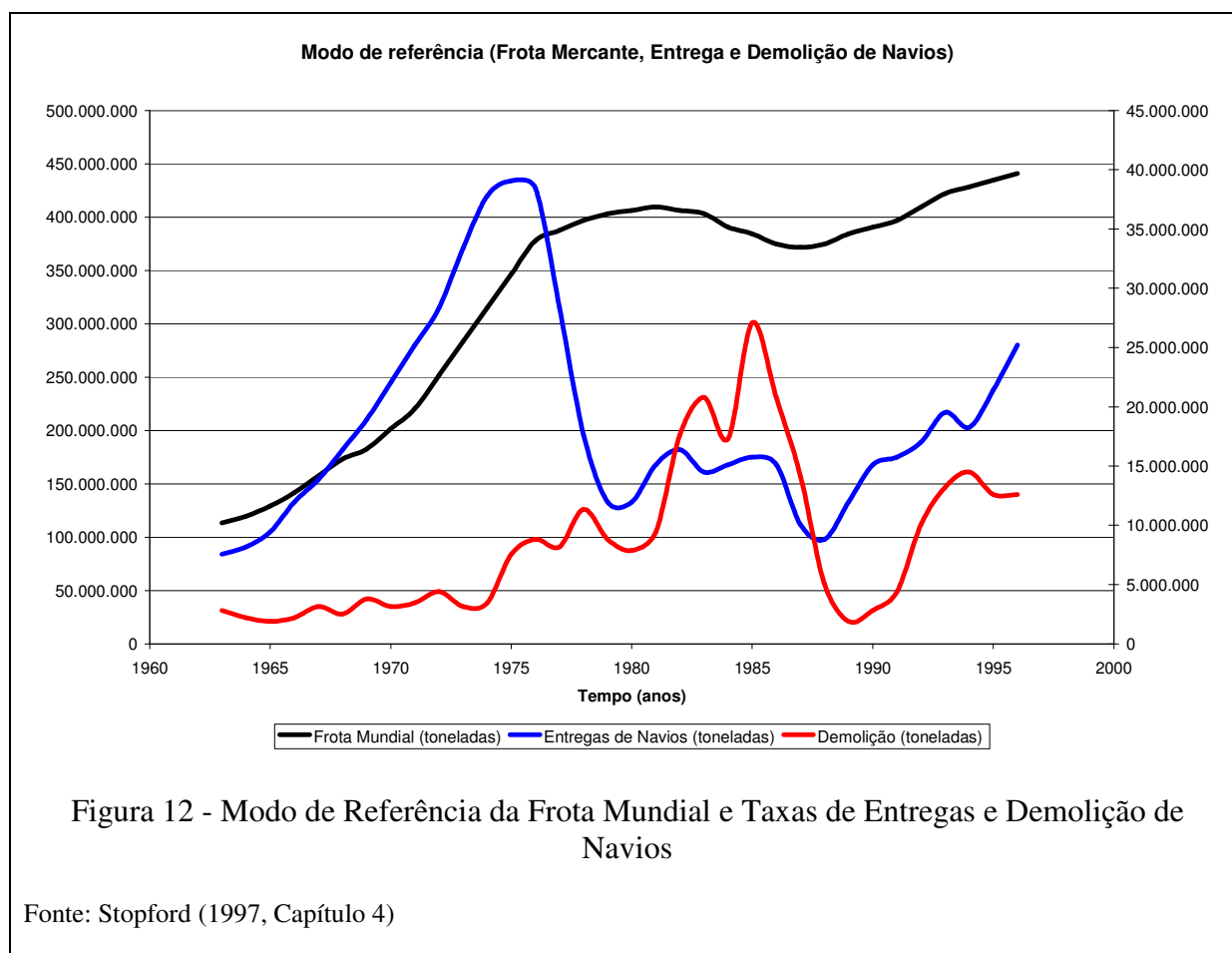
Note: In order to produce the long time-series of tanker freight rates shown in this figure, it was necessary to combine several different series of data. The first was an MCT index covering the period 1947-49; the second was an INTASCALE index, running from 1949-69; and the third was a Worldscale index of a VLCC trading AG/West. The earlier indices were used to extrapolate the W/S index back to 1947. Although the graph provides an accurate account of year-to-year movements in freight rates, it does not necessarily accurately reflect movements in rates over long periods.

To produce the long time-series of dry cargo freight rates shown in this figure, it was necessary to combine three series. A monthly dry cargo index 1947=100, covering the period 1947 to 1959; a monthly index 1966=100, running from 1959 to 1975; and a one-year T/C rate for a 60/65,000 dwt bulk carrier. The indices were used to extrapolate the one-year T/C rates back to 1947. Although the graph provides an accurate account of year-to-year movements in freight rates, it does not necessarily accurately reflect movements in rates over long periods.

Figura 11 - Taxa de frete de navios-tanque (voyage charter)

Fonte: Stopford (1997, página 57)

Outros três dados são considerados fundamentais para se verificar o comportamento do sistema em estudo: a frota mundial; a entrega de navios pelos estaleiros; e a demolição de navios. Para a obtenção de tais informações recorreu-se aos gráficos apresentados por Stopford (1997, páginas 130, 136 e 137). Os dados originais são apresentados em toneladas de porte bruto, os dados apresentados na Figura 12 já foram convertidos para toneladas de capacidade de carga. O fator de conversão adotado foi de 1 tpb = 0,63 toneladas de capacidade de carga, como pode ser inferido a partir dos dados apresentados pela OECD (OECD 2006).



### 7.3.3 HORIZONTE DE TEMPO

Os dados apresentados no item anterior permitem uma comparação entre os resultados obtidos pelo modelo e os dados reais no período compreendido entre 1963 e 1996 (33 anos).

Entretanto, Stopford (1997, páginas 60 e 123) permite que tenha dados do comércio marítimo mundial no período compreendido entre 1949 a 1996, o que aumenta o período disponível para simulação para 47 anos. Além dos dados disponíveis, o período compreendido entre 1949 e 1996 é bem conveniente uma vez que: não compreende nenhuma das guerras mundiais, períodos atípicos pelas próprias características impostas pelo esforço de guerra; inclui períodos de grande prosperidade, década de 1960 até 1973 e período posterior a 1984; e inclui períodos de crises econômicas, como por exemplo a crise de 1958, a crise do petróleo no final de 1973, e a depressão econômica do início da década de 1980. Esse período gera uma variedade de situações muito interessantes para se observar o comportamento do modelo.

## **7.4 HIPÓTESE DINÂMICA**

### **7.4.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Estando o problema identificado e caracterizado ao longo de um horizonte de tempo adequado, deve-se desenvolver uma teoria, chamada de *hipótese dinâmica*, para formar uma opinião sobre o comportamento observado.

Tal hipótese é dinâmica porque ela deve fornecer uma explicação da caracterização dinâmica do problema em termos de causa e efeito, destacando as características de realimentação e a estrutura de níveis e vazões do sistema. É uma hipótese pois é temporária, sujeita a revisões e pode vir a ser abandonada conforme se obtém conhecimento do mundo real por meio do processo de modelagem.

A hipótese dinâmica é uma tese de como o problema começou. Ela guia os esforços de modelagem focando os esforços do modelista em certas estruturas. Grande parte do restante do esforço de modelagem auxilia no teste dessas hipóteses, tanto por meio do modelo de simulação quanto por experimentos e coleta de dados do mundo real.



#### 7.4.2 DESCRIÇÃO DA HIPÓTESE DINÂMICA

Entende-se que a causa essencial da oscilação é o desencontro no tempo entre a demanda por transporte marítimo e sua oferta. Isto faz com que ora haja escassez, ora haja excesso de oferta de transporte. Tal desencontro no tempo é causado pela diferença entre os tempos de reação diferentes para os dois lados da indústria, o da oferta e o da demanda. De um lado encontra-se a demanda volátil, do outro um mercado com dificuldade de variar sua oferta e pouco disposto a fazer isso, pelo grande comprometimento de bens de capital.

Quando há escassez, as taxas de frete sobem, o que melhora a perspectiva de lucro dos armadores no longo prazo. Essa melhora torna a perspectiva de retorno de investimento no longo prazo atrativa. Essa perspectiva de longo prazo positiva faz com que os armadores encomendem navios e que novos atores se interessem pelo mercado. Esses navios encomendados demoram um determinado período de tempo para estarem disponíveis. Além de decisões equivocadas, causadas pela confusão das informações, observa-se nessa fase a ocorrência de um efeito “manada”, descrito por Hampton, apud STOPFORD (1997, página 42), que parece gerar uma encomenda superior a necessidade real.

Quando os navios são entregues, observa-se um excesso de capacidade que faz com que as taxas de frete caiam até patamares próximos ao custo operacional. Essa queda das taxas de frete leva uma perspectiva desfavorável no longo prazo. O armador reage reduzindo a velocidade dos navios (redução de custos variáveis) e desativando os menos eficientes (redução de custos fixos). Com o passar do tempo, o armador se vê na necessidade de se desfazer de seu patrimônio para equilibrar o fluxo de caixa e passa a vender navios. Nessa atividade, de maneira geral há uma relutância devido ao efeito âncora<sup>24</sup> (VARIAN, 2006, capítulo 30). Como há mais vendedores do que compradores no mercado, os preços dos

---

<sup>24</sup> O efeito “âncora” ocorre quando se verifica uma tendência em tomar decisões futuras baseado em resultados passados. Desta forma, o armador não quer se desfazer do patrimônio (os navios) em situação desvantajosa, perdendo dinheiro, mesmo que essa seja a melhor opção do momento.

navios de segunda mão caem até os níveis do mercado de demolição. Os navios demolidos reduzem a frota e, conseqüentemente, a oferta de transporte marítimo, o que equilibra a oferta com a demanda.

O novo equilíbrio entre a oferta e a demanda acarreta em um aumento das taxas de frete. Esse aumento das taxas de frete leva a uma melhora na perspectiva no longo prazo, levando os armadores a ficarem otimistas. No início há uma certa relutância, observa-se novamente o efeito âncora, mas com o passar do tempo esse otimismo se acentua. Há o reinício das encomendas, reiniciando o ciclo.

## 7.5 DIAGRAMA CAUSAL

A Figura 13 apresenta o diagrama causal contendo os elementos essenciais ao entendimento da dinâmica da indústria marítima mundial. Observe-se que nesse diagrama são representadas duas malhas, ambas de equilíbrio: a da esquerda é a malha que altera a capacidade de transporte marítimo; a da direita é a malha que altera sua utilização.

Do lado direito do diagrama (variáveis na cor verde) é representada a demanda por transporte marítimo. Essa demanda é função da carga a ser transportada e da distância média das viagens. A distância média das viagens é influenciada por fatores políticos e pela globalização. Stopford (1997, Capítulo 1), comenta sobre o “*far west*” da indústria marítima mundial. Esse “*far west*” é como é chamado o movimento feito pela predominância dos mercados ao longo da história. Primeiro, o comércio se restringia ao mar Mediterrâneo; depois se deslocou para a costa da Europa e da África; posteriormente, para as Américas; e, a partir da segunda metade do século XX tem se sentido os efeitos da globalização para o Oriente (Japão, Coréia e China).



A taxa de frete (variável na cor preta) funciona como elemento de equilíbrio entre a demanda e a oferta por transporte marítimo. Quando a oferta é maior do que a demanda, a taxa de frete cai; por outro lado, quando a demanda é maior que a oferta, a taxa de frete sobe.

As variáveis no centro do diagrama (cor vermelha) representam os elementos de decisão dos armadores. Compõem-se da expectativa de lucratividade no curto prazo, da expectativa de lucratividade no longo prazo, e da previsão de demanda.

No curto prazo, as taxas de frete combinadas com os custos variáveis dos armadores, podem gerar uma expectativa positiva das operações, levando a um aumento da utilização da frota, neste trabalho representada apenas pelo aumento da velocidade de operação dos navios, ou a uma expectativa negativa, o que leva a uma redução dessa velocidade.

No longo prazo, as taxas de frete combinadas com os custos totais dos armadores e sua expectativa de retorno de investimento também geram uma expectativa. Quando esta expectativa é positiva, há uma maior atratividade pelo aumento de capacidade, por meio da encomenda de novos navios; por outro lado, quando essa expectativa é negativa, há uma tendência de reduzir essa capacidade.

Outro elemento utilizado para avaliar a necessidade de alteração de capacidade foi a previsão de demanda. Quando a previsão é de que a demanda cresça, há uma tendência de se aumentar a capacidade, quando há uma previsão que ela diminua, a tendência é de que se reduza a capacidade.

O lado esquerdo do diagrama (variáveis na cor vinho) apresenta o fluxo material da encomenda por novos navios (acréscimo de capacidade). As encomendas por novos navios geram um aumento da carteira de encomendas e dos navios em construção (aqui agrupados por razões de simplicidade). Há um intervalo de tempo apreciável entre um armador desejar comprar um navio e ele ser encomendado; nesse período são contatados os estaleiros, feitas as especificações, discutidos aspectos comerciais, etc. Uma vez os navios encomendados eles

podem ter iniciada imediatamente sua construção ou ter que ficar aguardando uma fila em função da saturação dos estaleiros.

Após o início da construção, decorre um período de tempo até que o navio seja entregue; esta dinâmica é capturada pelo tempo médio de construção dos navios. Esse tempo médio será variável, com o propósito de capturar a dinâmica de aumento e redução da capacidade de produção dos estaleiros.

Uma vez pronto, o navio é entregue ao armador e passa a integrar a frota mercante. Nesse momento ele passa a contribuir para a capacidade de transporte marítimo. Decorrido um certo período de tempo os navios ficam desatualizados, obsoletos e com manutenção muito dispendiosa. Esse período de tempo define o tempo médio de vida dos navios. Quando o navio se deteriora a um certo ponto ele é vendido para o mercado de sucata, quando é demolido. Esta dinâmica é capturada pelo tempo médio de vida dos navios e pela taxa de demolição.

## **7.6 DIAGRAMAS DE FORRESTER**

Para maior estruturação e clareza o modelo foi separado em nove partes: Mercado de frete; Decisão de utilização; Financeiro dos armadores; Cálculo da Taxa de Frete; Parâmetros de Decisão de Capacidade; Aquisição de navios; Decisão de Capacidade; Capacidade dos Estaleiros; e Modos de Referência. O próprio *software* inclui um grupo adicional, chamado de grupo de controle, que apresenta os parâmetros de controle da simulação. Por questões de documentação e estruturação do trabalho o grupo de controle foi incluído nesta seção do trabalho.

Nos próximos itens será feita uma descrição de cada uma dessas partes do modelo com a descrição de sua dinâmica e suas equações. Essas equações foram obtidas a partir da facilidade de documentação do próprio VENSIM; tanto quanto possível, foi mantida a forma original disponibilizada pelo *software*.

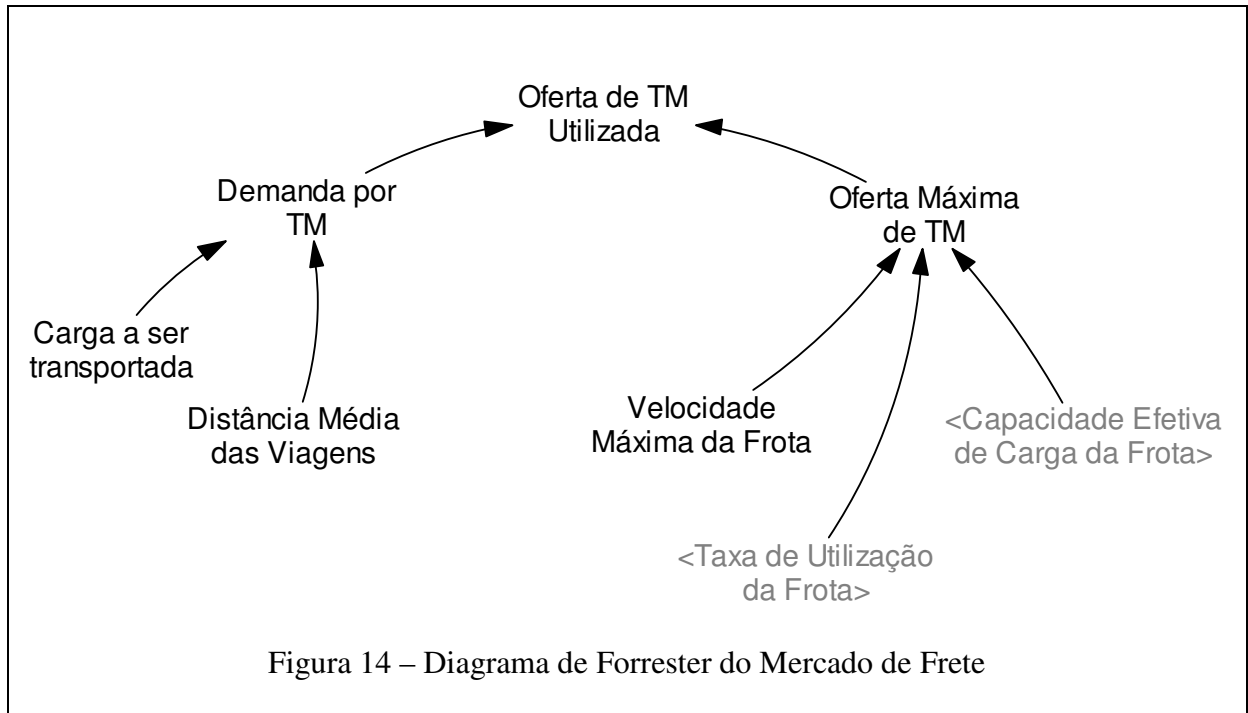
### 7.6.1 GRUPO DE CONTROLE

Uma vez que este grupo, chamado pelo VENSIM de “.control” não possui nenhuma lógica em particular, serão apresentadas somente suas equações, que podem ser vistas na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de Controle da Simulação	
FINAL TIME = 1996 Unidade: Year Instante final da simulação.	Equação 7-1
INITIAL TIME = 1949 Unidade: Year Instante inicial da simulação.	Equação 7-2
SAVEPER = TIME STEP Unidade: Year [0,?] Frequência de armazenamento dos resultados.	Equação 7-3
TIME STEP = 0.0078125 Unidade: Year [0,?] Intervalo de integração da simulação.	Equação 7-4

### 7.6.2 MERCADO DE FRETE

O diagrama de Forrester relativo ao Mercado de Frete é apresentado na Figura 14. Esse diagrama representa como a oferta e a demanda por de transporte marítimo se relacionam. As equações relativas ao Mercado de Frete estão apresentadas na Tabela 6 - Equações do Mercado de Frete.



A *Demanda por Transporte Marítimo* é definida como o produto entre a *Carga a ser Transportada* e a *Distância Média das Viagens*. A *Carga a ser Transportada* e a *Distância Média das Viagens* são variáveis exógenas obtidas a partir de uma planilha em MS-Excel. A relação entre o aumento da *Distância Média das Viagens* como uma função do aumento da *Carga a ser Transportada*, o efeito *far west*, foi modelada na própria planilha.

A *Oferta de Transporte Marítimo Utilizada* é uma função da *Demanda por Transporte Marítimo* e da *Oferta Máxima de Transporte Marítimo*, adotando o menor valor entre as duas variáveis. Isto impõe uma simplificação: quando a demanda por transporte marítimo supera a oferta máxima o volume de negócios excedente ou é transportado por outro meio ou é perdido. Tal simplificação parece razoável, à medida que espelha uma situação limite que pode ocorrer na realidade.

A *Oferta Máxima de Transporte Marítimo* é uma função do produto de três variáveis: a *Velocidade Máxima da Frota*, que representa a maior velocidade que os navios podem navegar; a *Taxa de Utilização da Frota*; e a *Capacidade Efetiva de Carga da Frota*. As duas

últimas variáveis serão discutidas com mais detalhes quando se tratar da Decisão de Utilização.

As definições das variáveis são apresentadas em seus comentários. Nas equações são usadas variáveis de outros grupos, que eventualmente ainda não foram apresentadas. Sua definição consta no seu grupo na equação que a define.

Tabela 6 - Equações do Mercado de Frete	
Carga a ser transportada = = GET XLS DATA('modos de referencia.xls', 'Demanda por TM' , 'A' , 'B2') Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-5
Demanda por TM = = Carga a ser transportada * Distância Média das Viagens Unidade: Toneladas*Milhas/Ano	Equação 7-6
Distância Média das Viagens = = GET XLS DATA('modos de referencia.xls', 'Demanda por TM' , 'A' , 'C2' ) Unidade: Milhas	Equação 7-7
Oferta de TM Utilizada = = MIN(Demanda por TM, Oferta Máxima de TM) Unidade: Toneladas*Milhas/Ano	Equação 7-8
Oferta Máxima de TM = = Capacidade Efetiva de Carga da Frota * Velocidade Máxima da Frota * * Taxa de Utilização da Frota Unidade: Toneladas*Milhas/Ano	Equação 7-9
Velocidade Máxima da Frota = 16*24 Unidade: Milhas/Dia	Equação 7-10

### 7.6.3 DECISÃO DE UTILIZAÇÃO

O diagrama de Forrester relativo à Decisão de Utilização é apresentado na Figura 15. Esta parte do modelo captura a decisão dos armadores de aumentar ou diminuir a utilização da frota. Foi feita uma simplificação importante com relação à utilização por não se considerar a

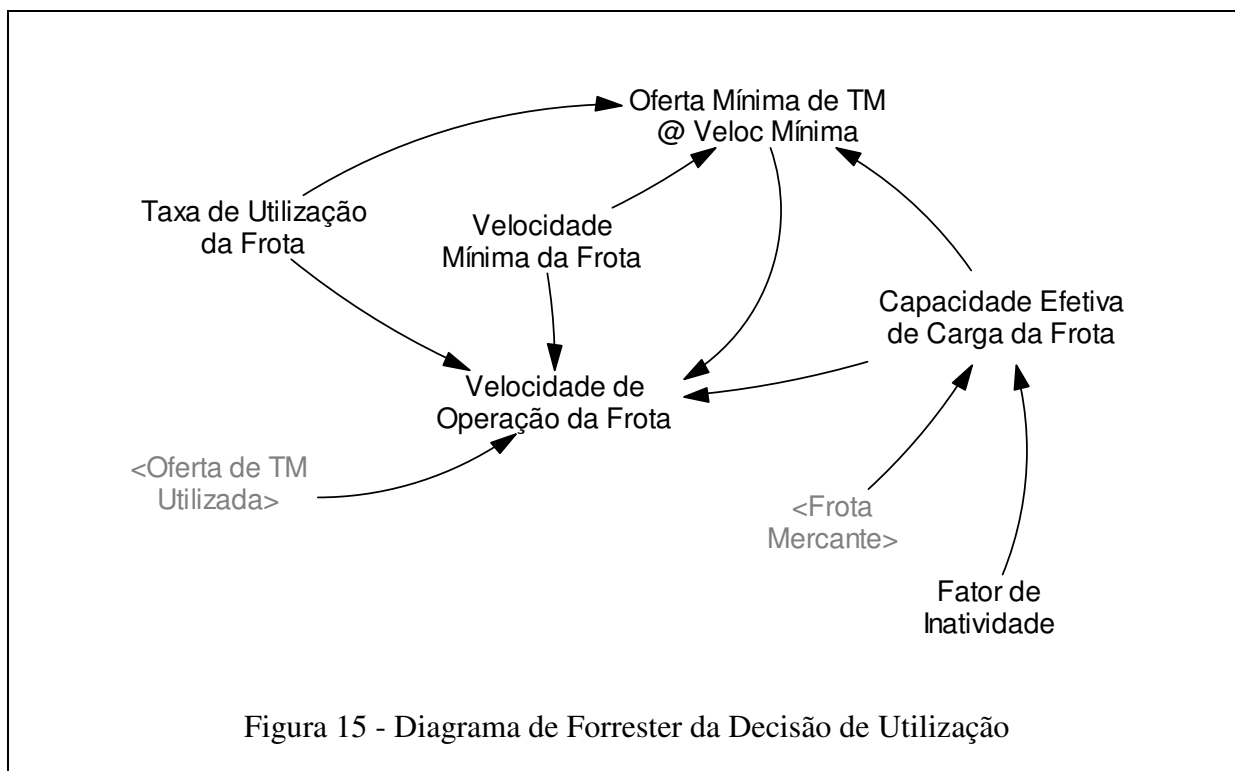


dinâmica da ativação e desativação de navios, limitando a decisão de utilização à variação de velocidade.

Como as atividades de desativação e reativação de navios levam em torno de três meses, a manutenção de todos os navios em serviço em condições de atender variações bruscas de demanda torna a malha de utilização mais reativa, ou seja, responde com maior rapidez.

Da teoria de controle sabe-se que quando duas malhas com realimentação negativa atuam em paralelo para compensar variações em um sistema, o fato de uma malha ser muito reativa acarreta duas coisas: a primeira é que ela tende a oscilar mais; e a outra é a outra malha tende a se estabilizar (STERMAN, 2000,b) e (OGATA, 1997).

Isso implica que com esta simplificação, que tornou a malha de utilização mais reativa, há uma maior tendência de que a malha de capacidade seja mais estável. Como será visto adiante, tal simplificação não compromete os resultados do estudo.



A *Taxa de Utilização da Frota* representa o número de dias por ano que um navio é utilizado em média. No caso foi adotado um valor intermediário de 180 dias/ano.

A *Velocidade Mínima da Frota* captura uma limitação tecnológica dos navios. Um navio não pode andar a velocidades muito baixas, não só por questões econômicas, mas também por questões de rendimento da instalação propulsora e por questões de manutenção, pois velocidades muito baixas levam os motores a carbonizarem, aumentando sensivelmente seus gastos de manutenção. No caso foi adotado um valor de 10 nós para a velocidade mínima.

A *Oferta Mínima de TM @ Velocidade Mínima* reflete a oferta de transporte marítimo com todos os navios operando na velocidade mínima. Este ponto define o limite em que os armadores param de diminuir a velocidade dos navios e começam a deixá-los parados. Abaixo deste limite, a utilização da frota é reduzida pela desativação de navios, sendo a velocidade mantida constante em seu valor mínimo.

A *Velocidade de Operação da Frota* define a velocidade que é necessária para atender a *Oferta de TM Utilizada*. Naturalmente, ela é mantida dentro dos limites de velocidade da frota.

O *Fator de Inatividade da Frota* é adotado como constante e igual a 0,10. Captura a redução da frota pela inatividade de navios, por qualquer razão, como, por exemplo: manutenção periódica ou período de docagem. O valor deste fator pode ser transformado em variável, caso de deseje estudar os efeitos da ativação e desativação de navios.

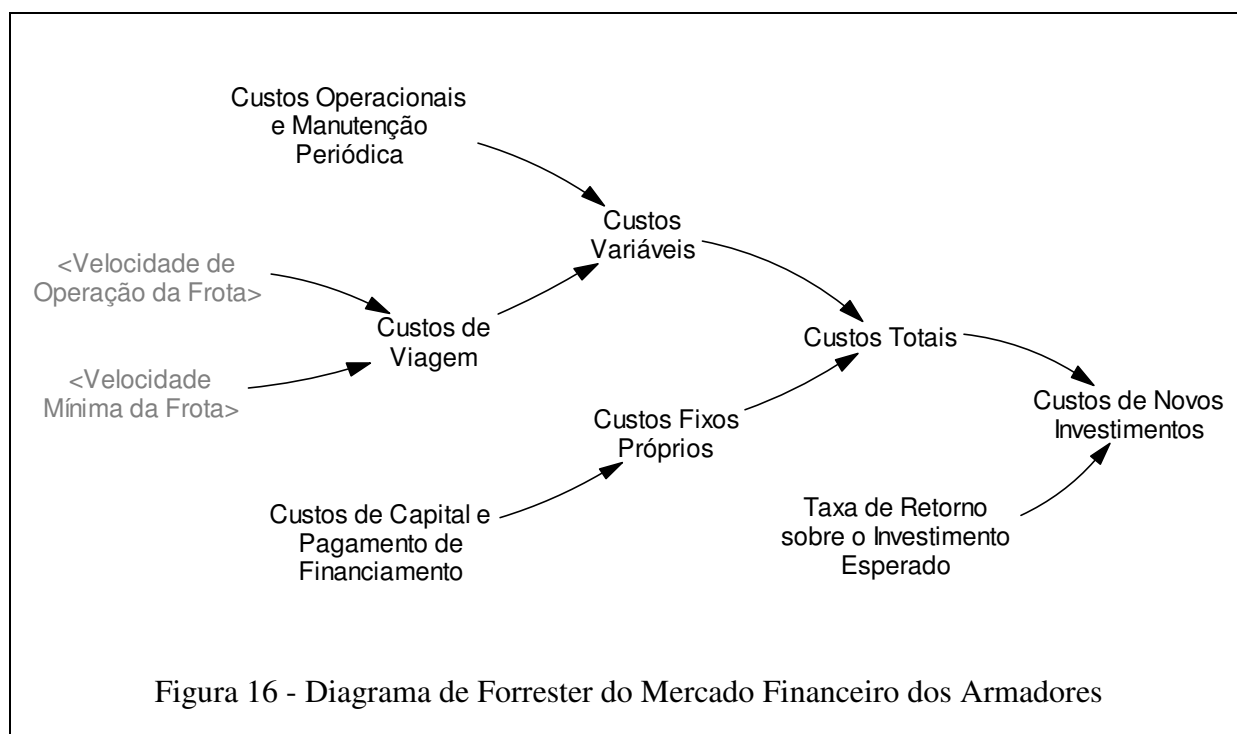
A *Capacidade Efetiva da Frota Mercante* captura a quantidade de carga em toneladas que a frota pode levar, já descontados os navios parados.

Tabela 7 – Equações da Decisão de Utilização da Frota	
Capacidade Efetiva de Carga da Frota = = Frota Mercante * Fator de Inatividade Unidade: Toneladas	Equação 7-11

Tabela 7 – Equações da Decisão de Utilização da Frota	
Fator de Inatividade = 0.9 Unidade: Dmnl	Equação 7-12
"Oferta Mínima de TM @ Veloc Mínima" = = Capacidade Efetiva de Carga da Frota * Velocidade Mínima da Frota * * Taxa de Utilização da Frota Unidade: Toneladas*Milhas/Ano	Equação 7-13
Taxa de Utilização da Frota = 180 Unidade: Dias/Ano	Equação 7-14
Velocidade de Operação da Frota = = IF THEN ELSE("Oferta Mínima de TM @ Veloc Mínima" > > Oferta de TM Utilizada, Velocidade Mínima da Frota, Oferta de TM Utilizada/Capacidade Efetiva de Carga da Frota /Taxa de Utilização da Frota) Unidade: Milhas/Dia	Equação 7-15
Velocidade Mínima da Frota = 10*24 Unidade: Milhas/Dia	Equação 7-16

#### 7.6.4 FINANCEIRO DOS ARMADORES

Esta parte do modelo procura capturar os custos e as expectativas de retorno de investimento dos armadores. Sterman (2000) e Stopford (1997) sugerem que as análises financeiras sejam feitas com base nas expectativas de rentabilidade. Desta forma, optou-se por uma modelagem do setor financeiro, calculando-se os custos variáveis e definindo um critério de investimento, que embute uma taxa de retorno de investimento. Quando essa taxa é atingida, é razoável supor que os agentes financeiros estarão interessados em investir na Indústria Marítima, pois ela estará em uma fase muito rentável, e vice-versa. A Figura 16 apresenta seu diagrama de Forrester e a Tabela 8 apresenta as equações do setor financeiro dos armadores.



As variáveis fundamentais do custo são os *Custos Operacionais e Manutenção Periódica*, os *Custos de Viagem*, e os *Custos de Capital e Pagamento de Financiamento*. Esses custos foram obtidos em termos percentuais, usando como referência a estrutura de custos proposta por Stopford (1997, Capítulo 5), que é similar a proposta de ENGELN (2006).

Os *Custos Operacionais* são oriundos dos gastos com tripulação, gêneros e lubrificantes, manutenção e reparos normais e periódicos, o que inclui os períodos de docagem<sup>25</sup>, seguro e administração. Estes custos são estimados em 23% do total.

Os *Custos de Viagem* são oriundos dos gastos com combustível, normalmente óleo pesado, diesel, taxas portuárias, praticagem, movimentação de carga (embarque e desembarque), taxas de canal e outras. Deve ser observado que uma parte dos *Custos de Viagem* variam em função da *Velocidade de Operação da Frota*, uma vez que com o aumento

<sup>25</sup> Período de docagem são aqueles em que o navio é colocado em um dique seco (docado) e passa por grandes reparos estruturais e de pintura. Normalmente, nesse período há a inspeção da Sociedade Classificadora para a manutenção da “Classificação” do navio, o que reduz o preço do seu seguro.

da velocidade, há um aumento no consumo de combustível. Considerou-se que, com os navios viajando na velocidade mínima, tais custos são da ordem de 35,2% do total.

Os *Custos de Capital e Pagamento de Financiamento* referem-se ao pagamento do financiamento do navio e aos juros e dividendos desse pagamento. São estimados em 38,8% do custo total.

Os *Custos Operacionais* e os *Custos de Viagem* foram consideradas *Custos Variáveis*. Esses custos serão usados em outra parte do modelo como base de cálculo para o valor da *Taxa de Frete*. A outra parcela é considerada um *Custo Fixo Próprio*, que segundo Brunstein (2005, página 7), é um custo se mantém constante, independentemente do nível de atividade, e que deve ser alocado à unidade produtiva (no caso o navio), quando ela opera com relativo grau de independência. A soma dos *Custos Variáveis* com os *Custos Fixos Próprios* resulta nos *Custos Totais*.

Para a aquisição de capacidade (novos navios) os armadores procuram recursos junto ao mercado financeiro, ou utilizam recursos próprios. Sterman (2000, Capítulo 20) sugere que se use a taxa de retorno sobre o investimento para capturar a atratividade de investimento em um negócio. Esta taxa tem grandes vantagens por sua simplicidade e por representar bem o comportamento do mercado.

Fadigas (2006) apresenta a técnica de comparação de projetos usando-se o retorno sobre o investimento. Basicamente, considera-se o capital investido no instante inicial e quanto se espera que o investimento deste capital gere de lucro por ano. Se o valor obtido pela divisão do lucro anual pelo investimento (que resulta uma fração) for superior a uma taxa pré-estabelecida, considera-se o empreendimento vantajoso. Normalmente, esta taxa pré-estabelecida considera o comportamento do mercado e as aspirações do investidor. A *Taxa de Retorno sobre o Investimento Esperado* captura esta dinâmica dos investidores. Foi arbitrada como um valor constante de 15%.

Tabela 8 - Equações do Mercado Financeiro dos Armadores	
Custos de Capital e Pagamento de Financiamento = 0.386 Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-17
Custos de Novos Investimentos = = (1+Taxa de Retorno sobre o Investimento Esperado)*Custos Totais Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-18
Custos de Viagem = $0.5*0.352 + 0.5*0.352 *$ * (Velocidade de Operação da Frota/Velocidade Mínima da Frota)^2 Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-19
Custos Fixos Próprios = = Custos de Capital e Pagamento de Financiamento Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-20
Custos Operacionais e Manutenção Periódica = 0.23 Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-21
Custos Totais = Custos Fixos Próprios + Custos Variáveis Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-22
Custos Variáveis = Custos de Viagem + + Custos Operacionais e Manutenção Periódica Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-23
Taxa de Retorno sobre o Investimento Esperado = 0.15 Unidade: Dmnl	Equação 7-24

### 7.6.5 CÁLCULO DA TAXA DE FRETE

Esta parte do modelo procura capturar como a *Taxa de Frete Unitária* é calculada. O diagrama de Forrester deste grupo é apresentado na Figura 17, e as equações estão apresentadas na Tabela 9.

Brunstein (2005, Capítulo 6) apresenta uma análise sobre as encomendas em função da utilização de capacidade. De forma resumida, pode-se dizer que quando uma empresa está com a capacidade ociosa, ela tende a aceitar encomendas desde que o preço obtido pelos serviços seja superior aos custos variáveis, que neste caso atuam como o preço mínimo limite.

Por outro lado, quando uma empresa opera próxima à sua capacidade máxima, ela tende a aumentar seus preços, procurando explorar essa situação favorável e atingir um melhor resultado.

A descrição acima é similar à apresentada por Stopford (1997, Capítulo 4), quando descreve o comportamento da taxa de frete. Stopford afirma que a taxa de frete parte de um patamar mínimo que é o mínimo custo operacional dos navios operando na velocidade mínima, subindo até três ou quatro vezes o custo operacional, quando a frota esta operando próxima à sua velocidade máxima.

Desta forma o modelo de cálculo da taxa de frete leva em consideração a utilização da frota e os custos variáveis. A razão entre a *Velocidade de Operação da Frota* e a *Velocidade Mínima da Frota* estabelece um padrão de nível de utilização. A *Tabela do Efeito do Nível de Utilização da Frota* captura como os armadores se comportam em média mediante maior ou menor utilização da frota. Finalmente, a *Taxa de Frete Unitária* é calculada como o produto entre os *Custos Variáveis* e o *Fator de Taxa de Frete*.

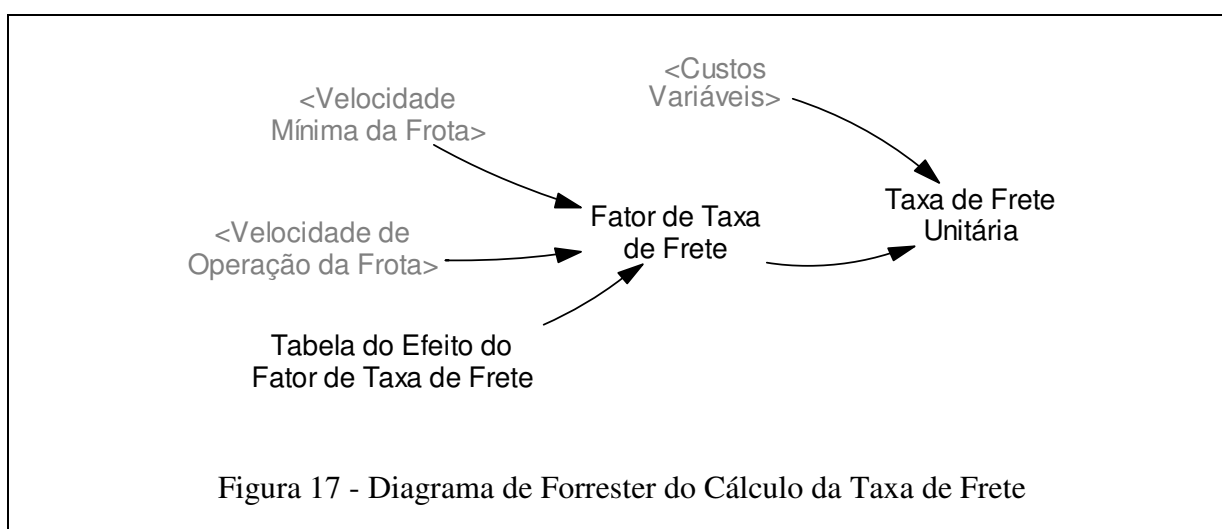


Tabela 9 - Equações do Cálculo da Taxa de Frete	
Fator de Taxa de Frete = = Tabela do Efeito do Fator de Taxa de Frete (Velocidade de Operação da Frota/Velocidade Mínima da Frota) Unidade: Dmnl	Equação 7-25
Tabela do Efeito do Fator de Taxa de Frete Vide Figura 18 - Tabela do Efeito do Fator de Taxa de Frete Unidade: Dmnl	Equação 7-26
Taxa de Frete Unitária = Custos Variáveis*Fator de Taxa de Frete Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-27

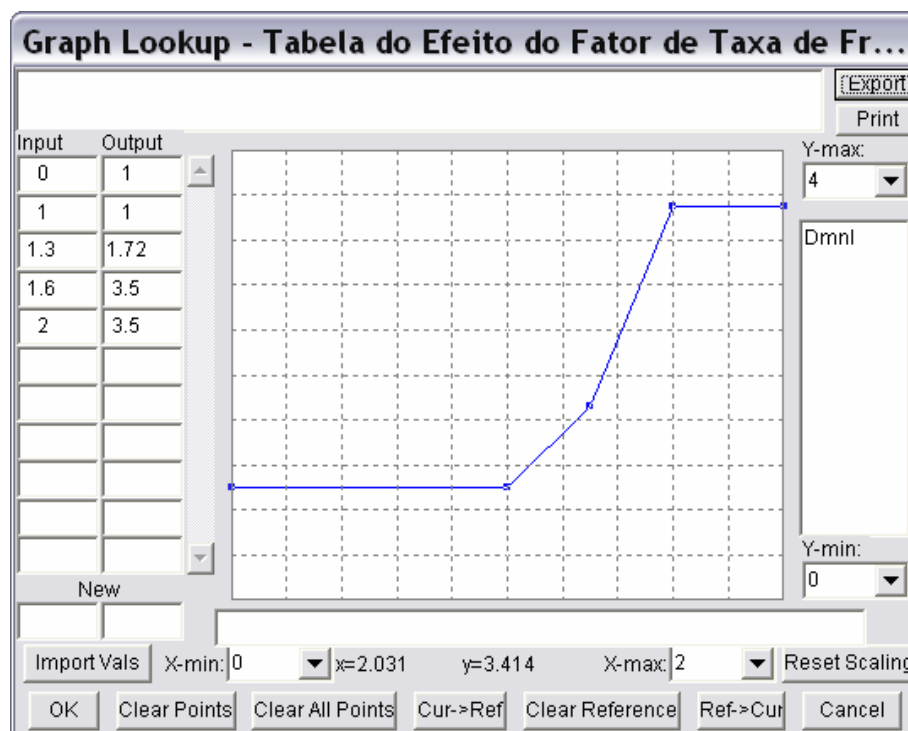


Figura 18 - Tabela do Efeito do Fator de Taxa de Frete

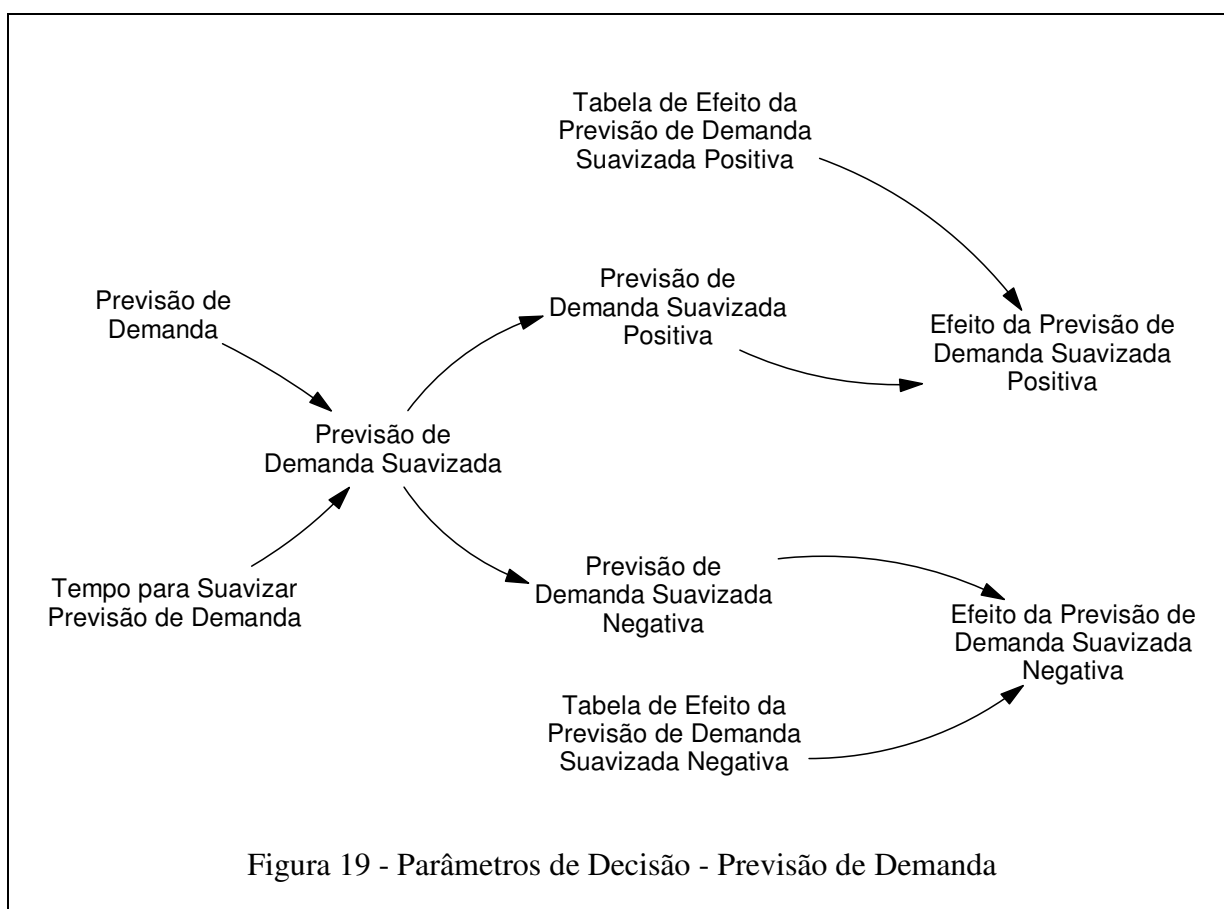
### 7.6.6 PARÂMETROS DE DECISÃO DE CAPACIDADE

Esta parte do modelo apresenta o que se julga serem os parâmetros utilizados pelos tomadores de decisão para aumentar ou diminuir a frota e, conseqüentemente, a capacidade.

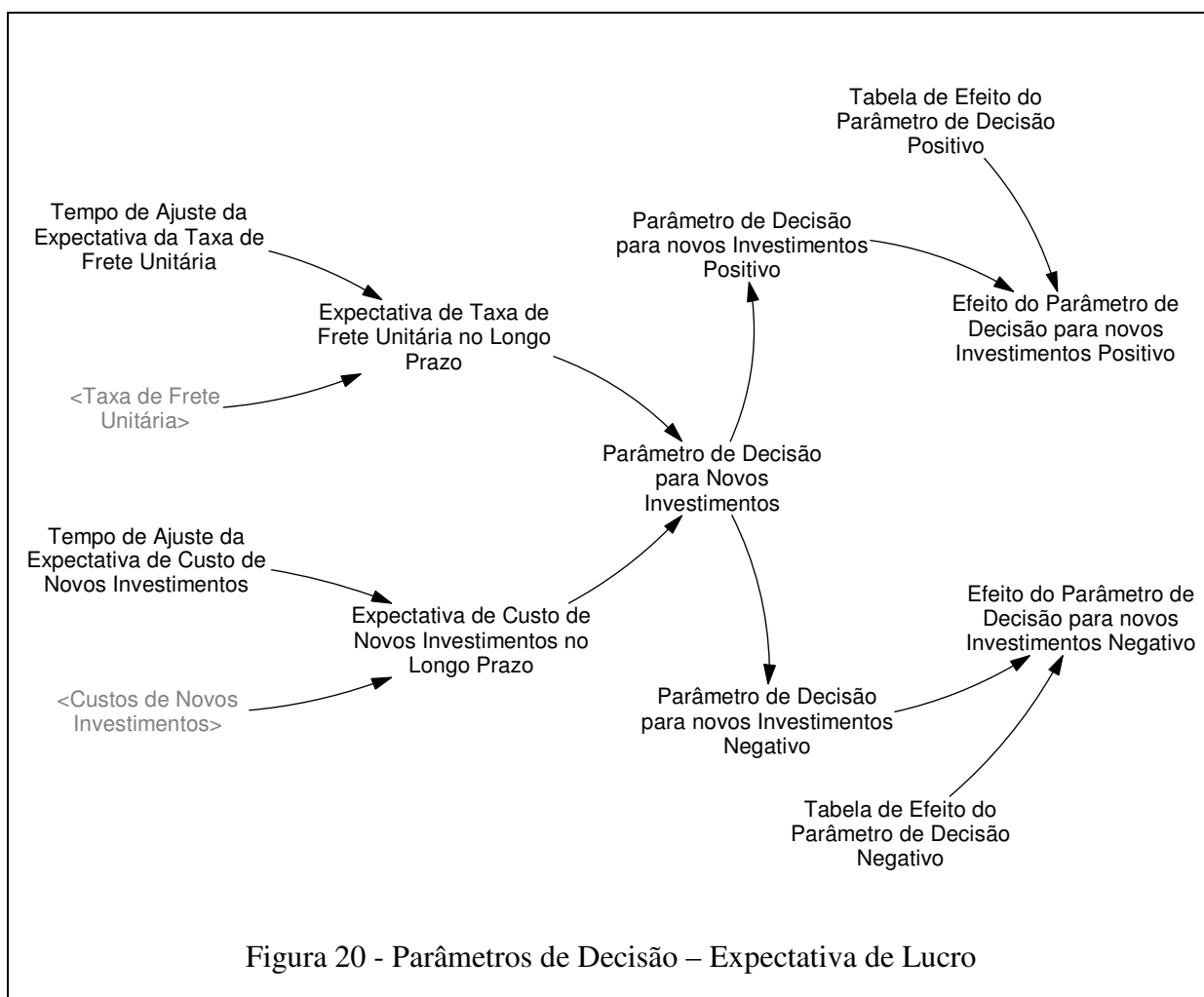


São utilizados dois parâmetros: o primeiro deles é a previsão de demanda; o segundo, é a expectativa de lucratividade dos investimentos no longo prazo. Por razões de clareza os diagramas de Forrester dos dois parâmetros foram separados, e são apresentados nas Figura 19 e Figura 20. As equações relativas aos dois parâmetros são apresentadas na Tabela 10 - Equações dos Parâmetros de Decisão.

O primeiro parâmetro utilizado para modelar a decisão dos armadores foi a previsão de demanda. Sterman (2000, Capítulo 20), não utiliza a previsão de demanda como elemento de decisão no seu modelo geral do mercado de *commodities*; entretanto, Raff (1961) considera tal informação como fundamental para a tomada de decisão. Slack (2002) considera fundamental a previsão de demanda para a determinação de capacidade de uma empresa, conceito que pode ser adaptado ao caso em estudo.



A *Previsão de Demanda* é fornecida com dados em uma planilha em MS-Excel, como uma função da demanda nos anos anteriores. Esta previsão é suavizada gerando a *Previsão de Demanda Suavizada*, para que sejam filtradas as variações bruscas que não representam as reais expectativas de longo prazo do mercado. A *Previsão de Demanda Suavizada* é então separada em positiva e negativa. A *Previsão de Demanda Suavizada Positiva* vai ter efeito no acréscimo de capacidade, atuando nas encomendas de navios; a *Previsão de Demanda Suavizada Negativa* vai ter efeito na redução de capacidade, atuando na demolição de navios. Elas foram separadas por se julgar que a forma com que os armadores se comportam para comprar e vender navios para a demolição é diferente por motivos comportamentais. Isto será melhor analisado posteriormente.



O outro parâmetro que se entende como fundamental para a tomada de decisão dos armadores é a expectativa de lucro. Neste caso a estrutura adotada segue a sugestão de Sterman (2000, Capítulo 20). Dois são os elementos primários da tomada de decisão: os *Custos de Novos Investimentos* e a *Taxa de Frete Unitária*. Tais variáveis formam, no longo prazo, uma expectativa de que os investimentos terão um retorno positivo, ou não, o que acarretará pela opção de aumentar a capacidade (aumentando a frota), ou por reduzi-la (vendendo navios para a demolição).

O *Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos* é dividido em positivo e negativo pelas mesmas razões que levaram a adoção dessa estrutura no caso da previsão de demanda. Desta forma o *Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos Positivo* vai atuar nas encomendas, e o *Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos Negativo* vai atuar na demolição de navios.

Tabela 10 - Equações dos Parâmetros de Decisão	
Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Negativa= = Tabela de Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Negativa (Previsão de Demanda Suavizada Negativa) Unidade: Dmnl	Equação 7-28
Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Positiva= = Tabela de Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Positiva (Previsão de Demanda Suavizada Positiva) Unidade: Dmnl	Equação 7-29
Efeito do Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Negativo= = Tabela de Efeito do Parâmetro de Decisão Negativo (Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Negativo) Unidade: Dmnl	Equação 7-30
Efeito do Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Positivo= = Tabela de Efeito do Parâmetro de Decisão Positivo (Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Positivo) Unidade: Dmnl	Equação 7-31

Tabela 10 - Equações dos Parâmetros de Decisão	
Expectativa de Custo de Novos Investimentos no Longo Prazo= = SMOOTH(Custos de Novos Investimentos, Tempo de Ajuste da Expectativa de Custo de Novos Investimentos) Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-32
Expectativa de Taxa de Frete Unitária no Longo Prazo= = SMOOTH(Taxa de Frete Unitária, Tempo de Ajuste da Expectativa da Taxa de Frete Unitária ) Unidade: Unidades Monetárias/(Toneladas*Milhas)	Equação 7-33
Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos= (Expectativa de Taxa de Frete Unitária no Longo Prazo – -Expectativa de Custo de Novos Investimentos no Longo Prazo) / /Expectativa de Taxa de Frete Unitária no Longo Prazo Unidade: Dmnl	Equação 7-34
Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Negativo= = IF THEN ELSE(Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos > > 0, 0 , ABS(Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos) ) Unidade: Dmnl	Equação 7-35
Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Positivo= = MAX( 0, Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos) Unidade: Dmnl	Equação 7-36
Previsão de Demanda:= = GET XLS DATA('modos de referencia.xls', 'Demanda por TM' , 'A' , 'E2' ) Unidade: Dmnl	Equação 7-37
Previsão de Demanda Suavizada= = SMOOTH(Previsão de Demanda, Tempo para Suavizar Previsão de Demanda ) Unidade: Dmnl	Equação 7-38
Previsão de Demanda Suavizada Negativa= = ABS( MIN(0, Previsão de Demanda Suavizada)) Unidade: Dmnl	Equação 7-39
Previsão de Demanda Suavizada Positiva= = MAX (0, Previsão de Demanda Suavizada) Unidade: Dmnl	Equação 7-40
Tabela de Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Negativa ([(0,0)-(1,2)],(0,0),(1,0.25)) Unidade: Dmnl	Equação 7-41

Tabela 10 - Equações dos Parâmetros de Decisão	
Tabela de Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Positiva ((-1,0)-(1,4)],(0,1),(1,2)) Unidade: Dmnl	Equação 7-42
Tabela de Efeito do Parâmetro de Decisão Negativo ([(0,0)-(1,2)],(0,0),(1,0.04)) Unidade: Dmnl	Equação 7-43
Tabela de Efeito do Parâmetro de Decisão Positivo ((-1,0)-(1,2)],(-1,1),(0,1),(0.5,1.1),(1,1.1)) Unidade: Dmnl	Equação 7-44
Tempo de Ajuste da Expectativa da Taxa de Frete Unitária = 1 Unidade: Ano	Equação 7-45
Tempo de Ajuste da Expectativa de Custo de Novos Investimentos=1 Unidade: Ano	Equação 7-46
Tempo para Suavizar Previsão de Demanda = 1 Unidade: Ano	Equação 7-47

### 7.6.7 DECISÃO DE CAPACIDADE

Esta parte do modelo procura capturar a forma com que os armadores se utilizam dos parâmetros de decisão, apresentados no item anterior, para tomarem a decisão de aumentar ou diminuir a capacidade da frota. O diagrama de Forrester desta parte do modelo é apresentado na Figura 21 e suas equações são apresentadas na Tabela 11.

Um primeiro parâmetro que é usado para determinar a taxa de demolição é o *Tempo Médio de Vida dos Navios*, que foi adotado como de 25 anos, um valor aceito pela comunidade de engenharia naval, entre os armadores e pela literatura. Entretanto, a *Taxa Média de Demolição* encontrada, com os uso dos dados do modelo foi aproximadamente a metade de 1/25, o que vez com que se criasse uma variável adicional que recebeu o nome de *Outros fatores que afetam a Taxa Média de Demolição*, arbitrando-se para ele o valor de 0,50. Embora não se tenha feito maiores investigações nesse sentido, atribui-se essa diferença a

erros das estatísticas e aos navios afundados e abandonados (que não figuram como navios demolidos). Essa divergência poderá ser estudada em trabalhos posteriores, caso se julgue que tem relevância para o modelo. A *Taxa Média de Demolição* gera a *Reposição por Obsolescência*, que é o primeiro fator a influenciar a taxa de demolição.

Além da *Taxa Média de Demolição* a taxa de demolição é afetada pela previsão de demanda (*Efeito da Previsão de Demanda Negativa Suavizada*) e pela previsão dos ganhos para novos investimentos (*Efeito do Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos Negativo*). Esses dois parâmetros, divididos pelo *Tempo de Ajuste na Taxa de Demolição*, definem o *Ajuste na Taxa de Demolição Desejada*.

Quando as perspectivas são positivas, tem-se uma tendência ao aumento da *Frota Mercante*, com o aumento das encomendas, que será refletido no modelo da aquisição de navios. A *Frota Mercante Desejada* é função da *Frota Mercante*, do *Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Positiva* e do *Efeito do Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos Positivo*.

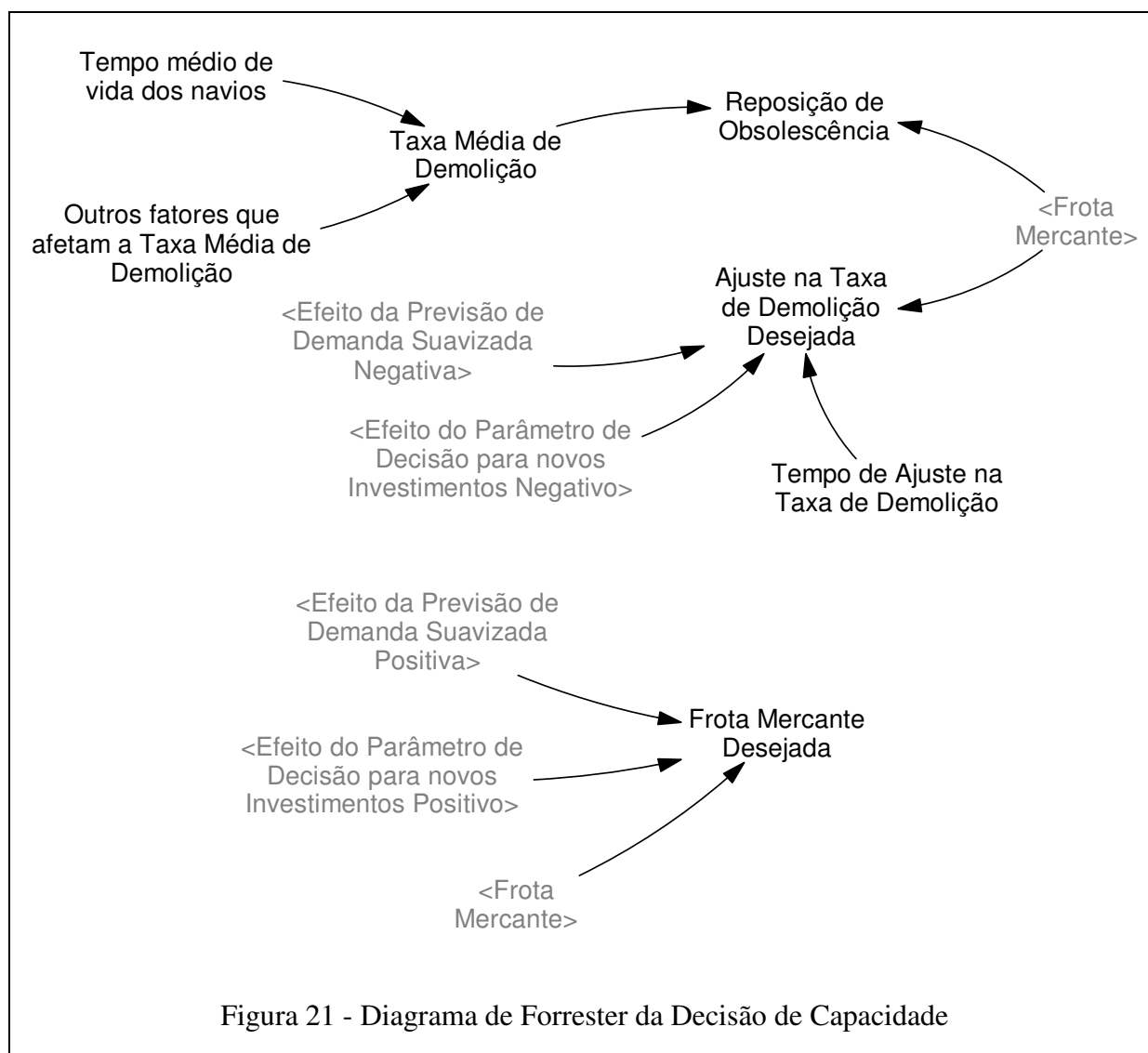


Tabela 11 - Equações da Decisão de Capacidade

<p>Ajuste na Taxa de Demolição Desejada =</p> $= \text{Frota Mercante} * (\text{Efeito do Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Negativo} + \text{Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Negativa}) / \text{Tempo de Ajuste na Taxa de Demolição}$ <p>Unidade: Toneladas/Ano</p>	Equação 7-48
<p>Frota Mercante Desejada =</p> $= \text{Frota Mercante} * \text{Efeito da Previsão de Demanda Suavizada Positiva} * \text{Efeito do Parâmetro de Decisão para novos Investimentos Positivo}$ <p>Unidade: Toneladas</p>	Equação 7-49

Tabela 11 - Equações da Decisão de Capacidade	
Outros fatores que afetam a Taxa Média de Demolição = 0.5 Unidade: Dmnl	Equação 7-50
Reposição de Obsolescência = = Taxa Média de Demolição * Frota Mercante Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-51
Taxa Média de Demolição = 1/Tempo médio de vida dos navios * * Outros fatores que afetam a Taxa Média de Demolição Unidade: 1/Ano	Equação 7-52
Tempo de Ajuste na Taxa de Demolição = 1 Unidade: Ano	Equação 7-53
Tempo médio de vida dos navios = 25 Unidade: Ano	Equação 7-54

### 7.6.8 AQUISIÇÃO DE NAVIOS

Esta parte do modelo captura, da forma mais simples possível, a dinâmica da obtenção de navios pelos armadores. Na realidade, esta parte do modelo é uma simplificação do modelo de linha de suprimentos proposto por Sterman (2000, Capítulo 17). Neste ponto do trabalho será apenas apresentado o modelo; em outro capítulo serão feitas algumas considerações sobre ele.

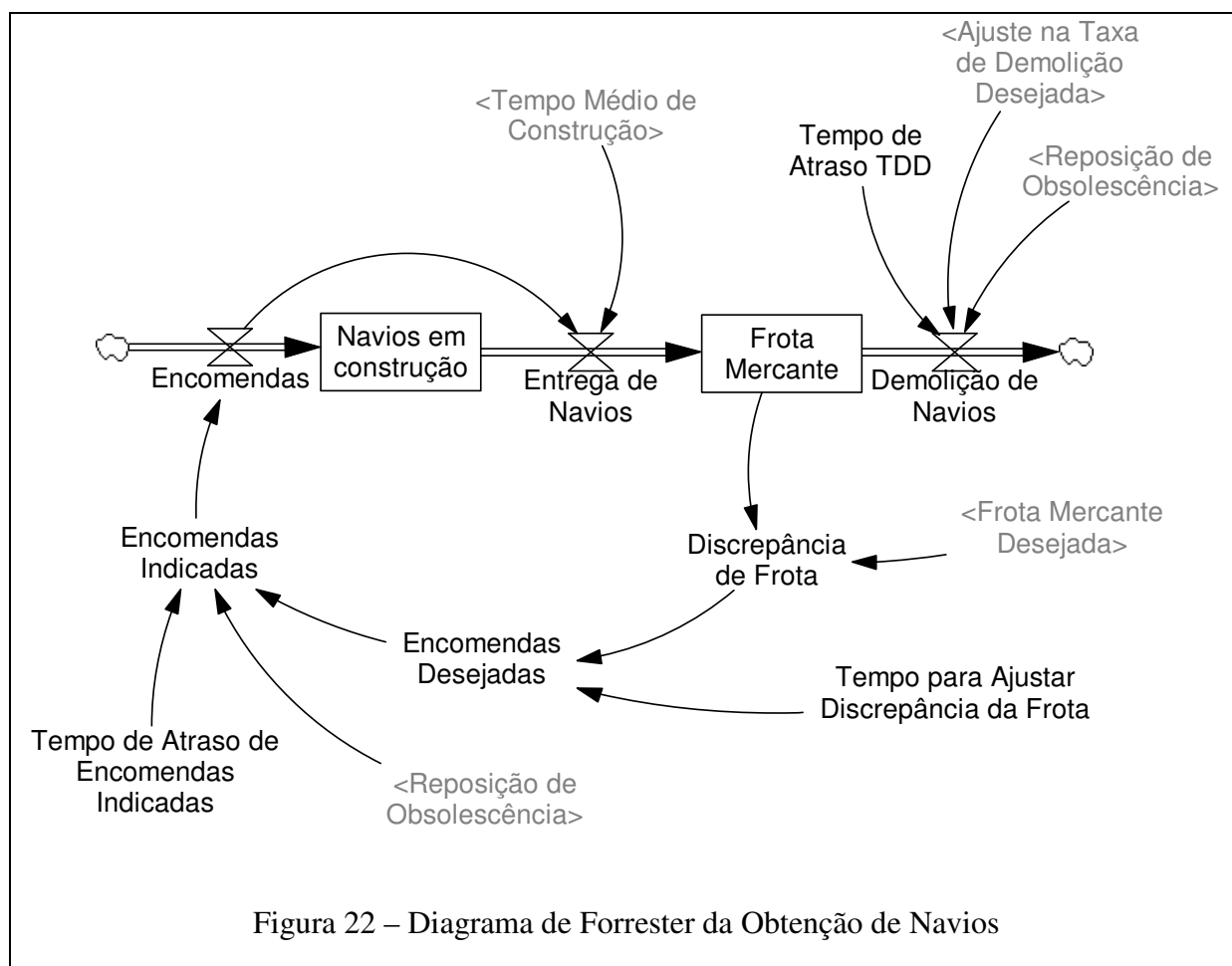
As *Encomendas* representam a quantidade de navios por ano que os armadores encomendam aos estaleiros.

Os *Navios em Construção* representam a carteira de encomendas (navios que ainda não iniciaram sua construção) e os navios em construção.

A *Entrega de Navios* representa a quantidade de navios que são entregues para os armadores anualmente, e que passam a fazer parte da *Frota Mercante*. A *Entrega de Navios* é



representada como um atraso de ordem 3 dos *Encomenda de Navios*, com tempo de atraso igual ao *Tempo Médio de Construção*.



A *Frota Mercante* representa o conjunto de todos os navios existentes, o que determina a capacidade máxima de carga.

A *Demolição de Navios* representa a quantidade anual de navios que são vendidos para a demolição e que deixam de fazer parte da *Frota Mercante*. Ela é uma função da *Reposição da Obsolescência* e do *Ajuste na Taxa de Demolição Desejada*. Como há um atraso entre a decisão de demolir navios e eles efetivamente serem removidos da frota, a *Demolição de Navios* é calculada como um atraso de ordem 3 das duas variáveis citadas anteriormente.

A *Discrepância da Frota* reflete a diferença entre a *Frota Mercante Desejada* e a *Frota Mercante*. Esta diferença servirá como um dos elementos geradores das encomendas de novos navios.

O *Tempo para Ajustar Frota Mercante* reflete a rapidez com que os armadores pretendem reduzir a discrepância entre a frota desejada e a existente. Quanto menor esse tempo, maior será a tendência de oscilação (STERMAN, 2000, Capítulo 17). A explicação para isso vem da teoria de controle; a atuação dos armadores na discrepância entre a frota desejada e a existente é um controle proporcional. O valor do tempo funciona como um ganho proporcional. De maneira muito resumida, sabe-se que quanto maior o ganho proporcional maior será a tendência do sistema a oscilar. (OGATA, 1997)

As *Encomendas Desejadas* expressam a taxa na qual os armadores decidem ajustar a frota, resultando em parte da demanda por novos navios.

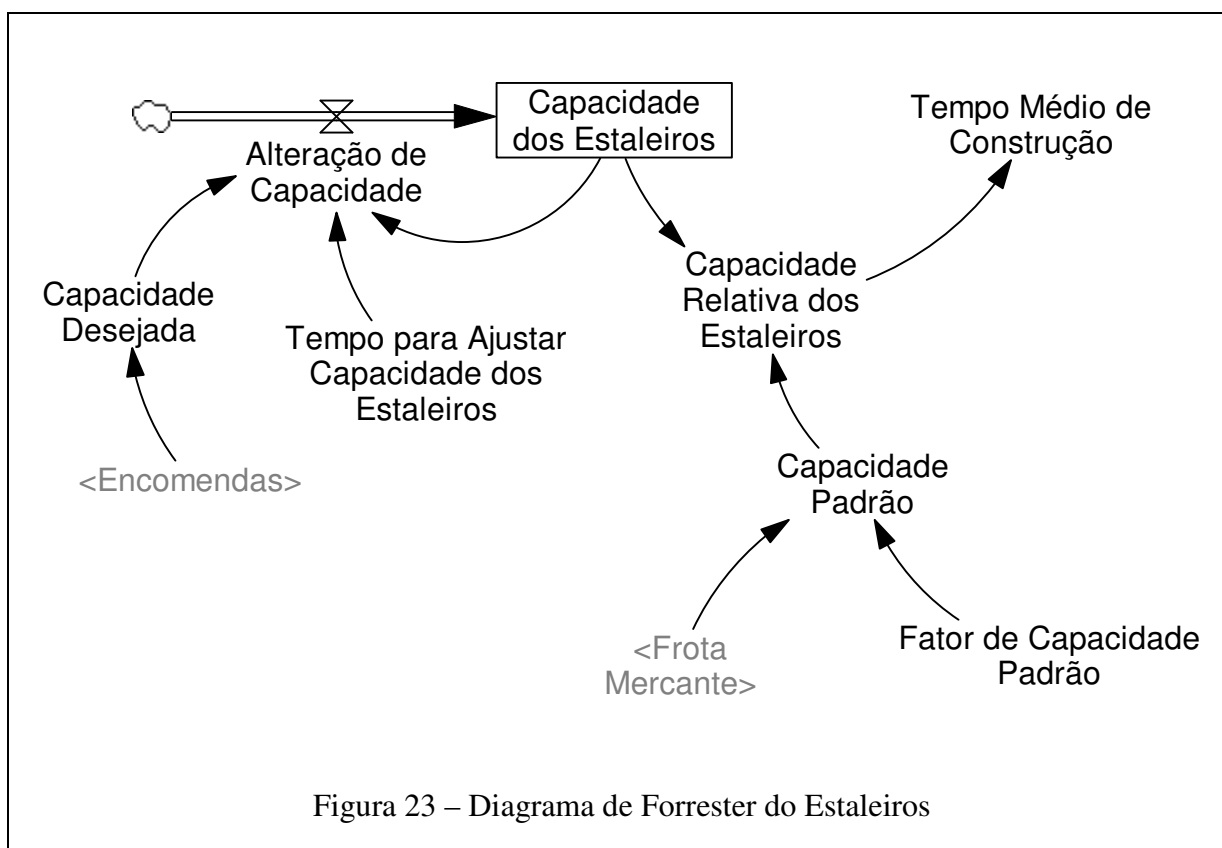
As *Encomendas Indicadas* expressam o desejo dos armadores de encomendas novos navios, levando dois aspectos em consideração: primeiro, a discrepância entre a frota desejada e a frota existente; e segundo, a reposição da frota por previsão de obsolescência.

Tabela 12 – Equações do modelo de Obtenção de Navios	
Ajuste pela discrepância de Frota= = (Frota Mercante Desejada - Frota Mercante)/ / Tempo para Ajustar Discrepância da Frota Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-55
Demolição de Navios = DELAY3 (Ajuste na Taxa de Demolição Desejada + + Reposição da Obsolescência), Tempo de Atraso TDD ) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-56
Encomendas = MAX(0, Encomendas Indicadas) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-57
Encomendas Desejadas = = MAX(0, (Ajuste pela discrepância de Frota )) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-58

Tabela 12 – Equações do modelo de Obtenção de Navios	
Encomendas Indicadas= =DELAY3( (Encomendas Desejadas + Reposição de Obsolescência), Tempo de Atraso de Encomendas Indicadas ) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-59
Entrega de Navios= = DELAY3(Encomendas, Tempo Médio de Construção ) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-60
Frota Mercante= INTEG (+Entrega de Navios-Demolição de Navios, 1.1*(Demanda por TM/(Velocidade de Equilíbrio* *Taxa de Utilização da Frota))/Fator de Inatividade) Unidade: Toneladas	Equação 7-61
Navios em construção= INTEG (Encomendas-Entrega de Navios, Frota Mercante*Taxa Média de Demolição* *Tempo Médio de Construção) Unidade: Toneladas	Equação 7-62
Tempo de Atraso TDD = 1 Unidade: Ano	Equação 7-63
Tempo para Ajustar Discrepância da Frota = 1.5 Unidade: Ano	Equação 7-64

### 7.6.9 CAPACIDADE DOS ESTALEIROS

O modelo da Capacidade dos Estaleiros é proposto de maneira simples, procurando capturar apenas sua característica principal para o estudo em questão, a limitação da capacidade de produção, que afeta o *Tempo Médio de Construção* dos navios. A Figura 23 apresenta o diagrama de Forrester e a Tabela 13 apresenta as equações deste módulo.



A *Capacidade Desejada* dos estaleiros é feita igual às *Encomendas* dos novos navios. A *Alteração de Capacidade* é uma função da *Capacidade Desejada*, da *Capacidade dos Estaleiros* (a existente) esta diferença é dividida pelo *Tempo para Ajustar Capacidade dos Estaleiros*, pois entre o momento da tomada de decisão de se alterar a capacidade dos estaleiros e esta e decisão ser efetivamente implementada, decorre um intervalo de tempo.

Montgomery (1995)<sup>26</sup>, apud Sterman (2000), publicou um estudo onde analisou os períodos de construção de estruturas não residenciais nos Estados Unidos no período de 1961 a 1991, onde concluiu que o tempo médio para a finalização de uma obra desse tipo é da ordem de 16,7 meses. Esse resultado é comentado por Sterman (2000, página 439), que afirma que uma boa aproximação para esse modelo seria um atraso de segunda ordem com tempo de 16,7 meses (aproximadamente 1,4 ano), que é o período definido para o atraso.

<sup>26</sup> Montgomery, Michael. 'Time-To-Build' Completion Patterns for Nonresidential Structures, 1961-1991," *Economics Letters*, 48:2 (1995), pp.155-163

Foi assumido que a *Capacidade Padrão* é proporcional à *Frota Mercante*. O fator de proporcionalidade assumido foi de 12% ao ano, e é capturado pelo *Fator de Capacidade Padrão*. O valor numérico foi obtido tomando-se o valor máximo do quociente entre as Entregas de navios e a frota mercante (vide Figura 12).

A comparação entre a *Capacidade dos Estaleiros* e a *Capacidade Máxima* influencia o *Tempo Médio de Construção*, de acordo com uma relação não linear assumida.

Tabela 13 – Equações da Capacidade dos Estaleiros	
Alteração de Capacidade = = (Capacidade Desejada - Capacidade dos Estaleiros)/ / Tempo para Ajustar Capacidade dos Estaleiros Unidade: Toneladas/Ano/Ano	Equação 7-65
Capacidade Desejada = Encomendas Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-66
Capacidade dos Estaleiros = INTEG (Alteração de Capacidade, 690000) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-67
Capacidade Padrão = Fator de Capacidade Padrão * Frota Mercante Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-68
Capacidade Relativa dos Estaleiros = = Capacidade dos Estaleiros / Capacidade Padrão Unidade: Dmnl	Equação 7-69
Fator de Capacidade Padrão = 0.12 Unidade: 1/Ano	Equação 7-70
Tempo Médio de Construção = WITH LOOKUP (Capacidade Relativa dos Estaleiros, ((0,0)-(4,8)],(0,1),(0.5,1),(1,1.1),(1.5,2),(4,8) ) Unidade: Ano Vide Figura 24 - Tempo Médio de Construção	Equação 7-71
Tempo para Ajustar Capacidade dos Estaleiros = 1.5 Unidade: Ano	Equação 7-72

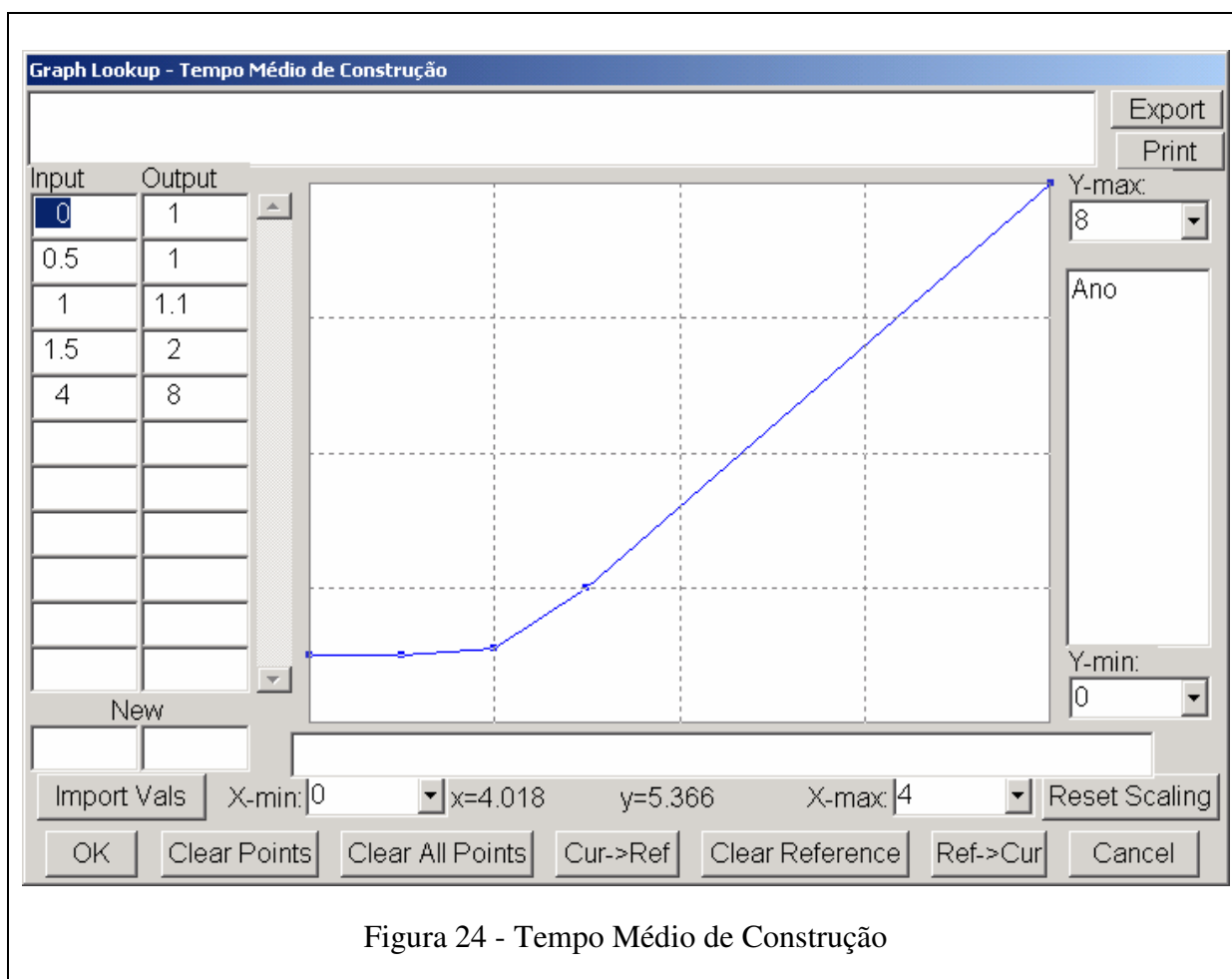


Figura 24 - Tempo Médio de Construção

#### 7.6.10 MODOS DE REFERÊNCIA

Este grupo apenas reúne as variáveis que serão adotadas como os valores do modo de referência, não expressando nenhuma relação causal. Embora o VENSIM© tenha uma facilidade de definir algumas de suas variáveis como modos de referência, optou-se por utilizar essas informações em variáveis auxiliares suplementares (que não são usadas para nenhum cálculo), para permitir uma melhor manipulação dos gráficos. Nesse grupo foram incluídas três variáveis que tem seus dados de um arquivo em MS-Excel: *MR – Frota Mercante*; *MR – Taxa de Entrega de Navios*; e *MR – Taxa de Demolição de Navios*. A Figura 25 apresenta o Diagrama de Forrester, e a Tabela 14 apresenta suas equações.

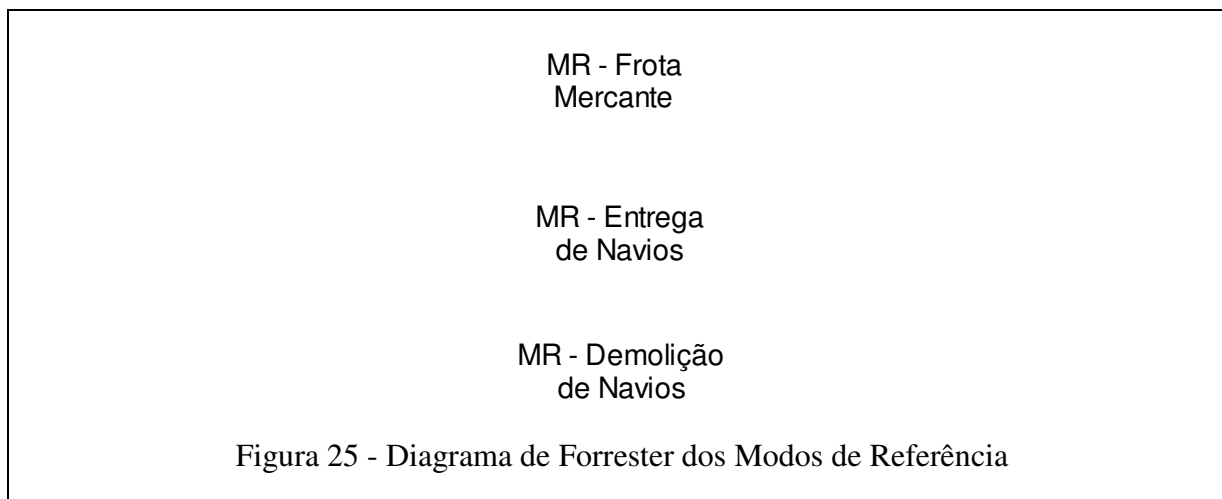


Tabela 14 - Equações do Modo de Referência	
"MR - Demolição de Navios" = = GET XLS DATA ( 'modos de referencia.xls', 'Scrapping' , 'A' , 'C16' ) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-73
"MR - Entrega de Navios" = = GET XLS DATA ( 'modos de referencia.xls', 'Shipbuilding output' , 'A' , 'C16' ) Unidade: Toneladas/Ano	Equação 7-74
"MR - Frota Mercante" = = GET XLS DATA ( 'modos de referencia.xls', 'WorldFleet' , 'A' , 'C16' ) Unidade: Toneladas	Equação 7-75

## **8. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Oliva (2003) apresenta uma importante reflexão sobre a calibração e validação de modelos. A seqüência apresentada neste capítulo é fundamentada nessa proposta. A capacidade de calibração do modelo foi muito limitada, pois foi feita à mão, o que segundo Lyneis (1996), apud Oliva (2003) é uma ciência e uma arte e depende muito da experiência e sensibilidade do modelista.

O roteiro a ser seguido é composto por dois passos: o primeiro é verificar se o modelo se comporta de acordo com as premissas estabelecidas na Hipótese Dinâmica, ou seja, verificar se o modelo elaborado se comporta como se espera que ele se comporte; o segundo passo é submeter o modelo às condições verificadas no mundo real e comparar os resultados obtidos com o Modo de Referência. Este teste é considerado por Oliva como condição imprescindível para qualquer discussão adicional.

### **8.1 VERIFICAÇÃO SE O MODELO SE COMPORTA DE ACORDO COM A HIPÓTESE DINÂMICA**

Para este teste foi simulada uma condição de equilíbrio para o modelo. No ano de 1961 o modelo foi submetido a um degrau com amplitude de 25% na distância média das viagens (subiu de 4.000 para 5.000 milhas), o que acarreta um acréscimo igual valor na demanda por transporte marítimo.

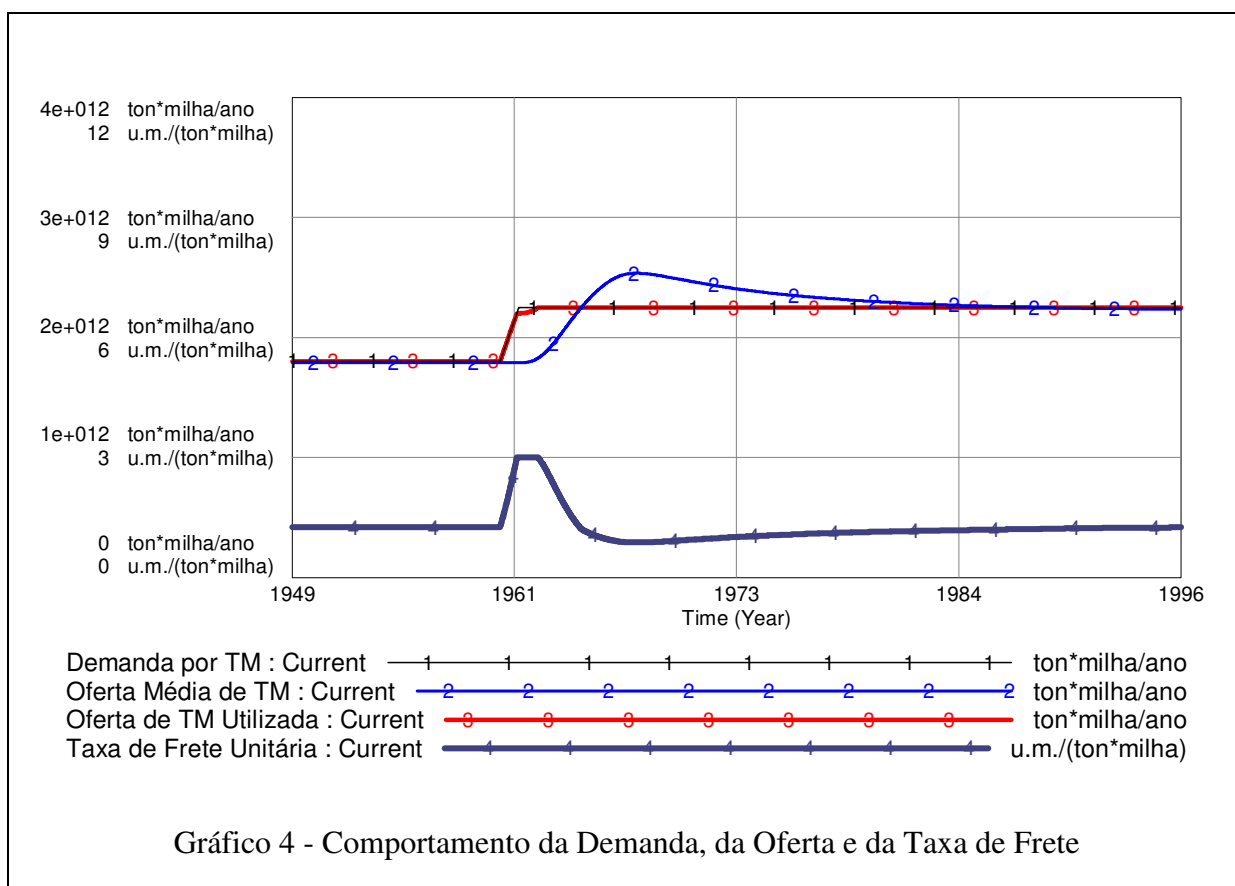
#### **8.1.1 COMPORTAMENTO DA DEMANDA, DA OFERTA E DA TAXA DE FRETE**

Os primeiros resultados são apresentados no Gráfico 4. São apresentados os comportamentos das seguintes variáveis: *Demanda por TM (curva 1)*; a *Oferta Média de TM (curva 2)*; a *Oferta de TM Utilizada (curva 3)*; e *Taxa de Frete Unitária (curva 4)*. A *Oferta Média de TM* é uma variável suplementar (não é usada em nenhum cálculo) criada para



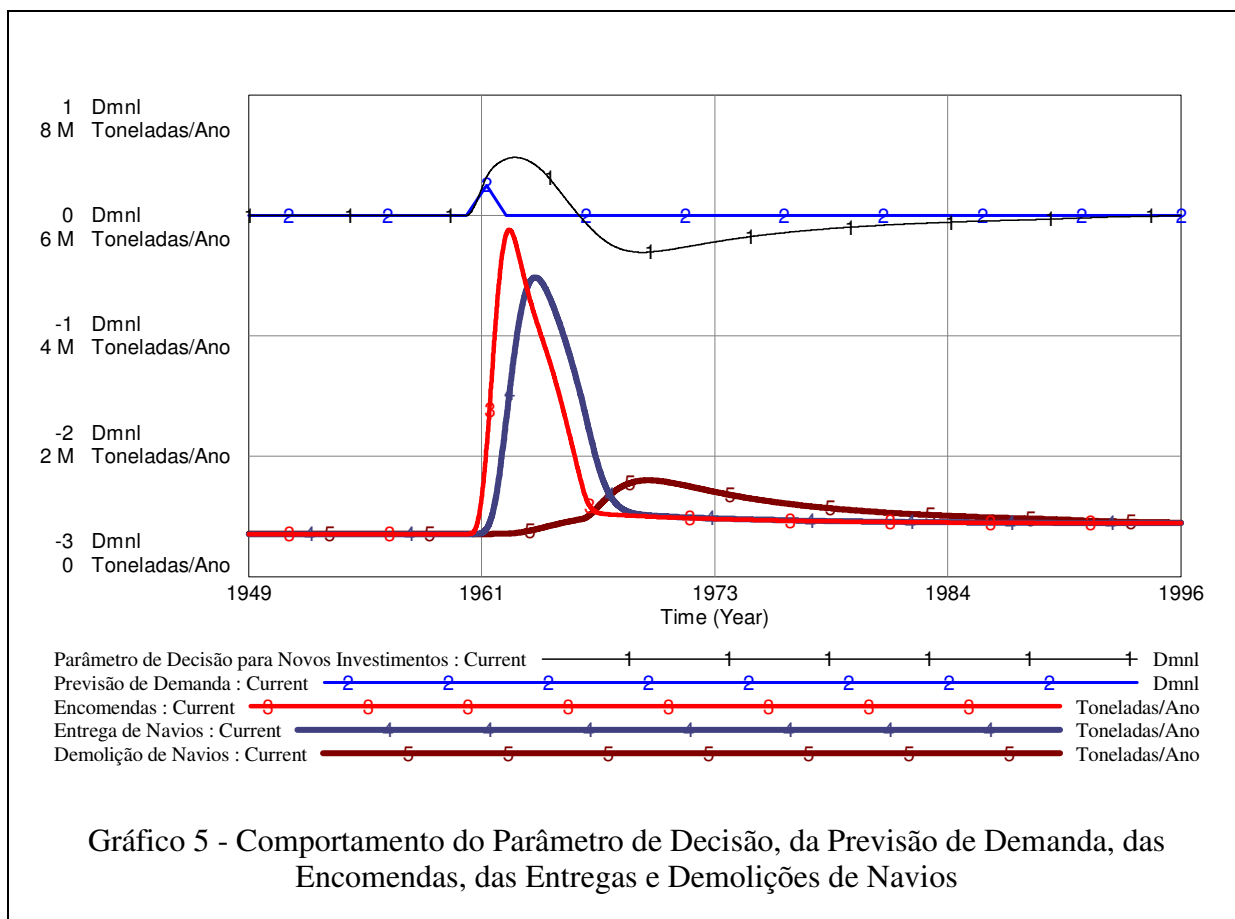
comparação e que representa aproximadamente a situação de equilíbrio de frete entre oferta e demanda.

Pode-se observar que em 1961 há um acréscimo brusco na *Demanda por TM*, que é acompanhado pela taxa de frete. A *Oferta Média de TM* cresce (devido ao aumento da frota) ultrapassando o valor necessário, atingindo seu valor máximo aproximadamente em 1967. Quando se verifica o excesso de oferta a *Taxa de Frete* cai. A partir daí há um decréscimo da *Oferta Média de TM* até que o equilíbrio seja atingido. Na nova situação de equilíbrio (atingida em torno de 1990), a *Oferta Média de TM* e a *Demanda por TM* se igualam e a *Taxa de Frete* volta à situação de equilíbrio.



### 8.1.2 COMPORTAMENTO DO PARÂMETRO DE DECISÃO, DA PREVISÃO DE DEMANDA, DAS ENCOMENDAS, ENTREGAS E DEMOLIÇÕES DE NAVIOS

O Gráfico 5 apresenta o comportamento do *Parâmetro de Decisão* (curva 1), da *Previsão de Demanda* (curva 2), das *Encomendas* de navios (curva 3), das *Entregas de Navios* (curva 4) e da *Demolição* de navios (curva 5).



Em 1961, quando há o brusco aumento de demanda, há uma variação brusca na *Previsão de Demanda* e se inicia um aumento no *Parâmetro de Decisão*. Imediatamente, há um acréscimo nas *Encomendas* de navios, primeiro devido à previsão de demanda, depois esse acréscimo é mantido pelo *Parâmetro de Decisão*. A *Entrega de Navios* cresce com um atraso em relação às *Encomendas*. A *Demolição* de navios também cresce, por ser um valor relacionado ao tamanho da *Frota Mercante* que está aumentando consideravelmente.



Pode-se observar que, durante o equilíbrio, a *Taxa de Frete Unitária* fica no mesmo valor dos *Custos de Novos Investimentos*, o que leva a um equilíbrio, levando o *Parâmetro de Decisão para Novos Investimentos* a se anular; desta forma, os armadores não desejam alterar a capacidade da frota, a menos que haja uma previsão de aumento de demanda, o que não é o caso.

Quando, em 1961, ocorre o aumento repentino da demanda, a *Velocidade de Operação da Frota* aumenta rapidamente (aumentando a utilização). Este aumento da velocidade leva a um aumento dos *Custos Variáveis*, que tem um componente que é função da velocidade. A *Taxa de Frete Unitária* sobe em proporção muito superior aos *Custos Variáveis*, devido ao aumento da utilização da frota, neste exemplo levado à saturação.

O *Custos de Novos Investimentos* aumenta em função do acréscimo dos *Custos Variáveis*; porém, como o aumento da *Taxa de Frete Unitária* é muito superior proporcionalmente, o *Parâmetro de Decisão de Novos Investimentos* fica positivo, o que vai acarretar a encomenda de novos navios, como já foi visto anteriormente.

Quando os navios são entregues (visto anteriormente) a utilização da frota cai, pela redução da *Velocidade de Operação da Frota*; os *Custos Variáveis* e os *Custos de Novos Investimentos* caem. A *Taxa de Frete* cai abaixo dos *Custos de Novos Investimentos*, levando o *Parâmetro de Decisão de Novos Investimentos* a ficar menor que zero, levando os armadores a reduzir a frota.

Novamente, por volta de 1990, o sistema atinge seu equilíbrio com a *Taxa de Frete Unitária* igualando os *Custos de Novos Investimentos*, o que leva o *Parâmetro de Decisão de Novos Investimentos* a se anular, deixando de haver a necessidade de aumento ou redução de frota.

#### **8.1.4 CONCLUSÃO DA VERIFICAÇÃO SE O MODELO SE COMPORTA DE ACORDO COM A HIPÓTESE DINÂMICA**

Foram feitas três comparações: a comparação do comportamento da oferta de TM e da taxa de frete frente a uma variação de demanda; como o parâmetro de decisão e previsão de demanda afetam as encomendas, as entregas e as demolições de navios; e como os parâmetros financeiros se comportam diante da variação de demanda.

Considerando a Hipótese Dinâmica enunciada no Capítulo anterior, pode-se concluir que o modelo, fundamentalmente, se comporta de maneira coerente com a HD.

### **8.2 COMPARAÇÃO COM O MODO DE REFERÊNCIA**

A comparação dos resultados do modelo com o Modo de Referência será feita avaliando-se quatro gráficos. Primeiro serão comparadas a evolução das taxas de frete; em seguida será verificada a evolução da frota mercante; finalmente, serão comparados os resultados do modelo com os dados históricos da entrega e demolição de navios.

Para a comparação dos resultados com o modo de referência, ao contrário do caso anterior, o modelo não foi ajustado para partir do equilíbrio, pois em 1949 a situação era de excesso de oferta. Desta forma, ajustou-se a condição inicial da *Frota Mercante* para ser 1.3 do seu valor de equilíbrio.

#### **8.2.1 COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA TAXA DE FRETE**

O Modo de Referência e os resultados obtidos para a evolução da taxa de frete são apresentados no Gráfico 7. Os gráficos apresentados na parte posterior da figura representam o modo de referência e já foram apresentados no Capítulo anterior. O gráfico da esquerda representa o comportamento do frete no mercado de graneis secos em *time charter* e o da direita o comportamento do frete no mercado de navios-tanque *voyage charter*. O gráfico da parte inferior representa o resultado obtido pelo modelo.



crescimento muito parecida com a apresentada pelo mercado de frete de carga geral após 1984, embora sem mostrar os picos de alta frequência.

Com relação ao mercado de frete de navios–tanque em *Voyage charter*, pode-se observar que o modelo reproduz bem os ciclos de 1952 e 1957, cresce demais no período decorrido entre 1959 e 1970, mostra com clareza o pico de 1973 e queda de 1974, reproduz o pico de 1980, apesar de fazê-lo com uma amplitude pequena, e apresenta uma subida a partir de 1988, sem capturar as subidas e quedas de alta frequência.

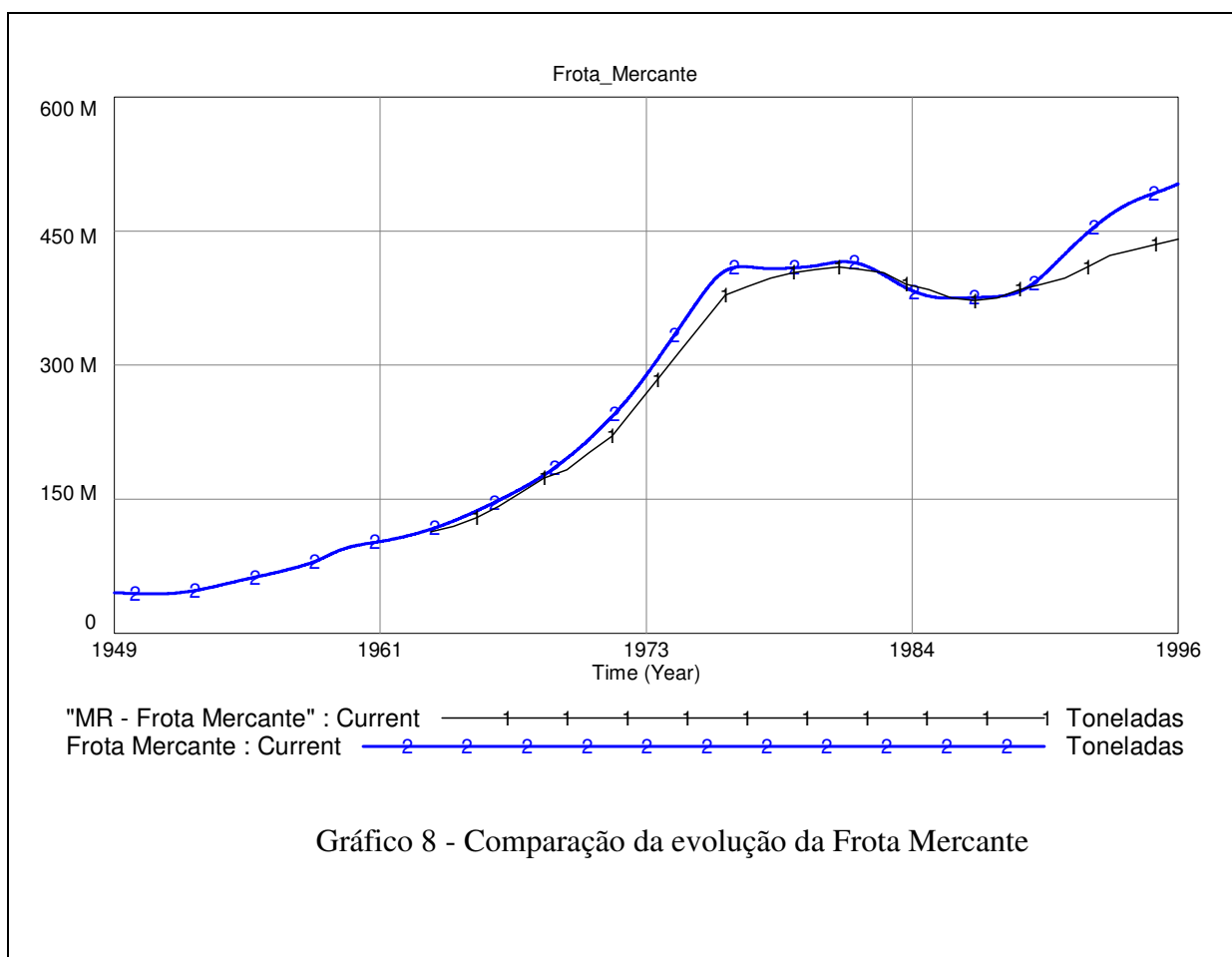
Considerando a diversidade de fatores envolvidos, o elevado nível de agregação adotado, os diversos tipos de mercado de frete, a falta de dados com frequência mais adequada, e a falta de uma ferramenta de calibração, julga-se que o modelo teve um comportamento razoável quando comparado com os dados reais. É importante lembrar que ao não se incluir a ativação e desativação de navios no modelo, abandonou-se a possibilidade de capturar as alterações de frete de alta frequência (menores que um ano). Entretanto, com os dados atuais não haveria sentido em tentar se atingir esse nível de precisão, uma vez que poderia se estar incorrendo no risco de “simplesmente tentar reproduzir o comportamento observado”, o que deve ser evitado.

Para os efeitos qualitativos que são o propósito deste trabalho, pode-se considerar que o modelo atende a seus propósitos.

### **8.2.2 COMPARAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA FROTA MERCANTE**

A evolução do comportamento da Frota Mercante e do Modo de Referência da Frota Mercante está apresentada no Gráfico 8. Pode ser observado que o modelo se comporta de maneira similar ao MR, tanto em amplitude como em sincronismo no tempo., apresentando uma distorção a partir de, aproximadamente, 1990. Apesar da distorção, parece, após um transitório com comportamento ligeiramente diferente, o modelo já estabilizou e se comporta de maneira similar ao MR.

Para os efeitos qualitativos que são o propósito deste trabalho, pode-se considerar que o modelo atende a seus propósitos.

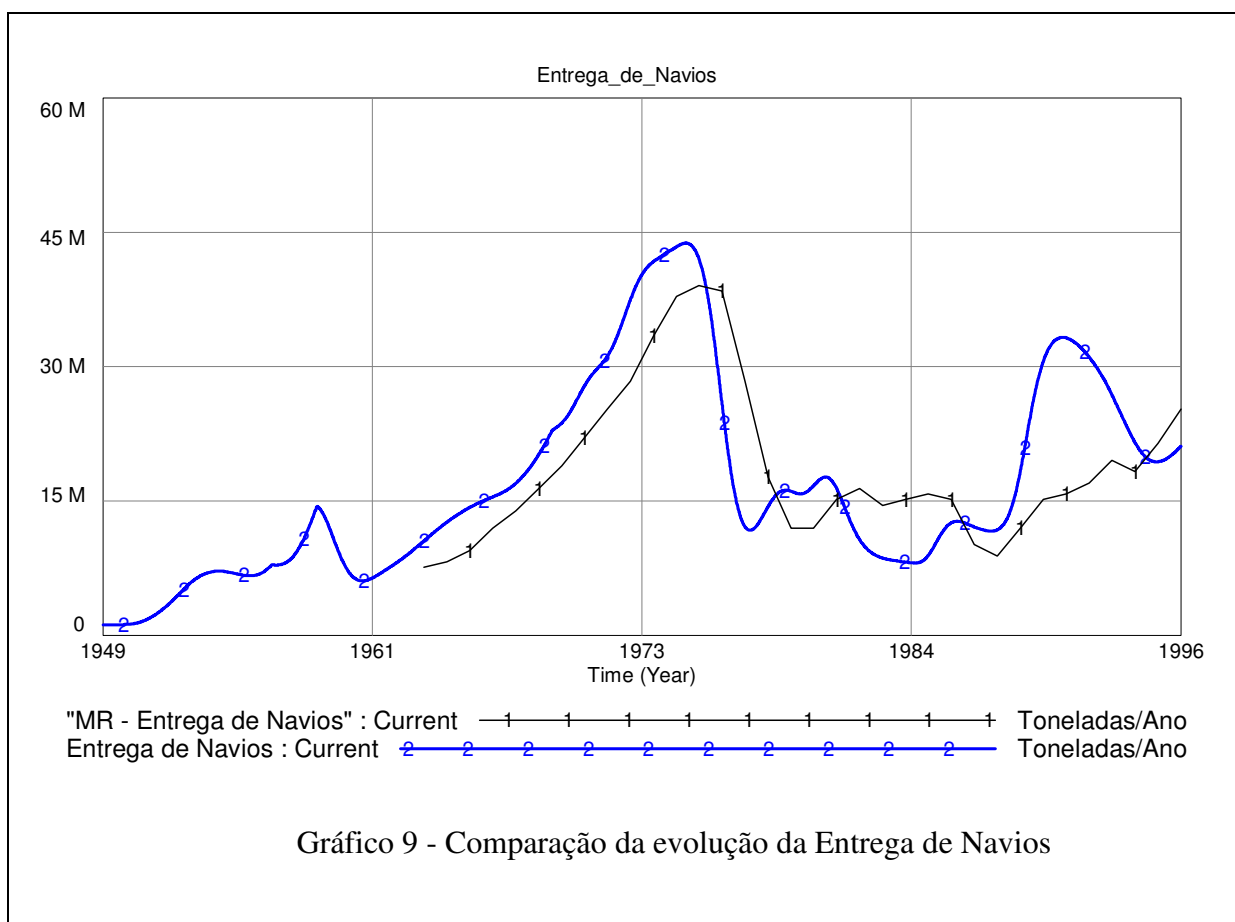


### 8.2.3 COMPARAÇÃO DA TAXA DE ENTREGA DE NAVIOS

A evolução do comportamento da Entrega de Navios e do Modo de Referência está apresentada no Gráfico 9. Pode ser observado que o modelo se comporta de maneira similar ao MR, em amplitude, mas com uma defasagem no tempo de cerca de dois anos, também apresentando uma certa distorção a partir de, aproximadamente, 1990. Apesar da distorção, parece, após um transitório com comportamento ligeiramente diferente, o modelo já estabilizou e se comporta de maneira similar ao MR.

Para os efeitos qualitativos que são o propósito deste trabalho, pode-se considerar que o modelo atende a seus propósitos.

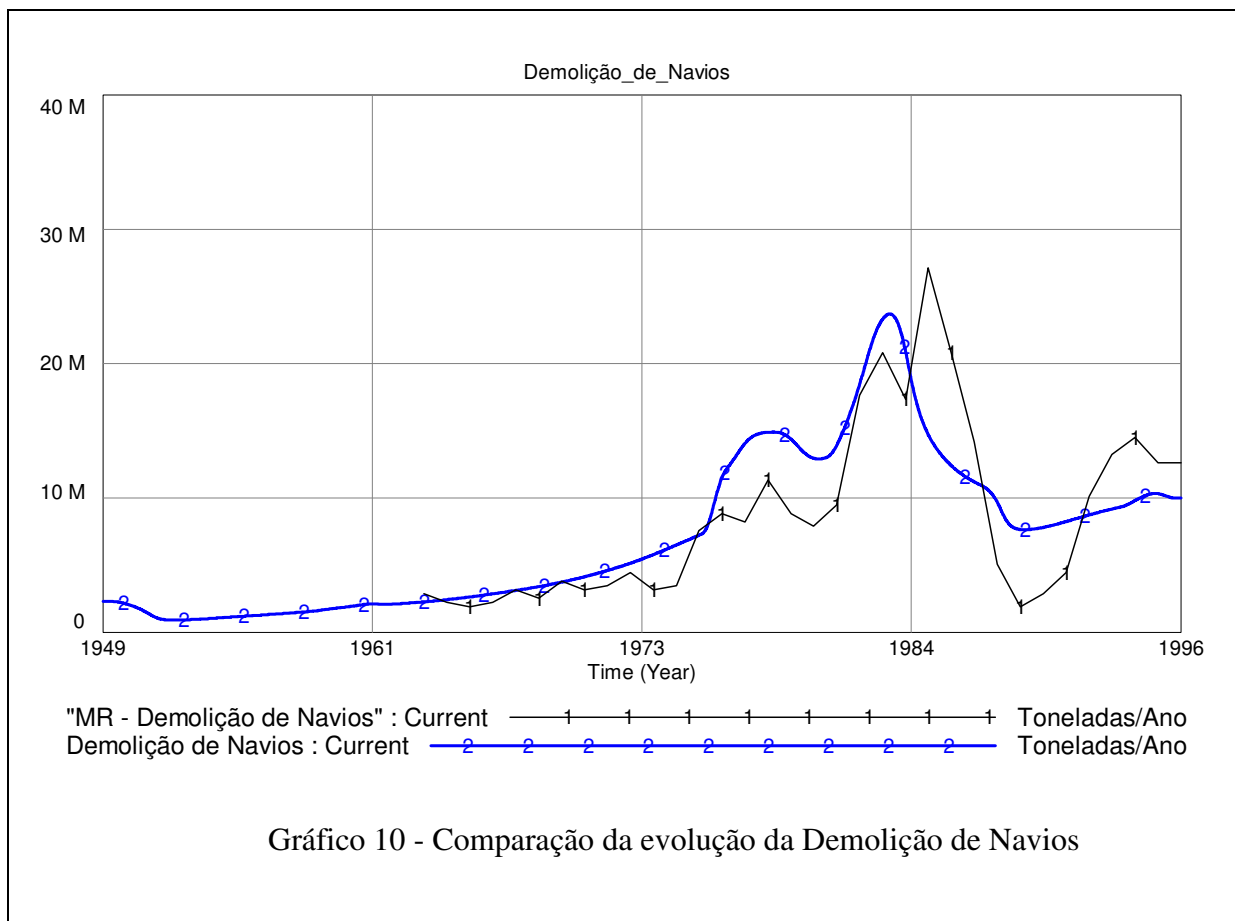




#### 8.2.4 COMPARAÇÃO DA DEMOLIÇÃO DE NAVIOS

A evolução do comportamento da Demolição de Navios e do Modo de Referência está apresentada no Gráfico 10. Neste caso, pode ser observado que o modelo se comporta de maneira similar ao MR, fase, mas com uma pequena diferença em amplitude.

Para os efeitos qualitativos que são o propósito deste trabalho, pode-se considerar que o modelo atende a seus propósitos.



### 8.2.5 CONCLUSÃO DA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS APRESENTADOS PELO MODELO COM O MODO DE REFERÊNCIA

A evolução do comportamento observado pelo modelo parece ser bastante similar ao comportamento apresentado pelo Modo de Referência. Em termos dos propósitos deste trabalho, pode-se dizer que os resultados são satisfatórios. Fica a dúvida da distorção apresentada pela Frota Mercante, a Entrega de Navios e a Demolição de Navios a partir de 1990, que se estabilizou depois.

Na realidade Stopford (1997, Capítulo 4) atribui o comportamento observado do mundo real a uma especulação que foi verificada no mercado de navios-tanque. Nesta época os navios-tanque entregues antes do período de 1973 estavam próximos de completar 20 anos, chegando próximo de sua vida útil. Desta forma, os armadores fizeram uma corrida de navios-

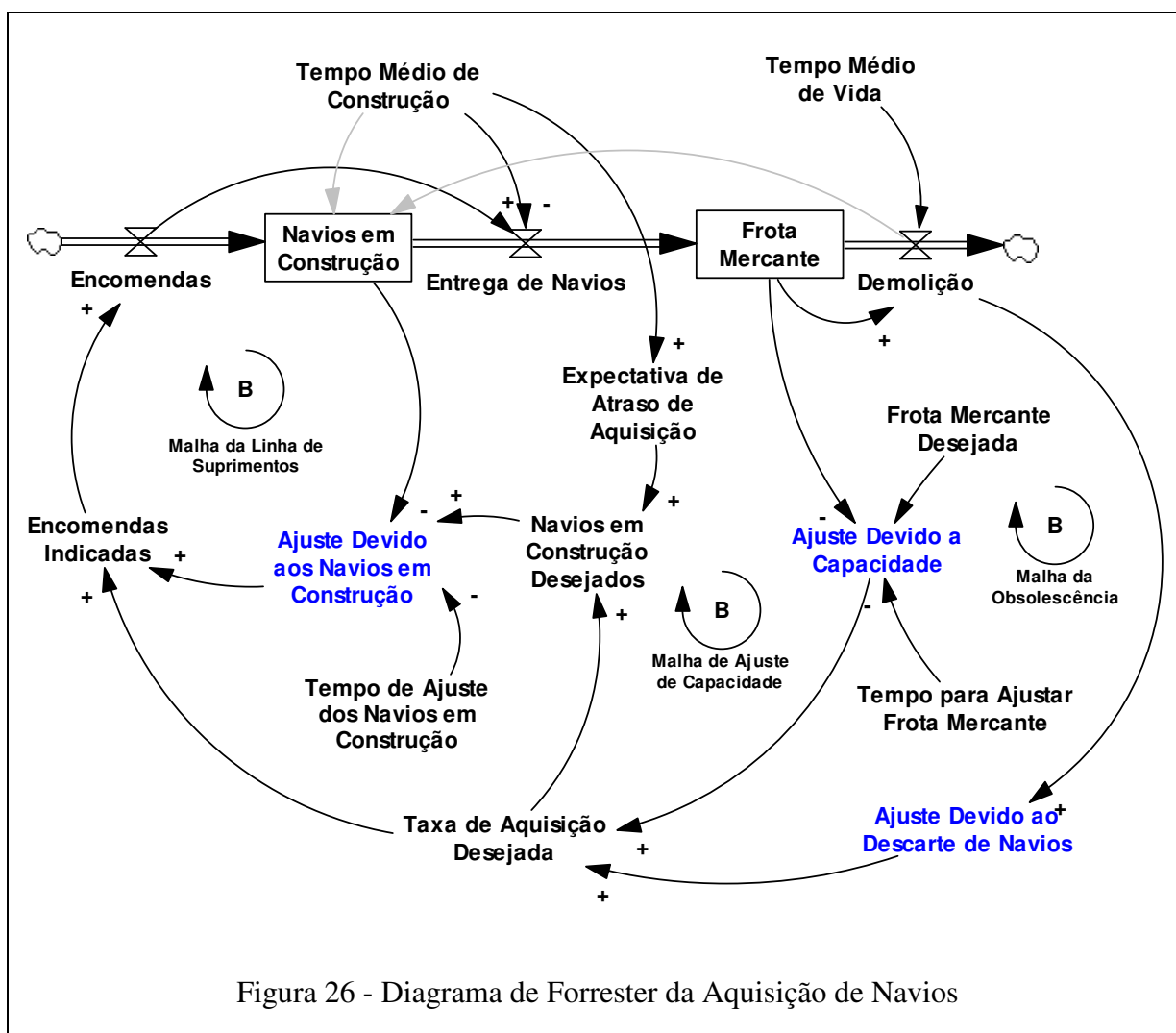
tanque, que aumentou sua demanda e sua taxa de demolição. Como essa especulação não foi incluída no modelo ele não capturou o comportamento atípico que ocorreu neste período.

## 9. COMENTÁRIOS SOBRE O MODELO

Este capítulo apresenta alguns comentários e reflexões sobre a Indústria Marítima Mundial e sobre o modelo desenvolvido neste trabalho, explorando alguns aspectos de sua estrutura e suas variáveis.

### 9.1 A INFLUÊNCIA DA LINHA DE SUPRIMENTOS

A linha de suprimentos é um item deste modelo que merece uma especial atenção pela forma como foi modelada e a forma dos armadores tomarem suas decisões. Para o estudo da linha de suprimentos será adaptado o modelo proposto por Sterman (2000, Capítulo 20).



Segundo Sterman (2000, Capítulo 17), um modelo de linha suprimentos deve englobar dois aspectos principais: os fluxos de materiais e as decisões que englobam o processo. A Figura 26 apresenta uma adaptação do modelo proposto pelo autor quando apresentando o modelo geral do mercado de *commodities* (STERMAN, 2000, Capítulo 20).

### 9.1.1 O MODELO

As variáveis representadas na estrutura de nível e vazão na parte superior do diagrama refletem o fluxo de material. As *Encomendas* representam os navios que são encomendados pelos armadores. Por questões de robustez do modelo, a variável só pode assumir valores positivos.

Os *Navios em Construção* representam a parcela dos navios que estão na linha de suprimentos. Seu valor inicial de equilíbrio é dado pela lei de Little (Little's Law<sup>27</sup>), que estabelece que, em uma linha de suprimentos em equilíbrio, o estoque em trânsito devido a um atraso é igual ao atraso multiplicado pela entrada.

A *Entrega de Navios* representa os navios que são entregues aos armadores e passam a integrar a *Frota Mercante*. É modelada como um atraso de ordem 3 das *Encomendas*. O *Tempo Médio de Construção* representa o tempo de atraso da construção.

A *Frota Mercante* representa os navios que conduzirão as cargas. Seu valor inicial de equilíbrio é igual à *Frota Mercante Desejada*.

Neste modelo a *Demolição* é determinada apenas por um fator: o *Tempo Médio de Vida*, que gera uma parcela de demolição devido a obsolescência.

O *Ajuste Devido a Capacidade* é uma função da diferença entre a *Frota Mercante Desejada* e a *Frota Mercante*. Ao ser detectada a discrepância, os armadores tomarão ações para reduzi-la. Essas ações não serão tomadas instantaneamente, mas ao longo de um

---

<sup>27</sup> Esta propriedade é conhecida com a Lei de Little, devido a John Little, professor de Pesquisa Operacional do *Massachusetts Institute of Technology* que foi a primeira pessoa a prová-la.

intervalo tempo, que pode ser maior (caso de armadores conservadores) ou menor (armadores mais agressivos). Esta dinâmica é capturada pelo *Tempo para Ajustar Frota Mercante*.

A *Taxa de Aquisição Desejada* é resultado da soma do *Ajuste Devido a Capacidade* e do *Ajuste Devido ao Descarte de Navios*. Por questões de simplicidade, o *Ajuste Devido ao Descarte de Navios* é assumido igual à *Demolição* de navios. Em modelos mais completos esta variável poderia ser modelada segundo uma suavização exponencial, que teria por objetivo capturar a percepção dos tomadores de decisão com relação à expectativa de demolição de navios.

A parte central do diagrama captura a dinâmica relativa a necessidade da correção de demanda devido aos navios já encomendados ou em construção. Esta necessidade é tratada por Serman (2000, Capítulo 17). Quando há um aumento ou diminuição de capacidade, neste caso representada pela Frota Mercante, há também a necessidade de se corrigir a quantidade de navios que estão sendo encomendados ou que já estão em construção. O conceito que envolve essa correção adicional será tratado posteriormente.

Para se considerar os navios que estão na linha de suprimentos primeiro é determinado a quantidade de *Navios em Construção Desejados*, que é o produto da *Taxa de Aquisição de Desejada* pela *Expectativa de Atraso na Aquisição*. Por simplicidade, será adotado que a expectativa de atraso é igual ao *Tempo Médio de Construção*.

O *Ajuste Devidos aos Navios em Construção* é igual à diferença dos *Navios em Construção Desejados* e *Navios em Construção* divididos pelo *Tempo de Ajuste dos Navios em Construção*. As *Encomendas Indicadas* representam a soma da *Taxa de Aquisição Desejada* e do *Ajuste Devido aos Navios em Construção*.

A Tabela 15 apresenta as equações do modelo em estudo. É usada a mesma notação adotada no Capítulo 7.

Tabela 15 – Equações do módulo de obtenção de navios	
<p>Ajuste Devido a Capacidade =            = (Frota Mercante Desejada - Frota Mercante)/            /Tempo para Ajustar Frota Mercante            Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>Os armadores procuram reduzir a discrepância entre a Frota desejada e a existente ao longo do tempo para ajustar a frota.</p>	Equação 9-1
<p>Ajuste Devido ao Descarte de Navios = Demolição            Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>A expectativa de demolição de navios é assumida igual à demolição, o que faz o ajuste devido ao descarte de navios igual à demolição de navios.</p>	Equação 9-2
<p>Ajuste Devido aos Navios em Construção =            = (Navios em Construção Desejados - Navios em Construção)/            /Tempo de Ajuste dos Navios em Construção            Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>A linha de suprimentos é ajustada para o valor desejado ao longo do tempo de ajuste.</p>	Equação 9-3
<p>Demolição = Frota Mercante/Tempo Médio de Vida            Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>O tempo médio de vida determina a taxa na qual a vida útil decai e os navios são descartados.</p>	Equação 9-4
<p>Encomendas = MAX(0, Encomendas Indicadas)            Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>As encomendas são restritas a valores positivos (o cancelamento de encomendas não está previsto).</p>	Equação 9-5
<p>Encomendas Indicadas =            = Taxa de Aquisição Desejada +            + Ajuste Devido aos Navios em Construção            Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>As encomendas indicadas representam a soma da taxa de aquisição desejada e do ajuste devido aos navios em construção, que mantém os navios</p>	Equação 9-6

Tabela 15 – Equações do módulo de obtenção de navios	
<p>Entrega de Navios = = DELAY3(Encomendas,Tempo Médio de Construção ) Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>Assume-se um atraso de terceira ordem como um modelo adequado para o processo de encomenda e construção dos navios.</p>	Equação 9-7
<p>Expectativa de Atraso de Aquisição = Tempo Médio de Construção Unidade: Ano</p> <p>Captura a expectativa de atraso para a obtenção dos navios. Aqui é assumida como igual ao tempo de construção.</p>	Equação 9-8
<p>FINAL TIME = 100 Unidade: Year</p> <p>O instante de tempo final da simulação.</p>	Equação 9-9
<p>Frota Mercante= INTEG (Entrega de Navios-Demolição, 5e+008) Unidade: Toneladas</p> <p>A frota mercante acumula as entregas de navios menos as demolições. É inicializada com um valor de equilíbrio, que no caso em estudo é igual à Frota Mercante Desejada.</p>	Equação 9-10
<p>Frota Mercante Desejada = 5e+008 + STEP(1e+008, 10 ) Unidade: Toneladas</p> <p>A frota mercante desejada é baseada na frota mercante existente, ajustada para mais ou para menos em função da expectativa de rentabilidade dos novos investimentos. Neste caso, é considerada uma variável exógena.</p>	Equação 9-11
<p>INITIAL TIME = 0 Unidade: Year</p> <p>O instante de tempo inicial da simulação.</p>	Equação 9-12
<p>Navios em Construção = INTEG (Encomendas-Entrega de Navios, Tempo Médio de Construção*Demolição) Unidade: Toneladas</p> <p>Os navios em construção representam a linha de suprimentos, que inclui os navios encomendados e os navios em construção.</p>	Equação 9-13

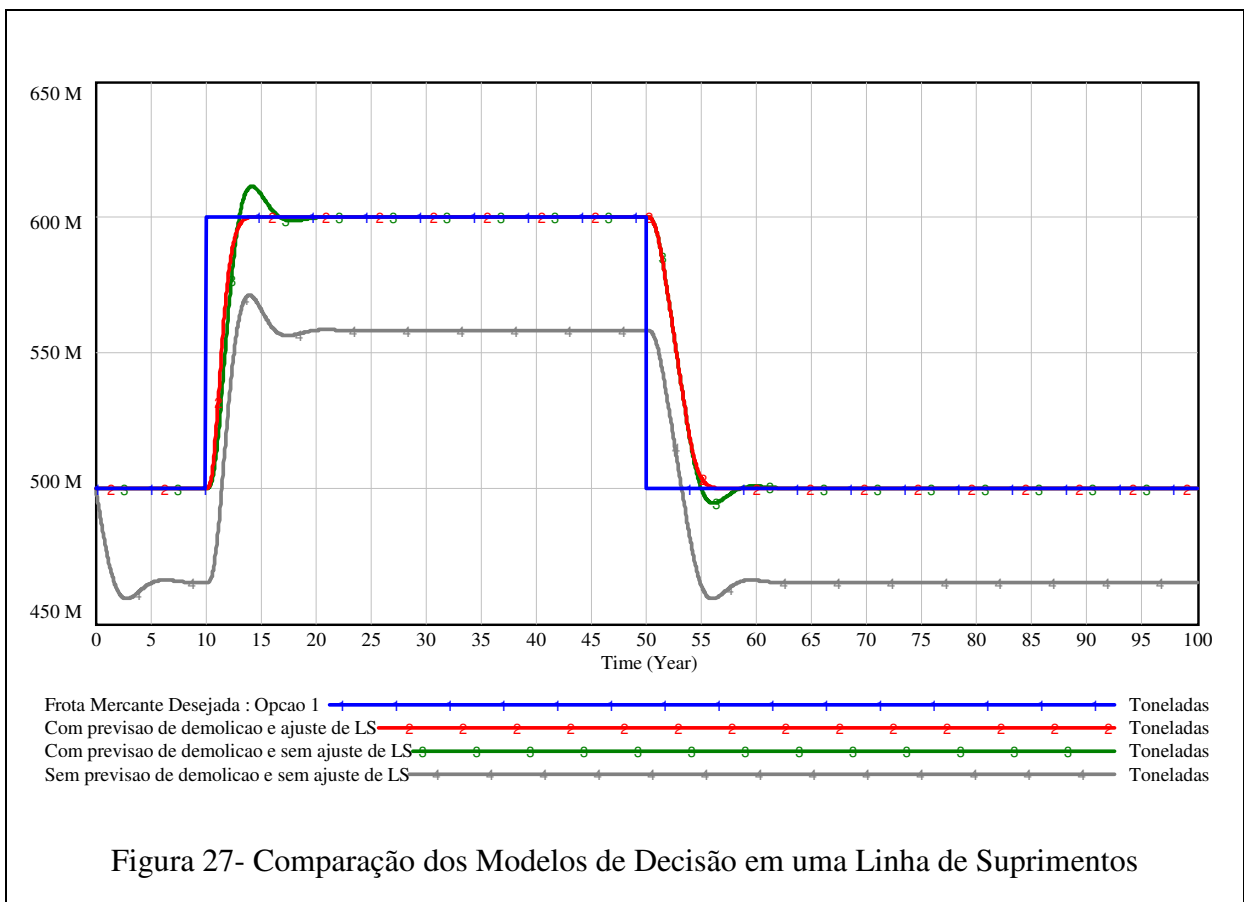


Tabela 15 – Equações do módulo de obtenção de navios	
<p>Navios em Construção Desejados = = Expectativa de Atraso de Aquisição*Taxa de Aquisição Desejada Unidade: Toneladas</p> <p>Captura a quantidade de navios que se deseja na linha de suprimentos, dadas a taxa de aquisição desejada e o tempo de atraso para se obter os novos navios.</p>	Equação 9-14
<p>SAVEPER = TIME STEP Unidade: Year</p> <p>A frequência com que os resultados da simulação são armazenados.</p>	Equação 9-15
<p>Taxa de Aquisição Desejada = = Ajuste Devido Descarte de Navios + Ajuste Devido a Capacidade Unidade: Toneladas/Ano</p> <p>A taxa na qual os navios necessários para igualar a quantidade de navios existentes a Quantidade de navios desejados, considerando os navios que serão demolidos.</p>	Equação 9-16
<p>Tempo de Ajuste dos Navios em Construção = 0.75 Unidade: Ano</p> <p>O período de tempo no qual os navios existentes na linha de suprimentos devem se ajustar a seu valor desejado.</p>	Equação 9-17
<p>Tempo Médio de Construção = 1 Unidade: Ano</p> <p>O tempo médio necessário para se adquirir um navio. Neste estudo será considerado constante, no modelo foi considerado variável e função das encomendas, utilização e capacidade dos estaleiros.</p>	Equação 9-18
<p>Tempo Médio de Vida = 20 Unidade: Ano</p> <p>O tempo médio de vida de um navio.</p>	Equação 9-19
<p>Tempo para Ajustar Frota Mercante = 1.5 Unidade: Ano</p> <p>O período de tempo médio na qual os armadores procuram anular a diferença entre a frota existente e a frota desejada.</p>	Equação 9-20

Tabela 15 – Equações do módulo de obtenção de navios	
TIME STEP = 0.03125 Unidade: Year É o intervalo de integração usado pelo modelo.	Equação 9-21

### 9.1.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS MALHAS REPRESENTADAS

No modelo da obtenção de navios, podem-se observar três malhas de equilíbrio: a da Linha de Suprimentos; a do Ajuste de Capacidade; e a da Obsolescência. Serman (2000, Capítulo 17) alerta que quando um tomador de decisão considera estes três aspectos, ele reflete a capacidade de analisar o problema do seu ponto de vista dinâmico, o que nem sempre se verifica.



A Figura 27 apresenta a comparação dos modelos de decisão. A figura representa o resultado de três simulações diferentes. Nos três casos tanto as condições iniciais quanto a variável exógena, *Frota Mercante Desejada* (representada pela curva 1), foram iguais.

Observe-se o comportamento em cada caso. A curva 2 mostra o comportamento da *Frota Mercante* quando o tomador de decisão corrige a discrepância levando em consideração tanto a *Expectativa de Obsolescência* quanto o *Ajuste pelos Navios em Aquisição*. Pode ser observado que o comportamento da *Frota Mercante* não apresenta erro de regime permanente, nem oscilação.

A curva 3 mostra o comportamento da *Frota Mercante* quando o tomador de decisão procura corrigir a discrepância, leva em consideração a *Expectativa de Obsolescência*, mas não leva em consideração os navios em construção. Pode ser observado que o erro de regime permanente deixa de existir, mas verifica-se a existência de oscilação.

A curva 4 representa o comportamento da *Frota Mercante* quando o tomador de decisão só procura corrigir a discrepância, portanto desprezando a expectativa de obsolescência e os ajustes devido aos navios em construção. Observe-se que neste caso o comportamento da *Frota Mercante* apresenta erro de regime permanente e oscilação.

A inclusão da correção devido à *Expectativa de Obsolescência* é tratada por Serman (2000, página 671). A inclusão desta correção é razoável no caso em estudo uma vez que os textos sobre a indústria marítima deixam claros indícios que a obsolescência dos navios é levada em conta na tomada de decisão da indústria. Exemplos disso podem ser vistos em Stopford (1997, Capítulo 4), na palestra do Dr. Sérgio Machado, Presidente da Transpetro, e na entrevista concedida a CUNHA (2006), pelo Vice-Presidente do Sindicato dos Armadores, o Engenheiro Cláudio Décourt.

A inclusão da correção devida ao *Ajuste pelos Navios em Aquisição* é explorada por Serman (2000, páginas 680 – 698). Pode-se dizer que quando é detectada uma diferença entre

a necessidade de navios e a frota existente, é iniciada uma ação corretiva (encomenda ou demolição de navios). Esta ação leva um tempo para ter seus efeitos percebidos, uma vez que há atrasos importantes entre a decisão de comprar navios e estes estarem efetivamente disponíveis. Isto cria uma linha de suprimentos de correções já iniciadas, mas que ainda não tiveram impacto.

Com o decorrer do tempo, haverá a necessidade de novas correções devido a novas flutuações entre a oferta e a demanda. Se estas novas correções não levarem em conta os navios que já estão na linha de suprimentos e que ainda não estão prontos, poderá ocorrer um excesso de pedidos que leve a oscilação, pois quando os navios não contabilizados forem entregues, isto acarretará um excesso de capacidade que afetará o mercado. A existência, ou não, desta oscilação depende dos parâmetros do sistema simulado. Há um conhecido jogo de empresas, chamado *Beer Game*, que destaca esta característica dinâmica das linhas de suprimento.

O modelo apresentado no Capítulo 7 não incluiu o ajuste devido à linha de suprimentos uma vez que este assunto não foi tratado em nenhum dos textos, conversas ou entrevistas com o pessoal do setor ao longo do desenvolvimento do trabalho. Observe-se que mesmo no trabalho da SAMARCO (que será apresentado adiante neste Capítulo) nada a respeito da linha de suprimentos foi citado como uma compreensão importante sobre o mercado.

Sterman (2000, Capítulo 17) considera essa falha na percepção da importância da linha de suprimentos como um dos fatores essenciais das grandes oscilações geradas nos mercados de *commodities*.

O mercado imobiliário tem características muito similares ao de construção naval: intensivo em capital; grande tempo de atraso na obtenção do bem; tem um comportamento histórico caracteristicamente cíclico, além de outros fatores. Sterman (2000, item 17.4.3)

apresenta um estudo deste mercado e uma pesquisa conduzida por alunos do MIT no início da década de 1990.

De forma resumida, observou-se que a quantidade de obras em andamento simplesmente não é considerada nem pelos agentes financeiros nem pelos grandes investidores quando dos estudos de viabilidade de um novo empreendimento. Quando perguntados sobre o assunto, a maioria simplesmente disse ignorar o fato, ou afirmou que a inclusão de tal variável de decisão seria muito complicada.

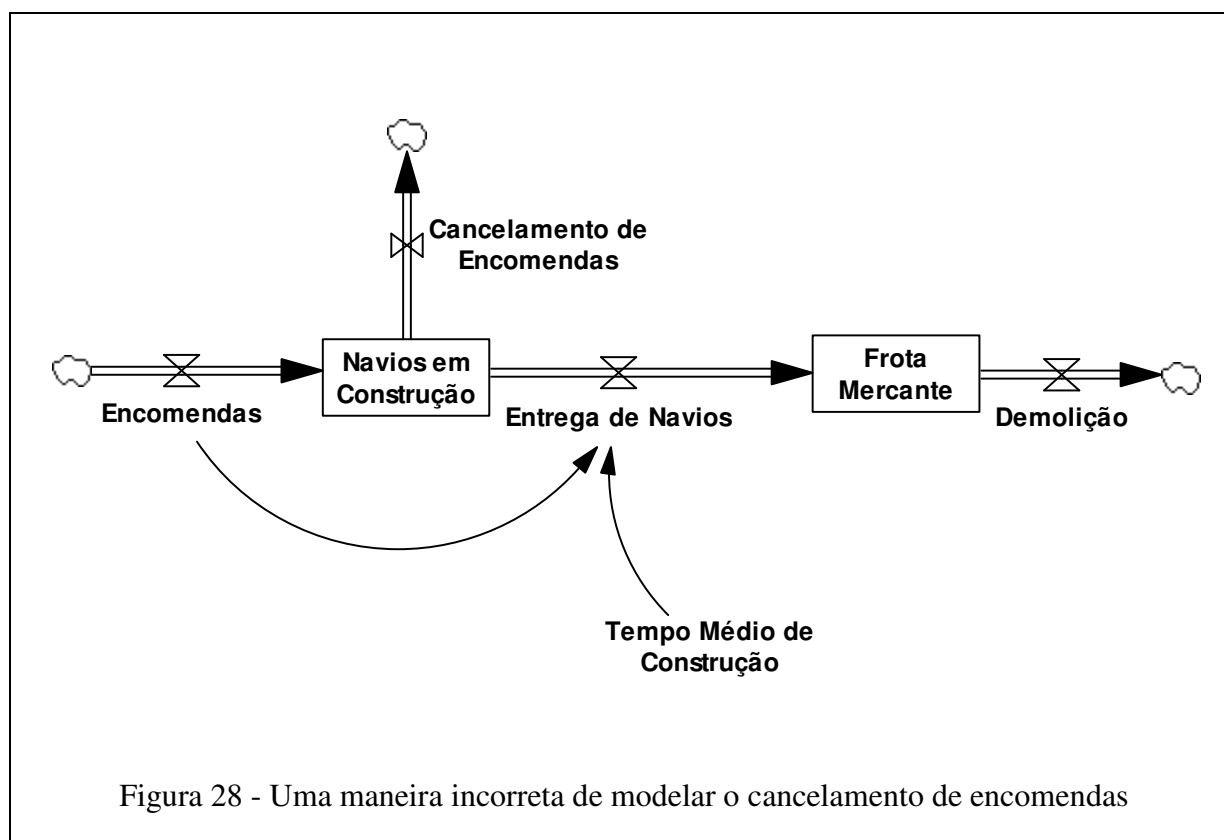
É possível que o mesmo ocorra na Indústria Marítima Mundial, o que sugere uma investigação mais aprofundada para o assunto.

## 9.2 CANCELAMENTO DE ENCOMENDAS

Segundo Stermann (2000, Capítulo 20), a modelagem do cancelamento de encomendas apresenta algumas alterações sutis mas importantes no modelo. Pode-se tentar modelar o cancelamento adicionando-se uma nova vazão aos *Navios em Construção*, como pode ser visto na Figura 28. O *Cancelamento de Encomendas* poderia depender de várias variáveis, não apresentados. Esta formulação não é correta, pois a *Entrega de Navios* continua sendo modelada como um atraso de terceira ordem das *Encomendas*. Esta formulação violaria a lei de conservação de material, uma vez que todas as encomendas seriam entregues (respeitando o atraso de terceira ordem) e o nível *Navios em Construção* seria drenado também das encomendas canceladas (STERMAN, 2000, Capítulo 20).

Seria possível procurar uma solução para isso alterando-se a equação da *Entrega de Navios* de forma a incluir o *Cancelamento de Encomendas*; entretanto, tais tentativas de correção também não seriam apropriadas, pois em se alterando a equação da *Entrega de Navios* o *Cancelamento de Encomendas* faria com que, implicitamente, o cancelamento tivesse efeito imediato nas entregas, reduzindo o estoque de navios quase prontos para serem entregues, o que não seria correto. O que parece correto seria o *Cancelamento de Encomendas*

afetar os navios que estão na sua fase inicial de projeto ou contratação, e o efeito desta ação levaria tempo até ser sentida nos processos finais de prontificação dos navios.



A Figura 29 mostra a estrutura para a aquisição de navios incluindo o cancelamento de encomendas. Por questões de simplicidade, assumiu-se que somente no primeiro estágio da obtenção (*Navios em Construção 1*) é possível cancelar-se encomendas. Esta assunção parece ser razoável, uma vez que é mais fácil cancelar a aquisição de um navios enquanto o aço para sua construção e os grandes equipamentos (motor principal, redutora, etc.) ainda não foram adquiridos.

Na estrutura apresentada na Figura 29 o atraso de terceira ordem que foi assumido para o processo de construção dos navios foi desmembrado em uma estrutura com três níveis (cada um representando um nível do atraso). A entrada da estrutura continua sendo as *Encomendas* e sua saída continua sendo a *Entrega de Navios*. O atraso em cada elo da cadeia

é igual a um terço do atraso total (*Tempo Médio de Construção*). Cada nível é inicializado na condição de equilíbrio seguindo a Little's Law:

$$\begin{aligned} \text{Navios em Construção 1 (0)} &= \\ &= \text{Demolição} * \text{Tempo Médio de Construção} / 3 \end{aligned} \quad \text{Equação 9-22}$$

$$\begin{aligned} \text{Navios em Construção 2 (0)} &= \\ &= \text{Demolição} * \text{Tempo Médio de Construção} / 3 \end{aligned} \quad \text{Equação 9-23}$$

$$\begin{aligned} \text{Navios em Construção 3 (0)} &= \\ &= \text{Demolição} * \text{Tempo Médio de Construção} / 3 \end{aligned} \quad \text{Equação 9-24}$$

As equações das vazões na linha de suprimento (aquisição de navios) são similares entre si e representam um atraso:

$$\begin{aligned} \text{Navios em Trânsito 1 - 2} &= \\ &= \text{Navios em Construção 1} / (\text{Tempo Médio de Construção} / 3) \end{aligned} \quad \text{Equação 9-25}$$

$$\begin{aligned} \text{Navios em Trânsito 2 - 3} &= \\ &= \text{Navios em Construção 2} / (\text{Tempo Médio de Construção} / 3) \end{aligned} \quad \text{Equação 9-26}$$

$$\begin{aligned} \text{Entrega de Navios} &= \\ &= \text{Navios em Construção 3} / (\text{Tempo Médio de Construção} / 3) \end{aligned} \quad \text{Equação 9-27}$$

O *Cancelamento de Encomendas* é definido como o valor mínimo entre o valor indicado para o cancelamento e o valor máximo de cancelamento:

$$\begin{aligned} \text{Cancelamento de Encomendas} &= \\ &= \text{MIN} (\text{Taxa Máxima de Cancelamento}, \text{Taxa de Cancelamento} \\ &\text{Indicada}) \end{aligned} \quad \text{Equação 9-28}$$

A *Taxa Máxima de Cancelamento* é uma fração anual do valor do nível que será reduzido; no caso em estudo somente só afetará o *Navios em Construção 1*.

$$\begin{aligned} \text{Taxa Máxima de Cancelamento} &= \\ &= \text{Navios em Construção 1} / \text{Tempo Mínimo para Cancelar} \\ &\text{Encomendas} \end{aligned} \quad \text{Equação 9-29}$$

Esta forma de equacionar o problema assegura que o cancelamento de encomendas será reduzido à medida que os navios na primeira fase de construção forem diminuindo.

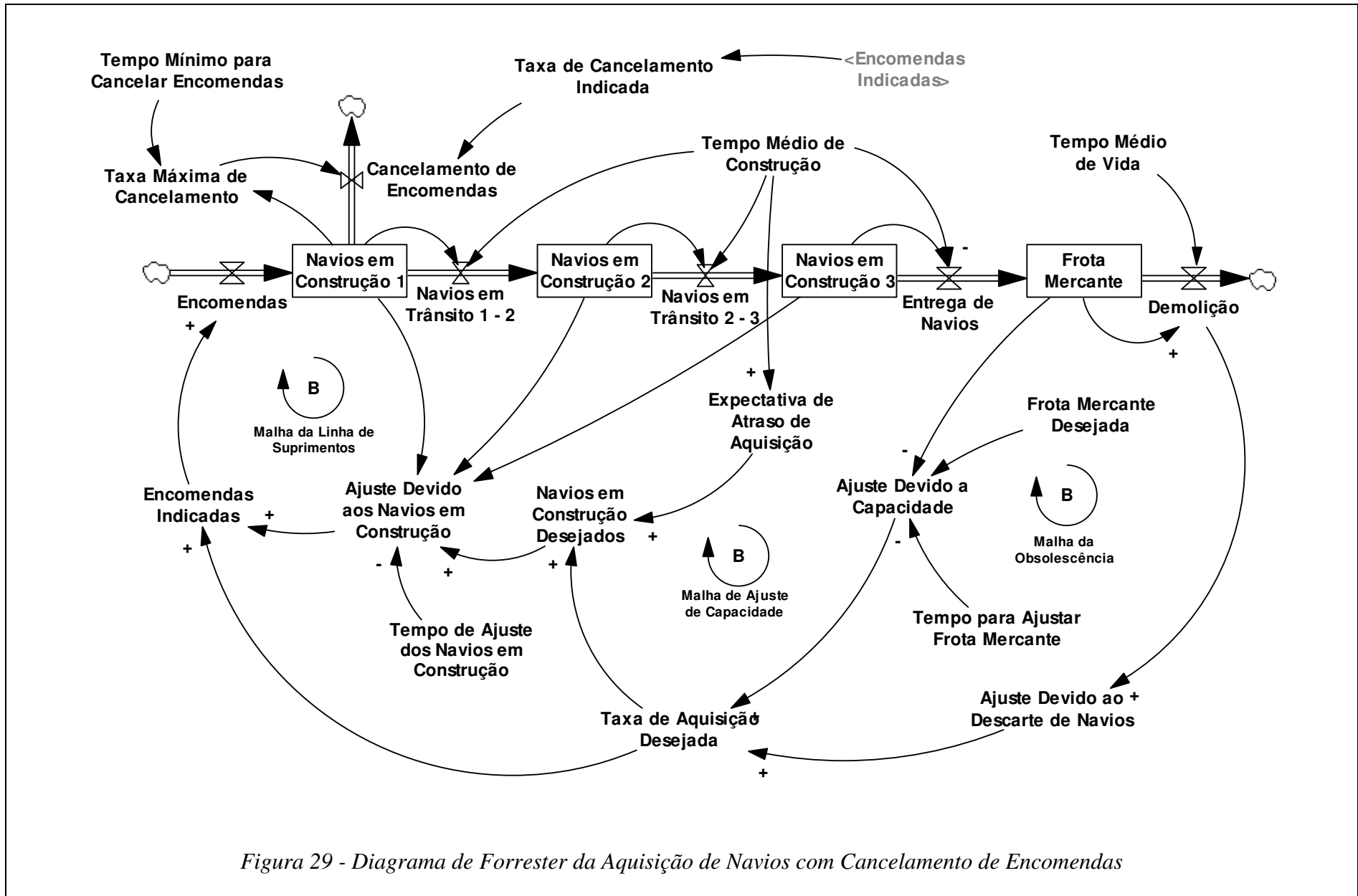
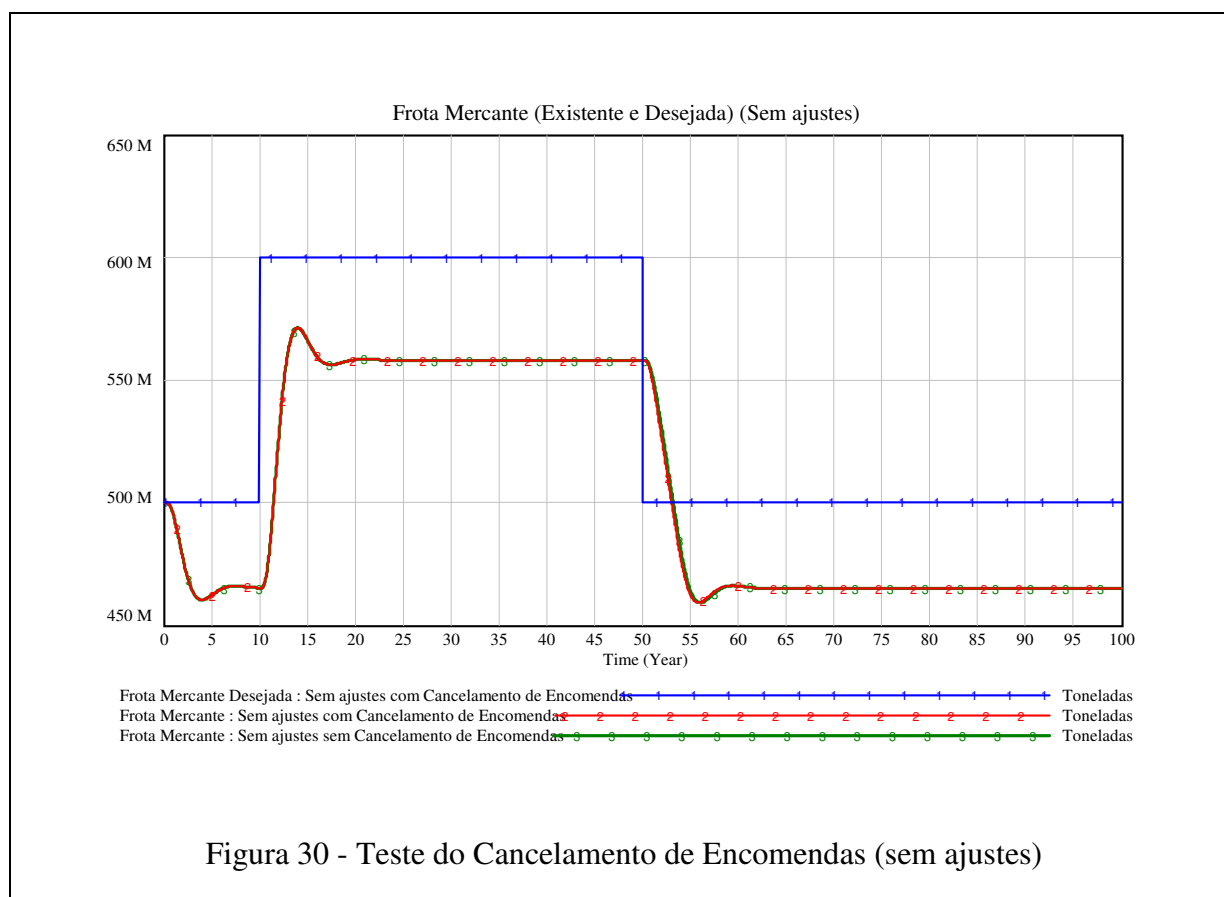


Figura 29 - Diagrama de Forrester da Aquisição de Navios com Cancelamento de Encomendas



Os resultados obtidos para um teste com variação instantânea de 25% da demanda são apresentados na Figura 30 - Teste do Cancelamento de Encomendas (sem ajustes), na Figura 31 - Teste do Cancelamento de Encomendas (com ajuste de obsolescência), e na Figura 32 - Teste do Cancelamento de Encomendas (com ajustes).



Como pode ser observado, o cancelamento de encomendas tem uma influência pequena na resposta do sistema aos testes executados. Na realidade, durante este estudo foram desenvolvidos modelos que consideravam o cancelamento de encomendas em sua estrutura. Os resultados obtidos mostraram que a influência do cancelamento de encomendas não justificava sua inclusão no modelo base.

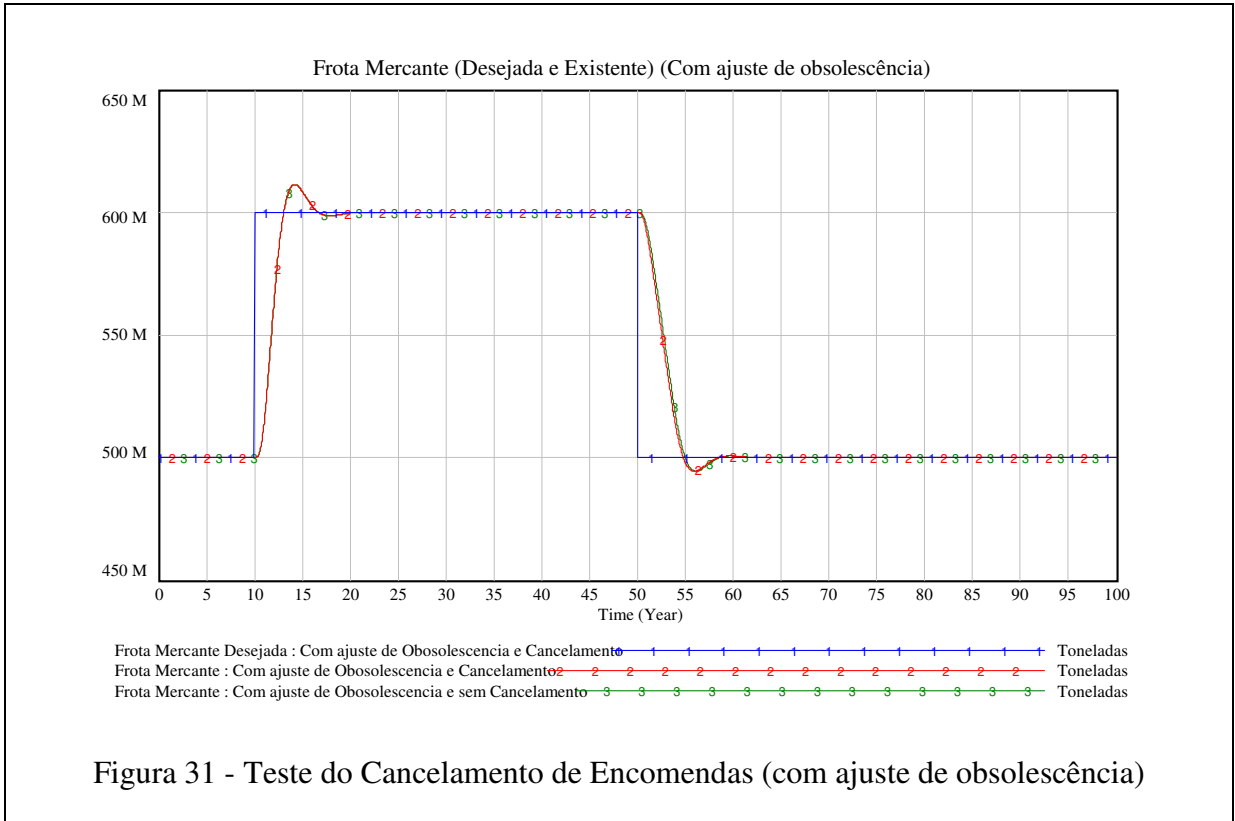


Figura 31 - Teste do Cancelamento de Encomendas (com ajuste de obsolescência)

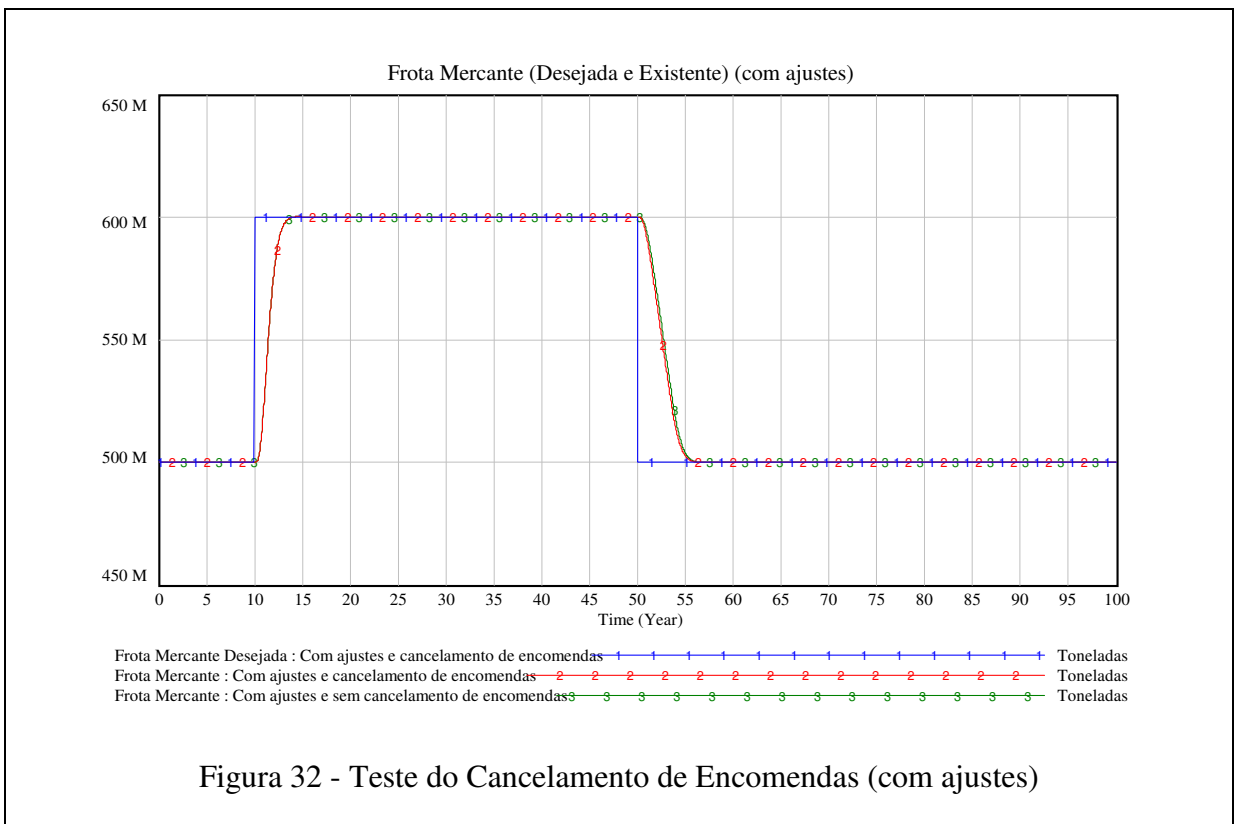


Figura 32 - Teste do Cancelamento de Encomendas (com ajustes)

Segundo Sterman (2000, Capítulo 20, página 425), apresenta uma interessante análise sobre os efeitos do cancelamento de encomendas. De forma sucinta, pode-se dizer que a inclusão do cancelamento tem dois efeitos principais: primeiro, reduz o valor médio das principais variáveis; e o segundo, e principal, é desestabilizar a indústria.

O cancelamento de encomendas faz com que a média dos navios em construção seja menor, quando comparado com o modelo que Sterman usa como base (considera tanto o ajuste de obsolescência quanto o da linha de suprimentos) e permite que a frota seja reduzida de maneira mais rápida durante períodos de excesso de capacidade. Com a redução da frota, há a redução das *Encomendas*. Como há uma redução da frota mercante, a média dos valores da taxa de frete sobe, aumentando a utilização da frota e expectativa de rentabilidade de novos investimentos (que leva a mais encomendas). Desta forma, as encomendas proporcionalmente caem menos que a frota, havendo uma compensação no próprio sistema.

A desestabilização da indústria ocorre uma vez que o cancelamento de encomendas aumenta a variância das principais variáveis; principalmente, os navios em construção e a frota mercante. Esta desestabilização ocorre pelo fato de que o cancelamento de encomendas inclui uma nova malha de realimentação com, essencialmente, os mesmos atrasos verificados na malha de *Aquisição de Capacidade* (STERMAN, 2000, página 424).

### **9.3 O MODELO ADOTADO PARA A DECISÃO**

A fundamentação teórica sobre modelagem da tomada de decisão é um assunto de grande interesse e já com extensa bibliografia (SHIMIZU, 2006). Neste trabalho, o assunto será restrito a alguns de seus aspectos essenciais proposto por Sterman (2000, pág. 516). Sterman sugere que um modelo de tomada de decisão, em Dinâmica de Sistemas, deve atender a alguns princípios básicos descritos a seguir.

As entradas para qualquer regra de decisão do modelo devem se restringir às informações realmente disponíveis aos tomadores de decisão. Por esta razão, todas as

expectativas e crenças devem ser baseadas em informações históricas; desta forma, tais expectativas e crenças podem estar erradas. As condições reais e as condições percebidas podem diferir devido a atrasos de coleta de informações e as crenças dos tomadores de decisão não se atualizam imediatamente após o recebimento das informações; e, desta forma, as percepções freqüentemente são diferentes das condições reais.

As regras de decisão de um modelo devem ser coerentes com as práticas gerenciais. Assim sendo, todas as variáveis do modelo devem ter um parâmetro equivalente no mundo real; as unidades de medida devem ser consistentes; e não se deve assumir que as decisões seguem nenhuma teoria, devendo ser primeiramente investigadas.

Outro ponto importante é que as condições desejadas e as condições reais devem ser distintas no modelo. As restrições físicas, que limitam as ações, devem ser representadas; desta forma, tanto as informações sobre os estados do sistema (seus níveis) quanto as atuações nesses estados (as vazões) devem ter seus valores reais e desejados representados por variáveis distintas.

Dois aspectos adicionais de grande importância que devem ser considerados: as regras de decisão devem ser robustas em condições extremas; e não se deve assumir que o sistema é estável, devendo ser este um comportamento que emerge da interação entre os elementos o compõe.

A regra de decisão adotada no modelo reflete dois aspectos: a previsão de demanda e a previsão de lucro de novos investimentos em capacidade. Raff (1961) não incluiu em seu modelo uma tomada de decisão baseada em aspectos especulativos, mas simplesmente em aspectos técnicos usando como base a previsão de demanda. Serman (2000, Capítulo 20), por outro lado, não considera em seu modelo geral do mercado de *commodities* a previsão de demanda, mas considera apenas os aspectos especulativos.

No modelo apresentado no Capítulo 7, optou-se por utilizar no modelo de decisão tanto a previsão de demanda quanto os aspectos especulativos. A opção por considerar as duas variáveis deveu-se a dois fatores. Slack (2002) considera que qualquer decisão de instalação de nova capacidade deve ser precedida de uma análise de demanda, que gera a informação fundamental de onde instalar a nova unidade e qual deve ser sua capacidade; há indícios que os armadores considerem a demanda como elemento de decisão; é importante destacar que as grandes companhias de petróleo tem suas frotas próprias e prevêm suas necessidades em função da demanda ao longo do tempo. O uso da expectativa de lucratividade e do retorno sobre o investimento parecem importantes uma vez que a primeira é um indicador do interesse dos armadores em permanecer no mercado e a outra aponta o interesse das instituições financeiras em aplicar no setor.

O algoritmo de otimização adotado no modelo apresentado no Capítulo 7 é conhecido como *Hill Climbing* e é apresentado por Sterman (2000, Capítulo 15).

Em situações onde os tomadores de decisão tentam otimizar um sistema, mas não possuem informações sobre a estrutura do sistema que facilitem a identificação do ponto ótimo o *Hill Climbing* parece capturar o comportamento dos tomadores de decisão de maneira realista (Sterman, 2000, pág. 537). Este algoritmo, segundo o próprio Sterman (2000, pág. 538) tem importantes limitações, entre elas: há o risco de que o sistema seja levado a operar em um ótimo local, em detrimento de ótimos globais; e há condições em que o algoritmo pode divergir.

Kauffman (1995 e 2000) faz uma extensa análise de algoritmos de otimização sob a ótica dos sistemas complexos, utilizando o que é conhecido com a metáfora do *fitness landscape*. De maneira muito resumida, pode-se dizer que a procura por ótimos globais obriga que o tomador de decisão quebre paradigmas existentes, e considere a operação do sistema a ser otimizado em regiões distintas das que existem na atualidade. Um exemplo de quebra de

paradigma no caso em estudo, seria considerar o uso de navios com propulsão nuclear para aumentar sensivelmente a velocidade máxima e, conseqüentemente, a utilização da frota.

Neste estudo não se está considerando que as decisões tomadas quebrem paradigmas consagrados. Adicionalmente, considera-se um conjunto reduzido de variáveis de entrada, basicamente custos e expectativas de frete, com as decisões se resumindo ao aumento ou redução de utilização ou da capacidade de frota. Desta forma, optou-se por utilizar o algoritmo proposto por Sterman, uma vez que não se vislumbra que os armadores sairão da vizinhança do ponto de operação, levando a indústria mundial a operar em situações muito distantes das regiões de operação verificadas ao longo do último século.

#### **9.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE PARÂMETROS**

Não foram conduzidos testes formais de sensibilidade de parâmetros por falta de dados que fundamentassem conclusões sobre o resultado de uma análise de sensibilidade de parâmetros.

Apesar disso, disso ficou evidente durante o ajuste do modelo que seu comportamento é muito sensível ao ganho do *Efeito do Parâmetro para Novos Investimentos Positivo*. Outro dado estatístico que gerou um valor diferente do que seria de se esperar é o *Tempo Médio de Vida dos Navios*, que se fosse adotado um valor coerente com os dados disponíveis, seria de 40 anos, o que contraria a visão da comunidade de engenharia naval.

Segundo Sterman (2000.a, Capítulo 21), os parâmetros cujas pequenas alterações geram grandes variações de comportamento do modelo e parâmetros que ficam fora de valores que seriam razoáveis de se supor, devem ser alvo de estudos mais aprofundados e de esforços adicionais na obtenção de dados estatísticos que gerem subsídios para sua estimação com maior precisão.

## 9.5 COMPARAÇÃO COM UMA CONSULTORIA DA SAMARCO

Com o propósito de se ter um parâmetro de comparação se o nível de conhecimento obtido com este trabalho foi adequado, será feita uma rápida apresentação dos resultados de um estudo real sobre a análise do mercado de frete internacional e seus efeitos na competitividade da Samarco, apresentado em Andrade et ali (ANDRADE, 2006, página 153).

A Samarco Mineração S.A. é uma empresa que exporta minério de ferro para a indústria siderúrgica mundial, utilizando intensivamente o transporte marítimo como única forma de entregar seus produtos. Diante desta dependência, a empresa resolveu reunir uma equipe multidisciplinar composta de representantes de toda a sua cadeia produtiva, especialistas no mercado de fretes e consultores externos na metodologia de pensamento sistêmico e planejamento por cenários.

Apesar de ser um estudo muito interessante, para o propósito deste trabalho serão apresentadas apenas suas conclusões sobre o aprendizado dos elementos direcionadores do mercado de fretes:

- **Forte dependência das rotas** – neste ponto chegou-se à conclusão que um aumento das rotas causa uma redução da capacidade de transporte;
- **Influência de outras *commodities*** – o mercado de fretes para minério de ferro é fortemente influenciado pelo mercado de carvão e coque;
- **Influência da construção de novas embarcações** – “os estaleiros responsáveis pela construção de novos navios de transporte de minério de ferro também constroem outros tipos de embarcações, como *tankers* e *containers*, cuja demanda também deverá ser acompanhada” (ANDRADE, 2006, página 158);
- **Influência do sucateamento das embarcações** – os proprietários de navios decidem a respeito do sucateamento ou permanência em atividade de seus navios

mais antigos, em função da demanda corrente e, conseqüentemente da taxa de frete.

Fazendo uma comparação das principais constatações apresentadas acima e do presente trabalho pode-se dizer que:

Com relação à dependência das rotas os dois trabalhos chegam à mesma conclusão, ou seja, o tamanho das rotas afeta a capacidade de transporte marítimo; pode-se dizer que esta constatação foi observada no texto e incluída na simulação, dentro dos dados fornecidos pela planilha em MS-Excel;

Com relação à influência de outras *commodities*, o modelo não incluiu esta característica, uma vez que se optou por agregar toda a frota mercante mundial, não sendo alvo do trabalho o estudo exclusivo dos granéis secos. Entretanto, o assunto foi abordado quando se tratou da IMM no Capítulo 4.

Com relação à influência da construção de outras embarcações pelos estaleiros, pode-se dizer que isto não foi incorporado ao modelo, mas foi tratado na descrição da IMM no Capítulo 4, quando se tratou do *Parcel Size Distribution*, dos terminais, e outros assuntos.

Com relação ao sucateamento de embarcações, pode-se dizer que o assunto foi tratado neste trabalho e incluído no modelo.

## **9.6 SUMÁRIO DO CAPÍTULO**

Neste capítulo foram apresentadas algumas estruturas alternativas e feitos alguns comentários sobre o modelo. Fica a sugestão de pesquisa se os armadores consideram ou não a linha de suprimentos (navios em construção) quando colocam novas encomendas para a ICN, o levantamento de dados estatísticos para a determinação do ganho da função *Efeito do Parâmetro para Novos Investimentos Positivo* e o estudo da razão dos valores obtidos nas estatísticas para o *Tempo Médio de Vida dos Navios* ser tão diferente do valor considerado razoável pela comunidade de engenharia naval.



Pela comparação com as conclusões publicadas da consultoria da SAMARCO fica a impressão que a utilização de modelagem permite a compreensão de fatores adicionais, tais como: a compreensão da estrutura; impactos na alteração dessa estrutura; e quais os parâmetros que quando alterados acarretam maior variação dos resultados obtidos. Segundo Sterman (2000.a, Capítulo 21), esses parâmetros devem ser o alvo prioritário dos esforços de coleta de dados para a calibração do modelo.

## **10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **10.1 CONCLUSÕES**

O mar é um elemento de grande importância econômica e estratégica para o Brasil. O país nasceu do mar, a maior parte da sua população vive numa faixa de 200 km da costa e 95% do volume do seu comércio internacional é feito pelo mar. Desta forma é fundamental o desenvolvimento de uma mentalidade marítima na população brasileira, que permitirá o crescimento do seu poder marítimo a dimensões compatíveis com a grandeza do Brasil e as dimensões de sua costa.

Um dos componentes desse poder marítimo é a indústria de construção naval, que abrange os setores civil e militar. Ao longo da década de 1970, o Brasil investiu maciçamente nesse setor e chegou a ter a segunda maior capacidade de produção mundial. Infelizmente, com a depressão causada pelo choque do petróleo, de 1973, a indústria de construção naval nacional teve sua capacidade de produção reduzida de maneira drástica, com muitos estaleiros encontrando sérias dificuldades financeiras até os dias de hoje.

Até o momento não há uma opinião comum formada do que foi feito de certo e o que foi de errado naquela época. Isto se deve à complexidade da análise de uma indústria tão complexa, como a de navegação; entretanto, permanece a indagação do motivo pelo qual se lançou o PCN-II em 1974, sem ajustes posteriores, quando o mercado de frete nesse ano teve uma queda dramática que levou a uma recessão da Indústria Mundial de Construção Naval.

É senso comum que essa é uma área de grande complexidade com vários atores com interesses diferentes, com os efeitos de suas ações sendo observados em pontos distantes no espaço e no tempo, além de afetarem as ações dos demais, fechando verdadeiras malhas de realimentação.

A Dinâmica de Sistemas tem se mostrado como uma ferramenta poderosa na compreensão de sistemas complexos e parece ser adequada para o estudo das diferentes interações que agem na indústria marítima mundial.

Foi desenvolvido um modelo base, que, quando comparado com o modo de referência, apresentou um comportamento adequado aos propósitos do estudo. Capturou-se a principal característica da IMM, seu comportamento cíclico, bem como outras características importantes.

Foram feitos e discutidos alguns comentários sobre o modelo obtido, chegando-se à conclusão que seriam necessárias pesquisas adicionais; entre elas: verificar se os armadores consideram ou não a linha de suprimentos (navios em construção) no momento em que encomendam novos navios; levantamento de dados estatísticos para a determinação da função *Efeito do Parâmetro para Novos Investimentos Positivo*; a obtenção de dados estatísticos mais confiáveis, com frequência mais adequada (mensal ou semanal); e a investigação da causa do valor obtido para o *Tempo Médio de Vida dos Navios* ter sido tão diferente do que é julgado razoável pela comunidade de engenharia naval.

Pela comparação com as conclusões (publicadas) da consultoria da SAMARCO pode-se concluir que o trabalho conseguiu chegar a seu objetivo de mostrar os pontos principais da IMM e reunir um conjunto de elementos que permita uma análise qualitativa, fundamentada em informações quantitativas.

Pode-se também concluir que, diante dos resultados obtidos, a Dinâmica de Sistemas é realmente uma ferramenta adequada para adquirir compreensão da Indústria Marítima Mundial, e o desenvolvimento posterior desse modelo pode contribuir para o setor marítimo brasileiro, melhorando sua compreensão e facilitando o entendimento dos principais fatores envolvidos e como eles se relacionam dinamicamente.

## **10.2 RECOMENDAÇÕES**

Diante das conclusões e dos resultados já alcançados, são sugeridas as seguintes ações: primeira, que a linha de pesquisa seja continuada, com obtenção de dados estatísticos com maior frequência, se possível semanal, mais confiáveis, e com horizonte de tempo maior; sejam realizados outros estudos com a inclusão de outros aspectos adicionais relevantes, entre eles: inclusão do mecanismo de ativação e desativação de navios; a inclusão da dinâmica de alteração do frete, seguindo a proposta de Sterman (2000.a, Capítulo 20); e verificar a possibilidade de incluir na parte de custos os dispêndios com a compra e as receitas com as vendas de navios.

Esta última sugestão depende fortemente de dados estatísticos bem fundamentados, pois esta informação não estará disponível, uma vez que a contabilidade dos armadores não será disponibilizada para a modelagem.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTRUP FEARNLEYS. Fearnley's Annual Review. Oslo: 2000. disponível em: [http://www.fearnresearch.com/asset61/1/61\\_1.pdf](http://www.fearnresearch.com/asset61/1/61_1.pdf). Acesso em 13/06/2006.
- BRUNSTEIN, I. Economia de Empresas: gestão econômica de negócios. São Paulo: Editora Atlas, 2005.
- CORRÊA, H. e CORRÊA, C. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Editora Atlas, 2ª edição, 2006.
- CUNHA, M. A indústria de construção naval: uma abordagem estratégica. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval. São Paulo: 2006.
- DORNER, D. The logic of failure: recognizing and avoiding errors in complex situations. New York: Metropolitan Books, 1996.
- ENGELLEN, S.; MEERSMAN, H. e VOORDE, E. Using system dynamics in maritime economics: an endogenous decision model for shipowners in the dry bulk sector. In: Maritime Policy and Management, Volume 33, Number 2, p 141-157, 2006.
- EHRlich, P. J. Dinâmica de Sistemas na Gestão Empresarial. Disponível em: [http://www.fgvsp.br/academico/professores/Pierre\\_J\\_Ehrlich/](http://www.fgvsp.br/academico/professores/Pierre_J_Ehrlich/), acesso em 01/09/2006.
- FORRESTER, J. W. Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961.
- FORRESTER, J. W. System Dynamics and K-12 Teachers. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology (Memorandum D-4665-5), 1996.
- GUERRA, Yaperi T. A Engenharia Naval no Brasil. In: Contribuições para a História da Engenharia no Brasil. São Paulo: EPUSP, 1994.
- IFS - International Financial Services. Maritime Services City Business Series. Londres: 2005. Disponível em: [http://www.balticexchange.com/media/pdf/cbs\\_maritime\\_services\\_2005.pdf](http://www.balticexchange.com/media/pdf/cbs_maritime_services_2005.pdf), acesso em 13/07/2006.
- KAUFFMAN, S. Investigations. Oxford Press. Oxford, 2000.
- KAUFFMAN, S. At home in the Universe: The search for the Laws of Self-Organization and Complexity. Oxford Press. New York, 1995.
- KIRKWOOD, C. W. System Dynamics Methods: a quick introduction. Disponível em: <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SDIntro/SDIntro.htm>, acesso em 01/09/2006.
- LYNEIS, J. M. System Dynamics in Business Forecasting: A Case Study of Commercial Jet Aircraft Industry. Disponível em <http://systemdynamics.org/conferences/1998/PROCEED/00089.PDF>, acesso em 05/12/2006.

- LYNEIS, D. Rubrics for understanding System Dynamics Models. DynamiQuest 2000 Committee, revisado em 2001. Disponível em <http://www.clexchange.org/ftp/documents/Implementation/IM2001-03RubricsForSDTools.pdf>, acesso em 06/06/2006
- MACHADO, S. Palestra realizada pelo presidente da Transpetro na Escola Politécnica no segundo semestre de 2005.
- MARINHA DO BRASIL. Amazônia Azul. Disponível em [https://www.mar.mil.br/menu\\_v/amazonia\\_azul/amazonia\\_azul.htm](https://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/amazonia_azul.htm), acesso em 01/07/2006.
- NOSFINGER, J. R. A lógica do mercado: como lucrar com finanças comportamentais. São Paulo: Editora Fundamento, 2006
- OLIVA, R. Model calibration as a testing strategy for system dynamics models. In: European Journal of Operational Research n°. 151, p 552-568, 2003.
- ONU – Organização das Nações Unidas. Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Versão Oficial em português, 1982.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT.  
Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/39/20/2751848.pdf>, acesso em 11/08/2006
- RAFF, A. Dynamics of Tankship Industry. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1960. (Dissertação de Mestrado).
- ROBERTS, N. (et al) Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach. EUA: Addison-Wesley Publishing, 1983.
- SENGE, P. A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende. Rio de Janeiro: Best Seller Ltda, 2005.
- SHIMIZU, T. A decisão nas organizações. São Paulo: Editora Atlas, 2ª edição, 2006. SLACK, N. CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Editora Atlas, 2ª edição, 2002.
- SMITH, Adam. The Wealth of Nations. Publicado em 2000 por Robert Reich. Random House, Inc. Estados Unidos, 2000.
- STERMAN, John D. The energy transition and the economy: A system dynamics approach. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: 1981.
- STERMAN, J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000 (a).
- STERMAN, J. D. Instructor's Manual to accompany Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000 (b).
- STERMAN, J. D. A Skeptic's Guide to Computer Models. Disponível em: [http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's\\_Guide.pdf](http://web.mit.edu/jsterman/www/Skeptic's_Guide.pdf). Acesso em 30/07/2006.
- STOPFORD, M. Maritime Economics. Londres: Routledge, 2nd. Edition, 1997.

TELLES, P. C. S. História da Construção Naval no Brasil. Rio de Janeiro: LAMN, FEMAR, 2001.

VARIAN, H. Microeconomia: princípios básicos. Tradução da 7ª edição de Intermediate Microeconomics: a modern approach. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VIDIGAL, A. A. F., ... [et ali] Amazônia Azul – o mar que nos pertence. Rio de Janeiro. Editora Record: 2006.

## APÊNDICE I – REVISÃO DO MODELO PROPOSTO POR RAFF

### 1. INTRODUÇÃO

Este apêndice apresenta o modelo desenvolvido por RAFF (1960), apresentado em sua dissertação de mestrado, publicada em 1960 no MIT (RAFF, 1960). A descrição geral do modelo foi apresentada no corpo do trabalho e recomenda-se sua leitura antes de iniciar o estudo dos diferentes módulos.

Para a apresentação do modelo foi feita uma descrição de cada módulo, é apresentado o diagrama de Forrester referente ao módulo e são apresentadas as equações em estado bruto, ou seja, como fornecidas pelo *software* de simulação adotado. Como os comentários das equações foram feitos inicialmente em inglês, as descrições das variáveis aparecem em inglês.

Este apêndice documenta as equações desenvolvidas por RAFF (1960) em seu modelo original. É apresentada uma tabela com sete colunas, ordenada por ordem alfabética do código da variável. A maior parte das informações foi adaptada a partir do modelo desenvolvido no VENSIM que tentou replicar a simulação. As sete colunas contêm as seguintes informações:

A ferramenta de documentação do *software* de simulação apresenta as equações do seguinte modo:

- **Número da equação:** Apresenta um número dado pelo próprio *software*. A numeração segue as variáveis por ordem alfabética dentro dos diversos grupos, também em ordem alfabética.
- **Nome da variável:** Na maior parte dos casos, contém um código com letras e números; as letras são acrônimos do nome completo da variável e o número representa a identificação da equação no trabalho original. Na maioria dos casos existe uma letra após o número (A,L ou R) significa que a variável é Auxiliar, um Nível (Level) ou uma Vazão (Rate). Há poucos códigos terminados com N, que



não foi possível identificar seu significado. Nos casos em que a numeração é omitida é porque não foi apresentada no trabalho original, para a maioria desses casos a variável se refere a uma constante.

- **Equação:** apresenta a equação que define as relações entre a variável e o sistema.
- **Unidade da variável:** apresenta a unidade da variável. Para manter relação com o modelo original, as variáveis foram apresentadas em inglês.
- **Descrição da variável:** apresenta uma breve descrição da variável em inglês; esta descrição é basicamente seu nome completo.

## 2. DEPARTAMENTO DE SUPRIMENTOS

O Departamento de Suprimento das Companhias de Petróleo recebe as solicitações externas (*inputs*) ao sistema, a demanda por petróleo, que expressa a quantidade de petróleo que os consumidores e as refinarias necessitarão três meses adiante. Uma das funções a serem incorporadas no Departamento de Suprimentos são as bases para a extrapolação do passado histórico para o futuro. Raff faz isso de duas formas e compara os resultados. Por razões de simplificação, somente uma forma será usada neste trabalho. O diagrama de Forrester deste módulo é apresentado na Figura 33 - Diagrama de Forrester do Departamento de Suprimentos; as equações relativas a esse departamento são apresentadas na Tabela 16 - Equações do módulo Departamento de Suprimentos.

O aspecto mais relevante aqui é como RAFF resolve a questão da distância média das viagens para atender os clientes. É adotado um navio tipo, o T2, projeto desenvolvido antes da Segunda Guerra Mundial com capacidade de 16.600 TPB e velocidade de 14,6 nós. Com o uso desse navio tipo Raff transforma a necessidade de transporte e a distância média de viagem em unidades de T2 necessárias. Essa abordagem não permite a modelagem do ajuste de velocidade que ocorre no curto prazo quando há aumento das taxas de frete. Já foi

apresentado no Capítulo 4 que esta variação de velocidade pode acarretar um aumento considerável na capacidade de transporte.

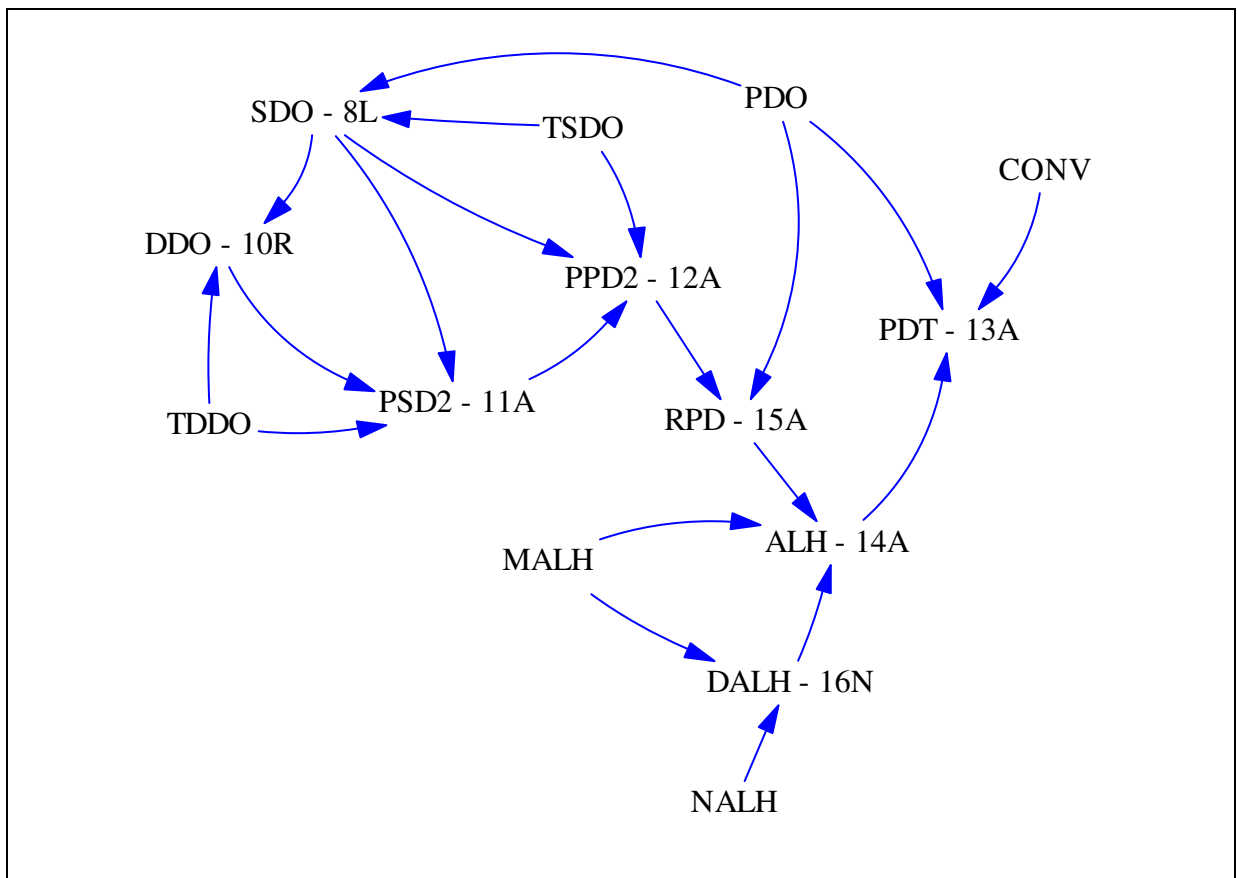


Figura 33 - Diagrama de Forrester do Departamento de Suprimentos

.Supply Department (Departamento de Suprimentos)

(174) "ALH - 14A"=  
 $MALH + "DALH - 16N" * "RPD - 15A"$   
 Unidade: milhas  
 Average Length of Haul. Vital factor in tankship use.

(175) CONV=  
 $3e-008$   
 Unidade: (T2 Unidade\*day)/(bbls\*milhas)  
 CONVersion factor

(176) "DALH - 16N"=  
 $NALH - MALH$   
 Unidade: milhas

.Supply Department (Departamento de Suprimentos)	
(177)	<p>"DDO - 10R"=  <math>\text{DELAY3}(\text{"SDO - 8L"}, \text{TDDO})</math>            Unidade: bbls/day            Delayed value of SDO. RDO is an artificial rate, not included with same value of SDO.</p>
(178)	<p>MALH=            3000            Unidade: milhas            Minimum Average Length of Haul.</p>
(179)	<p>NALH=            4000            Unidade: milhas            Normal Average Length of Haul.</p>
(180)	<p>PDO=            1000            Unidade: bbls/day            Demanda por Petróleo - Input Externo ao Modelo</p>
(181)	<p>"PDT - 13A"=  <math>\text{PDO} * \text{"ALH - 14A"} * \text{CONV}</math>            Unidade: T2 Unidade            Present Demand for Tankers. T2 é o navio padrão, com 16.600 dwt e velocidade de 14,6 nós.</p>
(182)	<p>"PPD2 - 12A"=  <math>\text{"SDO - 8L"} + \text{"PSD2 - 11A"} * \text{TSDO}</math>            Unidade: bbls/day            Predicted Present Demand 2. A 1 não foi incluída no modelo.</p>
(183)	<p>"PSD2 - 11A"=  <math>(\text{"SDO - 8L"} - \text{"DDO - 10R"}) / \text{TDDO}</math>            Unidade: bbls/day/Month            Predicted Slope Demand 2. A 1 não foi incluída no modelo.</p>
(184)	<p>"RPD - 15A"=  <math>\text{PDO} / \text{"PPD2 - 12A"}</math>            Unidade: Dmnl            Ratio of actual to Predicted Demand</p>
(185)	<p>"SDO - 8L"=  <math>\text{SMOOTH}(\text{PDO}, \text{TSDO})</math>            Unidade: bbls/day            Smoothed Demand for Oil</p>

.Supply Department (Departamento de Suprimentos)	
(186)	$TDDO = 30$ Unidade: Month Time constant in delay for DDO.
(187)	$TSDO = 30$ Unidade: Month Time period for Smoothin Demand for Oil
Tabela 16 - Equações do módulo Departamento de Suprimentos	

### 3. DEPARTAMENTO DE FRETES

Este módulo representa um setor do que seria o setor de navegação de uma companhia de petróleo. Sua função básica é determinar quantos navios-tanque deverão ser contratados no sistema de *voyage charter* para atender à demanda que foi recebida do *Departamento de Suprimentos*. O diagrama de Forrester relativo ao *Departamento de Fretes* está apresentado na Figura 34; as equações relativas a esse departamento são apresentadas na Tabela 17

A abordagem é direta. Uma vez apresentada uma demanda equivalente de T2 navios para três meses adiante, primeiro é estimada a quantidade de navios pertencentes à companhia de petróleo somados à quantidade que estarão disponíveis para operar em *time charter*. Comparando-se as duas quantidades, é estabelecida a taxa de frete.

Para se estimar quantos navios a companhia de petróleo terá disponíveis no período de três meses (os próprios e os disponíveis em *time charter*) são feitas estimativas baseadas nas taxas de entregas de navios, nas taxas de navios a serem demolidos e nos navios que entrarão e sairão de disponibilidade para operação em *time charter*. Todas essas taxas são projetadas para o futuro usando-se seus valores amortecidos. (RAFF, 1960, pág. 26)



<b>Chartering Department (Departamento de Fretes)</b>	
(004)	<p>"EST - 35A"=  "OPO - 17A" + "TPT - 26A"  Unidade: T2 Unidade  Estimated Supply of Tankers</p>
(005)	<p>"K = 2"=  2  Unidade: Dmnl</p>
(006)	<p>NMDA=  3  Unidade: Month  Number of Months Demand is Anticipated.</p>
(007)	<p>"OPO - 17A"=  "OTO - 41L" + "DPO - 18A" - "SPO - 19A"  Unidade: T2 Unidade  Owned tankers Projected of Oil Companies.</p>
(008)	<p>"PCD - 22A"=  ( "TDO - 185R" - "TDS - 24L" ) / TSTD  Unidade: T2 Unidade/Month/Month  Projected Change of rate in Delivery rate.</p>
(009)	<p>"PCI - 32A"=  ( "RTI - 56R" - RIS 34L ) / TSRI  Unidade: T2 Unidade/(Month*Month)  Projected rate of Change in RTI.</p>
(010)	<p>"PCO - 31A"=  ( "RTO- 103R" - "ROS - 33L" ) / TSRO  Unidade: T2 Unidade/(Month*Month)  Projected rate of Change in RTO.</p>
(011)	<p>"PCS - 23A"=  ( "RSO - 114R" - "RSS - 25L" ) / TSRS  Unidade: T2 Unidade/(Month*Month)  Projected Change of rate in Scrappage rate</p>
(012)	<p>"PID - 20A"=  "PCD - 22A" * NMDA / "K = 2"  Unidade: T2 Unidade/Month  Projected average Increase in Delivery rate.</p>

<b>Chartering Department (Departamento de Fretes)</b>	
(013)	<p>"PII - 30A"=  "PCI - 32A" * NMDA / "K = 2"  Unidade: T2 Unidade/Month  Projected average Increase in RTI.</p>
(014)	<p>"PIO - 29A"=  "PCO - 31A" * NMDA / "K = 2"  Unidade: T2 Unidade/Month  Projected average Increase in RTO.</p>
(015)	<p>"PIS - 21A"=  "PCS - 23A" * NMDA / "K = 2"  Unidade: T2 Unidade/Month  Projected average Increase in Scrappage rate.</p>
(016)	<p>RIS 34L=  SMOOTH("RTI - 56R", TSRI )  Unidade: T2 Unidade/Month  RTI Smoothed.</p>
(017)	<p>"ROS - 33L"= INTEG (  ("RTO- 103R" - "ROS - 33L") / TSRO,  "RTO- 103R")  Unidade: T2 Unidade/Month  RTO Smoothed.</p>
(018)	<p>"RSS - 25L"=  SMOOTH("RSO - 114R", TSRS )  Unidade: T2 Unidade/Month  RSO Smoothed.</p>
(019)	<p>"SPO - 19A"=  NMDA * ( "PIS - 21A" + "RSO - 114R" )  Unidade: T2 Unidade  Scrappage, Projected of Oil Companies.</p>
(020)	<p>"TAP - 36A"=  "PDT - 13A" - "EST - 35A"  Unidade: T2 Unidade  Tankers Additionally required to meet Projected demand.</p>
(021)	<p>TCVC=  1.5  Unidade: Month  Time average on Charter for Voyage Charters.</p>

<b>Chartering Department (Departamento de Fretes)</b>	
(022)	<p>"TDS - 24L"=  <math>\text{SMOOTH}(\text{"TDO - 185R"}, \text{TSTD})</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            Tanker Delivery rate Smoothed ou TDS é TDO Smoothed</p>
(023)	<p>TNVC=            1            Unidade: Month            Time average available to Negotiate for Voyage Charters.</p>
(024)	<p>"TOP - 37A"=  <math>\text{NMDA} * \text{"TAP - 36A"} / \text{TCVC}</math>            Unidade: T2 Unidade            Tankers required to be Obtained to meet Projected demand.</p>
(025)	<p>"TPI - 28A"=  <math>\text{NMDA} * (\text{"PII - 30A"} + \text{"RTI - 56R"})</math>            Unidade: T2 Unidade            Tankers Projected to go Idle off time charter.</p>
(026)	<p>"TPO - 27A"=  <math>\text{NMDA} * (\text{"PIO - 29A"} + \text{"RTO- 103R"})</math>            Unidade: T2 Unidade            Tankers Projected to go On time charter.</p>
(027)	<p>"TPT - 26A"=  <math>\text{"TOT - 55L"} + \text{"TPO - 27A"} - \text{"TPI - 28A"}</math>            Unidade: T2 Unidade            Tankers Projected on Time charter.</p>
(028)	<p>TSRI=            6            Unidade: Month            Time period for Smoothing RTI.</p>
(029)	<p>TSRO=            6            Unidade: Month            Time period for Smoothing RTO.</p>
(030)	<p>TSRS=            6            Unidade: Month            Time period for Smoothing RSO.</p>

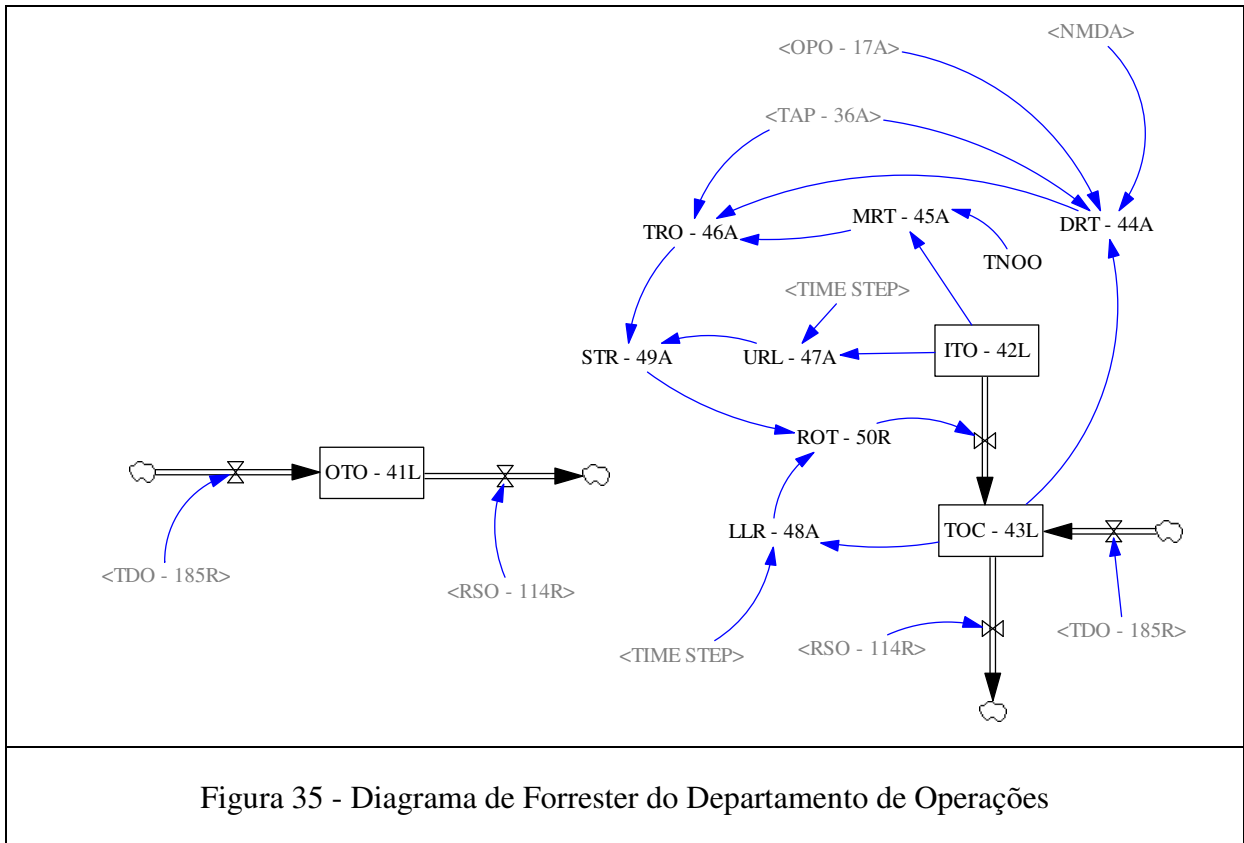


<b>Chartering Department (Departamento de Fretes)</b>	
(031)	TSTD= 6 Unidade: Month Time period for Smoothing TDO.
(032)	TUDV= 12 Unidade: Month Time period in which is desired to deplete UDV.
(033)	"UDV - 39L"= INTEG ( "URV-98R"+"CRD- 38R"-"CRV - 40R", 0) Unidade: T2 Unidade Unfilled Demand for Voyage charters.
Tabela 17 - Equações do Departamento de Fretes	

#### **4. DEPARTAMENTO DE OPERAÇÕES**

Este departamento mantém o controle operacional da frota da companhia de petróleo. O diagrama de Forrester relativo ao *Departamento de Operações* está apresentado na Figura 35; as equações referentes a esse departamento são apresentadas na Tabela 18 .

No caso modelado, houve a suposição de uma política adotada que todos os navios de propriedade da companhia de petróleo serão utilizados. Tal fato ocorre independentemente dos custos envolvidos. Tal política é adotada para manter o pessoal em operação contínua e por ser vantajosa do ponto de vista de fluxo de caixa e prestígio para a companhia. (RAFF, 1960, pág. 32)



O aspecto que despertou mais atenção neste módulo foi o aparecimento dos navios fora de operação, sem definição do motivo. É definida uma taxa importante que é a de recolocar os navios em operação (igual a 1,5 meses).

<b>.Operating Department</b>	
(125)	<p>"DRT - 44A" =  <math>(\text{"OPO - 17A"} + \text{"TAP - 36A"} - \text{"TOC - 43L"}) / \text{NMDA}</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            Desired Rate of Transfer.</p>
(126)	<p>"ITO - 42L" = INTEG (            -"ROT - 50R", 0)            Unidade: T2 Unidade            Idle Tankers Oil companies.</p>
(127)	<p>"LLR - 48A" =  <math>\text{"TOC - 43L"} / \text{TIME STEP}</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            Lower Limit on Rate.</p>

<b>.Operating Department</b>	
(128)	<p>"MRT - 45A"=  "ITO - 42L" / TNOO  Unidade: T2 Unidade/Month  Maximum Rate of Transfer.</p>
(129)	<p>"OTO - 41L"= INTEG (  "TDO - 185R" - "RSO - 114R",  480)  Unidade: T2 Unidade  Owned Tankers of Oil companies.</p>
(130)	<p>"ROT - 50R"=  IF THEN ELSE("STR - 49A" &gt;= "LLR - 48A" , "STR - 49A" , "LLR - 48A" )  Unidade: T2 Unidade/Month  Rate of Oil companies vesses Transfer.</p>
(131)	<p>"STR - 49A"=  IF THEN ELSE( "TRO - 46A" &gt;= "URL - 47A" , "URL - 47A" , "TRO -  46A" )  Unidade: T2 Unidade/Month  Second Trial Rate.</p>
(132)	<p>TNOO=  0.5  Unidade: Month  Time Needed to put vessels into Operation, Oil companies.</p>
(133)	<p>"TOC - 43L"= INTEG (  "ROT - 50R" + "TDO - 185R" - "RSO - 114R",  480)  Unidade: T2 Unidade  Tankers in Operation oil Companies.</p>
(134)	<p>"TRO - 46A"=  IF THEN ELSE( "TAP - 36A" &gt;= 0 , "MRT - 45A" , "DRT - 44A" )  Unidade: T2 Unidade/Month  Trial Rate Of transfer.</p>
(135)	<p>"URL - 47A"=  "ITO - 42L" / TIME STEP  Unidade: T2 Unidade/Month  Upper Limit on Rate.</p>

Tabela 18 - Equações referentes ao Departamento de Operações



A taxa em que os navios serão demolidos depende basicamente dos custos de manutenção e operação desses navios comparados com a expectativa das taxas de frete. Se as taxas de frete forem baixas e houverem muitos navios desativados, haverá maior incentivo para demolição, para os navios com menor expectativa de vida. Os navios mais novos não serão demolidos, pois tem um custo de manutenção e operação menor e há a expectativa de que, em algum momento, as taxas de frete voltem a subir. Desta forma, na formulação da regra de decisão da taxa de sucateamento, deve-se levar em consideração a distribuição de idade dos navios envolvidos.

As equações 57A até 59A mantêm um registro da idade média dos navios da frota de armadores independentes. Nessas equações não se deve usar os valores atuais de AFI, OTI e ASI, mas o valor calculado no intervalo de tempo anterior ao atual (para se evitar o processamento simultâneo). Desta forma foram adicionadas três vazões artificiais para permitir o uso do valor anterior (equações 60R a 62R). Os valores encontrados nas equações 60R a 62R são usados nas equações 57A a 59A. Também se deve observar que conforme os novos navios são incorporados à frota, sua idade média é nula para o primeiro intervalo de tempo, e, por esta razão, não entram no cômputo da média.

A taxa de demolição será considerada como uma função da taxa de frete. É considerado que a taxa de demolição decresce à medida que a taxa de frete aumenta. Ela vai atingir um valor máximo teórico quando a taxa de frete for nula (o que também é um valor teórico). Pode-se dizer que a taxa de sucateamento cai exponencialmente com o aumento da taxa de frete e tem seu valor máximo baseado em uma distribuição triangular e por considerações políticas. As equações 63R e 64R apresentam essa dinâmica. (RAFF, 1960, pág. 38)

Quando o índice da taxa de frete é igual a um, o que representa as condições normais, a taxa de sucateamento assumirá um valor percentual da taxa máxima. Tal valor percentual é

determinado por considerações políticas. A taxa máxima pode ser derivada de uma distribuição triangular (equações 65A e 66A). A taxa máxima é aquela que, baseada em uma distribuição de idades triangular, levaria a demolição todos os navios cuja idade excedessem o valor limite de idade mínima para demolição no período de um ano. Tal valor é de 23 anos e também se baseia em considerações políticas. (RAFF, 1960, pág. 39)

A única variável que ainda precisa ser definida é ASI (idade média de sucateamento). A taxa de sucateamento também depende da disponibilidade de estaleiros especializados nesse tipo de serviço. Tal consideração foi deixada para estudos futuros, por julgar que tal simplificação não terá grande efeito no comportamento do modelo. Desta forma a idade média de demolição foi calculada como o produto da idade média da frota e da multiplicada por um fator.

Já foi discutido no Capítulo 3 que o mercado de demolição se comporta como uma divisão dentro da indústria de navegação, operando como um mercado separado. Para maiores detalhes sugere-se a leitura do Capítulo 3 de STOPFORD (1997)

Feitas as considerações sobre a demolição de navios, passa-se a questão das encomendas. Na decisão de se encomendar novos navios, a previsão da taxa de frete tem uma influência direta nos armadores independentes. Eles só vão encomendar novos navios-tanque quando houver previsões favoráveis. Ressalta-se que foi observado que a visão dos armadores não é boa e que as circunstâncias do momento influenciam fortemente a tomada de decisão. (RAFF, 1960, pág 39)

As regras de decisão formuladas são apenas uma aproximação inicial, necessitando de uma revisão. As equações 75A, 69A e 79A apresentam o cálculo da taxa de encomenda quando a taxa de frete está normal. Tal taxa apenas compensa os navios a serem sucitados e o aumento previsto, assumindo que a fatia de mercado permanece inalterada. A influência da taxa de frete é inserida na equação 90R, quando a taxa normal de encomendas é modificada

de acordo com a taxa prevista de frete, de forma a gerar a taxa real de encomendas. Este modelo não prevê o cancelamento de encomendas, que ocorre na realidade, nem a tentativa de aumentar a participação no mercado.

<b>.Independent Owners</b>	
(097)	<p>"AFI - 59A"=  ("YUI - 57A" - "YSI - 58A") / "OTI - 51L"  Unidade: Year  average Age of Fleet Independent.</p>
(098)	<p>ASCR=  2.5  Unidade: Dmnl  Age of SCRappage as mutiple of average of fleet.</p>
(099)	<p>"ASI - 67A"=  "AFI - 59A" * ASCR  Unidade: Year  average Age of Scrappage Independent.</p>
(100)	<p>DTYR=  TIME STEP/NMA  Unidade: Year  solution time interval in Years.</p>
(101)	<p>"ITI - 52L"= INTEG (  "TDI - 186R" + "RVI - 54R" + "RTI - 56R" - "RVO - 96R" - "RTO- 103R" - "RSI - 63R" ,  50)  Unidade: T2 Unidade  Idle Tankers, Independents.</p>
(102)	<p>"JFI - 62R"=  "AFI - 59A"  Unidade: Year</p>
(103)	<p>"JTI - 61R"=  "OTI - 51L"  Unidade: T2 Unidade</p>
(104)	<p>"K=108"=  108  Unidade: Month  Não há referência no texto a essa constante.</p>

<b>.Independent Owners</b>	
(105)	<p>"K=3"= 3 Unidade: Dmnl</p>
(106)	<p>"MSI - 65A"= ("OTI - 51L" * "XAI - 66A" ^2) / ("AFI - 59A" ^2 * "K=108") Unidade: T2 Unidade/Month Maximum rate of Scrappage Independents.</p>
(107)	<p>MULI= 23 Unidade: Year Minimum age Limit on scrappage Independents.</p>
(108)	<p>NMA= 12 Unidade: Month/Year Número de Meses por Ano</p>
(109)	<p>NRSI= 36/49 Unidade: Dmnl Normal Rate of Scrappage Independents as fraction of maximum rate.</p>
(110)	<p>"OTI - 51L" = INTEG ( "TDI - 186R" - "RSI - 63R", 770) Unidade: T2 Unidade Owned Tankers of Independents.</p>
(111)	<p>"POI - 75A" = "OTI - 51L" / ( "OTI - 51L" + "OTO - 41L" ) Unidade: Dmnl Percentage of total vessels Owned by Independents</p>
(112)	<p>"RSI - 63R" = "MSI - 65A" * "XPI - 64A" Unidade: T2 Unidade/Month Rate of Scrappage independents.</p>
(113)	<p>"RTI - 56R" = DELAY3("RTO- 103R", TCTC ) Unidade: T2 Unidade/Month Rate of Time charters going Idle.</p>



<b>.Independent Owners</b>	
(114)	<p>"RVI - 54R"=  <math>\text{DELAY3}(\text{"RVO - 96R"}, \text{TCVC})</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            Rate of Voyage charters going Idle.</p>
(115)	<p>TCTC=            54            Unidade: Month</p>
(116)	<p>"TIN - 79A"=  <math>\text{"RSI - 63R"} + \text{"TTI - 69A"} * \text{"POI - 75A"}</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            Tankers to be ordered by Independents with Normal freight rate.</p>
(117)	<p>"TOI - 90R"=  <math>\text{"TIN - 79A"} * \text{SQRT}(\text{"FRP - 109A"})</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            Tanker Ordering rate Independent.</p>
(118)	<p>"TOT - 55L"= INTEG (  <math>\text{"RTO- 103R"} - \text{"RTI - 56R"},</math>            540)            Unidade: T2 Unidade            Tankers On Time charter.</p>
(119)	<p>"TOV - 53L"= INTEG (  <math>\text{"RVO - 96R"} - \text{"RVI - 54R"},</math>            180)            Unidade: T2 Unidade            Tankers On Voyage charters.</p>
(120)	<p>"TTI - 69A"=  <math>\text{"PSD2 - 11A"} * \text{NALH} * \text{CONV}</math>            Unidade: T2 Unidade/Month            predicted rate of Tonnage Increase.</p>
(121)	<p>"XAI - 66A"=  <math>\text{"K=3"} * \text{"AFI - 59A"} - \text{MULI}</math>            Unidade: Year            eXcess Age in fleet Independents.</p>
(122)	<p>"XPI - 64A"=  <math>\text{"FRV - 91A"} * \text{LN}(\text{NRSI})</math>            Unidade: Dmnl            eXponential Power for scrappage rate Indenpendents.</p>

<b>.Independent Owners</b>	
(123)	$\text{"YSI - 58A"} = \text{"RSI - 63R"} * \text{TIME STEP} * \text{"ASI - 67A"}$ Unidade: T2 Unidade*Year T2_Years of Scrapped Vessels Independent.
(124)	$\text{"YUI - 57A"} = (\text{"JTI - 61R"}) * (\text{"JFI - 62R"} + \text{DTYR})$ Unidade: T2 Unidade*Year Years of Unscrapped vessels Independents.

**Tabela 19 - Equações do setor de Armadores Independentes**

## 6. OS BROKERS

A principal função do setor de *Brokers* é receber e armazenar os contratos de frete e determinar a taxa na qual os navios vão entrar no serviço de *charter*. Os *brokers* também determinam as taxas de frete do mercado e fazem sua previsão. O diagrama de Forrester relativo aos *Brokers* está representado na Figura 37; as equações referentes ao esse diagrama são apresentadas na Tabela 20.

O frete do afretamento por viagem (*voyage charter*) é determinado por meio de uma curva estática onde se tem como entrada o percentual da frota que é ocupado e na saída um índice para a taxa de frete. Tal dinâmica é representada nas equações 91A e 92A. Tal formulação assume que não há variação dos custos operacionais ao longo do tempo e uma reação única do mercado a uma determinada taxa de uso dos navios.

De acordo com o que foi visto no capítulo 4, a suposição da manutenção dos custos operacionais pode ser considerada adequada em virtude de usa pequena variação em relação aos demais preços do mercado. A reação única do mercado é algo que poderia ser analisado melhor; entretanto, não se tem no momento elementos para emitir qualquer opinião.



A outra função dos *Broker*, gerar e prever a taxa de frete, também é feita suavizando-se as alterações da taxa de frete e utilizando-se esse valor para prever a taxa; equações 104L e 105A. A variável FRC, definida na equação 105, é a taxa de alteração suavizada da taxa de frete e é ela que é usada para projetar a taxa de frete. Adicionalmente, são estabelecidos limites superiores e inferiores de acordo com os limites da curva da taxa de frete (Equações 106A a 109A).

O intervalo de tempo usado para a suavização deve ser curto, para que possa identificar tendências de alteração (RAFF adotou 3 meses). Por esta razão a previsão da taxa de frete é muito sensível ao valor da taxa atual. Há aqui uma solução de compromisso, se o intervalo for grande, perde-se a capacidade de se identificar tendências; se for curto, pode-se chegar a uma sensibilidade excessiva levando a resultados imprecisos.

<b>.Tankship Brokers</b>	
(188)	"CTN - 99L" = INTEG ( "CRT - 162R" - "RTO- 103R", "CRT - 162R" * TBTO) Unidade: T2 Unidade Chartered tankers Time Not yet in operation.
(189)	"CVN - 93L" = INTEG ( "CRV - 40R" - "DRV - 94R", "CRV - 40R" * TBVO) Unidade: T2 Unidade Chartered tankers VoyageNot yet in operation.
(190)	"DCT - 100R" = DELAY3("CRT - 162R", TBTO ) Unidade: T2 Unidade/Month Desired rate of Time charters going into operation.
(191)	"DRV - 94R" = DELAY3("CRV - 40R", TBVO ) Unidade: T2 Unidade/Month Desired Rate of Voyage charters going into operation.

<b>.Tankship Brokers</b>	
(192)	<p>"FRC - 105A"=  ("FRV - 91A" - "FVS - 104L" ) / TSFR  Unidade: 1/Month  Freight rate index rate of Change.</p>
(193)	<p>"FRD - 106A"=  "FRV - 105A" * TLTC / "K = 2"  Unidade: Dmnl  average Difference in future and present value of FRV.</p>
(194)	<p>"FRP - 109A"=  IF THEN ELSE("FRY - 108A" &gt;= FRVL, "FRY - 108A" , FRVL )  Unidade: Dmnl  Freight Rate index Predicted.</p>
(195)	<p>"FRV - 91A"= WITH LOOKUP (  "PTE - 92A",  ((0.6,0)-(1,4)],(0.75,0.5),(0.9,0.6),(0.94,0.75),(0.96,1),(0.97,1.5),(0.98  ,3.5) ))  Unidade: Dmnl  Freight Rate index Voyage - Função tabelada.</p>
(196)	<p>FRVL=  0.5  Unidade: Dmnl</p>
(197)	<p>FRVM=  3.5  Unidade: Dmnl  Maximum value of FRV.</p>
(198)	<p>"FRX - 107A"=  "FRV - 91A" + "FRD - 106A"  Unidade: Dmnl  average Future Value of FRV.</p>
(199)	<p>"FRY - 108A"=  IF THEN ELSE(FRVM&gt;="FRX - 107A", "FRX - 107A" , FRVM )  Unidade: Dmnl  second trial value of FRP.</p>
(200)	<p>"FVS - 104L"=  SMOOTH("FRV - 91A", TSFR )  Unidade: Dmnl  Freight rate index Voyage Smoothed.</p>

<b>.Tankship Brokers</b>	
(201)	$"K = 0" = 0$ Unidade: T2 Unidade/Month Constant.
(202)	$"K = 1" = 1$ Unidade: Dmnl
(203)	$"MCT - 101A" = \frac{"ITI - 52L" * "MPRT - 102N"}{TIME STEP}$ Unidade: T2 Unidade/Month Maximum value of RTO.
(204)	$"MPRT - 102N" = "K = 1" - MPRV$ Unidade: Dmnl Maximum PeRcentage of idle vessels going into Time charter.
(205)	$MPRV = 0.93$ Unidade: Dmnl Maximum Percentage of idle vessels going into Voyage charter.
(206)	$"MRV - 95A" = \frac{("ITI - 52L" * MPRV)}{TIME STEP}$ Unidade: T2 Unidade/Month Maximum Value of RVO.
(207)	$"PTE - 92A" = \frac{("TOV - 53L" + "TOT - 55L" + "TOC - 43L")}{("OTI - 51L" + "OTO - 41L")}$ Unidade: Dmnl Percentage of Tankers Employed.
(208)	$"RTO - 103R" = IF THEN ELSE( "MCT - 101A" > "DCT - 100R" , "DCT - 100R" , "MCT - 101A" )$ Unidade: T2 Unidade/Month Rate of Time charters going into Operation.
(209)	$"RVO - 96R" = IF THEN ELSE("MRV - 95A" >= "DRV - 94R" , "DRV - 94R" , "MRV - 95A" )$ Unidade: T2 Unidade/Month Rate of Voyage charters going into Operation.

<b>.Tankship Brokers</b>	
(210)	TBTO= 20 Unidade: Month Time average Before Time charters go into Operation.
(211)	TBVO= 20 Unidade: Month Time average Before Voyage charters go into Operation.
(212)	TLTC= 48 Unidade: Month Time period fo Long Term Considerations.
(213)	TSFR= 3 Unidade: Month Time period for Smoothing FRV.
(214)	"URV-98R"= IF THEN ELSE( "XRV - 97A" > 0, "XRV - 97A" , "K = 0" ) Unidade: T2 Unidade/Month Unfilled chartering Rate Voyage.
(215)	"XRV - 97A"= "DRV - 94R" - "MRV - 95A" Unidade: T2 Unidade/Month diference between desired and maximum rates.

Tabela 20 - Equações do Setor de *Brokers*







valor atual, como uma primeira aproximação, por julgar que esta aproximação não seria crítica para o comportamento global do sistema. (RAFF, 1960, pág. 50)

Neste ponto do modelo é feita uma consideração importante: com base na previsão da taxa de frete, decide-se qual a fatia de mercado será alocada para a frota própria, para o *time charter* e para o *voyage charter*. A partir dessa decisão e na previsão de demanda são estabelecidas as metas de encomendas para novos navios e para os contratos de afretamento para longo prazo (*time charters*). As equações 131A a 135A representam esta dinâmica.

O tempo disponível para a negociação dos novos navios determina a rapidez com que estas encomendas devem ser feitas. Há um tempo de negociação mínimo, assim como uma taxa mínima de encomendas. Tais encomendas podem ser canceladas até certo ponto, a partir do qual seu cancelamento seria muito oneroso. O modelo dos estaleiros prevê uma divisão na carteira de encomendas para permitir o cancelamento das encomendas, o que será analisado no momento apropriado. As equações 136A a 140A representam esta dinâmica.

A taxa de afretamento de longo prazo (*time charter*) é determinada de maneira similar ao caso anterior; entretanto, o resultado sofre alterações para atender condições encontradas no médio prazo. Estas alterações foram implementadas com o intuito de causar o que Raff chamou de *shortage scares* (medo da escassez). Desta forma, se uma companhia de petróleo fizer uma previsão de alta do mercado no médio prazo (seis meses a um ano), ela fará contratos de *time charter*, de forma a que esses navios permaneçam à sua disposição durante a alta do mercado; quando isto é feito por muitas companhias, isto reduz a frota e agrava as condições prematuramente. A equação 141A apresenta a previsão da frota disponível em situação de *time charter*.

A próxima parte do modelo introduz o efeito de médio prazo. Primeiramente, é determinada a demanda, depois a oferta de navios da própria companhia adicionada aos navios afretados por tempo (*time charter*) e a taxa dos navios em *time charter* comparada com a taxa

desejada, neste momento baseada nos valores de longo prazo. Tal dinâmica é apresentada nas equações 146A a 162R.

<b>.Coordination Department - Part 1</b>	
(038)	<p>"AFO – 113A"=            ( YUO 110A - "YSO - 112A") / "OTO - 41L"            Unidade: Year            Average age of Fleet Oil companies.</p>
(039)	<p>"AFP – 130A"=            "AFO - 113A"            Unidade: Year            average Age of Fleet Projected.</p>
(040)	<p>"ASO – 118A"=            "AFO - 113A" * ASCR            Unidade: Year            average Age of Scrappage Oil companies.</p>
(041)	<p>"AUX-01"=            12            Unidade: Month/Year            Constante para ajuste de unidades.</p>
(042)	<p>"DOO - 138A"=            "POR - 135A" / "NDO - 137A"            Unidade: T2 Unidade/Month            Desired Order rate Oil companies.</p>
(043)	<p>"DTYR - 111N"=            TIME STEP / "AUX-01"            Unidade: Year            DT in YeaRs.</p>
(044)	<p>"FLT – 142A"=            TLTC * "RTI - 56R"            Unidade: T2 Unidade            Future amount of vessels Leaving Time charter.</p>
(045)	<p>"FOT – 141A"=            "CTN - 99L" + "TOT - 55L" - "FLT - 142A"            Unidade: T2 Unidade            Future number of vessels On Time charter.</p>

<b>.Coordination Department - Part 1</b>	
(046)	"JFO- 121R"= "AFO - 113A" Unidade: Year
(047)	"JTO – 120R"= "OTO - 41L" Unidade: T2 Unidade
(048)	"LASO - 119R"= "ASO - 118A" Unidade: Year Comment not available.
(049)	"LDO - 131A"= "LPT - 123A" * "PRO - 133A" Unidade: T2 Unidade Long term Designed Ownership.
(050)	"LDT – 132A"= "LPT - 123A" * ("PRT - 134A" - "PRO - 133A") Unidade: T2 Unidade Long term Desired Time charters.
(051)	"LPD – 122A"= "PPD2 - 12A" + "PSD2 - 11A" * TLTC Unidade: bbls/day Long term Projected Demand for oil.
(052)	"LPO – 124A"= "OTO - 41L" + "TBO - 187A" - "LPS - 125A" Unidade: T2 Unidade Long term Projected demand Oil companies.
(053)	"LPS – 125A"= "RSP - 126" * TLTC Unidade: T2 Unidade Long term Projected Scrappage.
(054)	"LPT – 123A"= "LPD - 122A" * NALH * CONV Unidade: T2 Unidade Long term Projected demand for Tankers.

<b>.Coordination Department - Part 1</b>	
(055)	<p>MNDO= 4 Unidade: Month Minimum value of NDO.</p>
(056)	<p>"MOO - 140A"= "UOS - 163L" / TIME STEP Unidade: T2 Unidade/Month Minimum Order rate Oil companies.</p>
(057)	<p>"MSO - 116A"= ("OTO - 41L" * "XAO - 117A" ^2) / ("AFO - 113A" ^2 * "K=108") Unidade: T2 Unidade/Month Maximum rate of Scrappage Oil companies.</p>
(058)	<p>"MSP - 128A"= ("OTO - 41L" * "XAP - 129A" ^2) / ("AFP - 130A" ^2 * "K=108") Unidade: T2 Unidade/Month Maximum rate of Scrappage Projected.</p>
(059)	<p>MULO= 18 Unidade: Year Minimum age Limit on scrappage Oil companies.</p>
(060)	<p>"NDO - 137A"= IF THEN ELSE( "NXO - 136A" &gt;= MNDO , "NXO - 136A" , MNDO ) Unidade: Month Negotiation time used by Oil companies.</p>
(061)	<p>NRSO= 4/5 Unidade: Dmnl Normal Rate of Scrappage Oil companies as a fraction of maximum rate.</p>
(062)	<p>"NXO - 136A"= TLTC - "EDT - 189A" Unidade: Month Negotiation time available to Oil companies.</p>
(063)	<p>"POR - 135A"= "LDO - 131A" - "LPO - 124A" Unidade: T2 Unidade Predicted additional Ownership Requirements.</p>

<b>.Coordination Department - Part 1</b>	
(064)	<p>"PRO – 133A"= WITH LOOKUP ( "FRP - 109A",  <math>[(0,0)-(4,0.6)],(0,0),(0.25,0.27),(0.5,0.35),(1,0.385),(1.5,0.41),(2,0.415),(2.5,0.42),(3,0.425),(3.5,0.43) )</math>            Unidade: Dmnl            Percentage of Requirements to be met by Owned vessels.</p>
(065)	<p>"PRT – 134A"= WITH LOOKUP ( "FRP - 109A",  <math>[(0,0)-(4,1)],(0,0),(0.125,0.5),(0.25,0.6),(0.5,0.75),(1,0.85),(2,0.89),(3.5,0.92) )</math>            Unidade: Dmnl            Percentage of Requirements to be met by Time charters plys owned ships.\!\!</p>
(066)	<p>"RSO – 114R"=            "MSO - 116A" * "XPO - 115A"            Unidade: T2 Unidade/Month            Rate of Scrappage, Oil companies.</p>
(067)	<p>"RSP – 126"=            "MSP - 128A" * EXP( "XPP - 127" )            Unidade: T2 Unidade/Month            Rate of Scrappage Projected.</p>
(068)	<p>"TOO - 139R"=            IF THEN ELSE( "DOO - 138A"&gt;="MOO - 140A", "DOO - 138A" , "MOO - 140A" )            Unidade: T2 Unidade/Month            Tanker Order rate Oil companies.</p>
(069)	<p>"XAO - 117A"=            "K=3" * ( "AFO - 113A" - MULO)            Unidade: Year            eXcess Age in fleet Oil companies.</p>
(070)	<p>"XAP – 129A"=            "K=3" * "AFP - 130A" - MULO            Unidade: Year            eXcess Age of fleet Projected.</p>
(071)	<p>"XPO - 115A"=            "FRV - 91A" * LN(NRSO)            Unidade: Dmnl            eXponential Power for scrappage rate Oil companies.</p>

<b>.Coordination Department - Part 1</b>	
(072)	$\text{"XPP - 127"} = \text{"FRP - 109A"} * \text{LN}(\text{NRSO})$ Unidade: Dmnl eXponential Power Projected.
(073)	$\text{"YSO - 112A"} = \text{"RSO - 114R"} * \text{TIME STEP} * \text{"LASO - 119R"}$ Unidade: T2 Unidade*Year t-2 Years of Scrapped vessels Oil companies.
(074)	$\text{YUO 110}^a = \text{"JTO - 120R"} * (\text{"JFO - 121R"} + \text{"DTYR - 111N"})$ Unidade: T2 Unidade*Year T-2 Years of Unscrapped vessels Oil companies.

Tabela 21 - Equações do Departamento de Coordenação - Parte I

<b>.Coordination Department - Part 2</b>	
(075)	$\text{"CRT - 162R"} = \text{"CTD - 145A"} * \text{"CTI - 161A"}$ Unidade: T2 Unidade/Month Chartering Rate Time actual.
(076)	$\text{"CTD - 145}^a = \text{"PTR - 143A"} / \text{"NTCO - 144N"}$ Unidade: T2 Unidade/Month Chartering rate Time Desired.
(077)	$\text{"CTI - 161A"} = \text{"K = 1"} * \text{SQRT}(\text{"ITP - 160A"})$ Unidade: Dmnl
(078)	$\text{"FRA - 156A"} = \text{TIRC} * \text{"FRC - 105A"} / \text{"K = 2"}$ Unidade: Dmnl average Difference in future and present value of FRC.
(079)	$\text{"FRB - 157A"} = \text{"FRV - 91A"} + \text{"FRA - 156A"}$ Unidade: Dmnl average Future Value of FRV.

<b>.Coordination Department - Part 2</b>	
(080)	<p>"FRG - 158A"=  IF THEN ELSE ( FRVM &gt;= "FRB - 157A", "FRB - 157A" , FRVM )  Unidade: Dmnl  second trial value of FRB.</p>
(081)	<p>"FRI - 159A"=  IF THEN ELSE("FRG - 158A" &gt;= FRVL , "FRG - 158A" , FRVL )  Unidade: Dmnl  Freight Rate index predicted Intermediate.</p>
(082)	<p>"IIT - 152A"=  TIRC * "CTN - 99L" / TBTO  Unidade: T2 Unidade  Intermediate Increase in Time charters.</p>
(083)	<p>"IOT - 153A"=  TIRC * "TOT - 55L" / TCTC  Unidade: T2 Unidade  Intermediate decrease in Time charters.</p>
(084)	<p>"IPC - 154A"=  ( "IPO - 149A" + "ITC - 151A" ) / "IPT - 147A"  Unidade: Dmnl  Intermediate Percentage of demand Covered by either owned or  time charter ships.</p>
(085)	<p>"IPD - 146A"=  "PPD2 - 12A" + "PSD2 - 11A" * TIRC  Unidade: bbls/day  Intermediate Projected Demand for oil.</p>
(086)	<p>"IPI - 148A"=  TIRC * "TUO - 183L" / TCAS  Unidade: T2 Unidade  Intermediate Projected Increase in owned vessels.</p>
(087)	<p>"IPO - 149A"=  "OTO - 41L" + "IPI - 148A" - "IPS - 150A"  Unidade: T2 Unidade  Intermediate Projected Ownership.</p>
(088)	<p>"IPS - 150A"=  "RSO - 114R" * TIRC  Unidade: T2 Unidade  Intermediate Projected Scrappage.</p>



<b>.Coordination Department - Part 2</b>	
(089)	<p>"IPT - 147A"=  "IPD - 146A" * NALH * CONV  Unidade: T2 Unidade  Intermediate Projected demand for Tankers.</p>
(090)	<p>"IRT - 155A"= WITH LOOKUP (  "FRI - 159A",  ((0,0)-(4,1)],(0,0),(0.125,0.46),(0.25,0.58),(0.5,0.73),(1,0.82),(1.5,0.88  ),(1.98165,0.899123),(2.5,0.91),(3,0.92),(3.5,0.92) )  Unidade: Dmnl  Intermediate desired Ratio of coverage to Total demand.\!\!</p>
(091)	<p>"ITC - 151A"=  "TOT - 55L" + "IIT - 152A" - "IOT - 153A"  Unidade: T2 Unidade  Intermediate projected Time Charters.</p>
(092)	<p>"ITP - 160A"=  "IRT - 155A" / "IPC - 154A"  Unidade: Dmnl  Intermediate ratio of desired to Projected coverage.</p>
(093)	<p>"NTCO - 144N"=  TLTC - TBTO  Unidade: Month  Negotiation time available for Time Charters Oil companies.</p>
(094)	<p>"PTR - 143A"=  "LDT - 132A" - "FOT - 141A"  Unidade: T2 Unidade  Predicted additional time charters Required.</p>
(095)	<p>TCAS=  18  Unidade: Month  Time vor vessel Construction Average at Shipyards.</p>
(096)	<p>TIRC=  9  Unidade: Month  Time period for InteRmediate Considerations.</p>

Tabela 22 - Equações do Departamento de Coordenação - Parte II



determinar a carteira normal de encomendas e o nível base de empregados. (Equações 165L a 167A)

A taxa na qual a atividade de construção é iniciada, ou seja, a taxa na qual a carteira de encomendas se transforma em navios em construção, é baseada no nível de emprego do estaleiro. Por sua vez, esse nível de emprego é baseado no seu valor base mais os ajustes feitos para corrigir o tamanho da carteira de encomendas, caso ela não esteja em seu tamanho normal. Tal dinâmica é representada pelas equações 168A a 170A.

O nível desejado de pessoal no estaleiro é atingido por meio da admissão e da dispensa de pessoal. A diferença entre os níveis desejado e real de empregados determina as taxas de admissão ou demissão. Tal dinâmica é representada pelas equações 171L a 176A.

O nível real de emprego no estaleiro determina a capacidade de se iniciar novas construções; entretanto, isto é limitado pela quantidade de serviço existente na carteira de encomendas. Tal dinâmica é representada pelas equações 177A a 179A.

Após o cálculo da taxa total de início de construção, ela é dividida entre as carteiras de encomendas dos armadores independentes e das companhias de petróleo. Tal divisão é feita de forma proporcional às carteiras de encomendas existentes. Tal dinâmica é representada pelas equações 180A a 182R.

O intervalo de tempo da duração da construção é tratado como um atraso de terceira ordem com um tempo médio de construção (adotado 18 meses). Tal dinâmica é representada pelas equações 183L a 186R.

As equações acima descrevem completamente o módulo relativo à atividade dos estaleiros. Entretanto, somente para servir de indicador da atividade do estaleiro, foi gerado um índice de preço de construção. Tal índice foi considerado como uma função parabólica da taxa entre o valor real da carteira de encomendas e o valor normal da carteira de encomendas.

Foi definido um preço mínimo, independentemente do nível de atividade do estaleiro. Tais equações não foram numeradas, por não fazerem parte do modelo.

<b>.Shipyard Sector</b>	
(136)	$CPMS = 0.8$ Unidade: Dmnl Minimum value of CPS
(137)	$CPNS = 1$ Unidade: Dmnl Normal value of CPS.
(138)	$CPRS = CPNS - CPMS$ Unidade: Dmnl
(139)	$CPS = CPMS + URS^2 * CPRS$ Unidade: Dmnl Construction Price index at Shipyards.
(140)	$"CSL - 179A" = ( "UOS - 163L" - "UIS - 164L" ) / TIME STEP$ Unidade: T2 Unidade/Month Construction Start Limiting rate.
(141)	$"DUS - 169A" = "UIS - 164L" + "UOS - 163L" - "UNS - 166A"$ Unidade: T2 Unidade Difference between actual and normal Unstarted backlog at Shipyards.
(142)	$"EAS - 171L" = INTEG ( "HRS - 173R" - "FRS - 174R", (1 / OUTP) * ( "TOO - 139R" + "TOI - 90R" ) )$ Unidade: Men Employed Actual at Shipyards.
(143)	$"EBS - 167A" = "SOS - 165L" / OUTP$ Unidade: Men Employment desired for normal Business level.

<b>.Shipyard Sector</b>	
(144)	<p>"ECS - 172A"=  "EDS - 170A" - "EAS - 171L"  Unidade: Men  Employment Change desired at Shipyards.</p>
(145)	<p>"EDS - 170A"=  "EBS - 167A" + "EUS - 168A"  Unidade: Men  Employment Desired total at Shipyards.</p>
(146)	<p>"EDT - 189A"=  ( "TBO - 187A" + "TBI - 188A" ) / ( "TDO - 185R" + "TDI - 186R" )  Unidade: Month  Estimated Delivery Time from shipyards.</p>
(147)	<p>"EUS - 168A"=  "DUS - 169A" / (OUTP * TOUS )  Unidade: Men  Employment desired to correct size of Unstarted backlog at  Shipyards.</p>
(148)	<p>"FRS - 174R"=  IF THEN ELSE( "ECS - 172A"&gt;= 0 , "PFS - 176A" , 0 )  Unidade: Men/Month  Firing Rate at Shipyards.</p>
(149)	<p>"HRS - 173R"=  IF THEN ELSE( "ECS - 172A"&gt;= 0 , "PHS - 175A" , 0 )  Unidade: Men/Month  Hiring Rate at Shipyards.</p>
(150)	<p>OUTP=  1/10000  Unidade: T2 Unidade/(Men*Month)  productivity OUTPut.</p>
(151)	<p>"PFS - 176A"=  "ECS - 172A" / TDES  Unidade: Men/Month  Possible Firing rate at Shipyards.</p>
(152)	<p>"PHS - 175A"=  "ECS - 172A" / TIES  Unidade: Men/Month  Possible Hiring rate at Shipyards.</p>

<b>.Shipyard Sector</b>	
(153)	<p>"SCC - 178A"=  " EAS - 171L" * OUTP  Unidade: T2 Unidade/Month  Shipyard Construction Capability</p>
(154)	<p>SNBS=  15  Unidade: Month  Size of Normal Backlog at Shipyard (in terms of averaged order rate)</p>
(155)	<p>"SOS - 165L"= INTEG (  ("TOO - 139R" + "TOI - 90R" - "SOS - 165L") / TSOS,  "TOO - 139R" + "TOI - 90R")  Unidade: T2 Unidade/Month  Smoothed Order rate at Shipyards.</p>
(156)	<p>"TBI - 188A"=  "UIS - 164L" + "TUI - 184L"  Unidade: T2 Unidade  Tanker Backlog at shipyard Independents</p>
(157)	<p>"TBO - 187A"=  "UOS - 163L" + "TUO - 183L"  Unidade: T2 Unidade  Tanker Backlog at shipyards of Oil companies.</p>
(158)	<p>"TCI - 182R"=  ( 1 - "UOI - 180A" ) * "TCT- 177A"  Unidade: T2 Unidade/Month  Tanker Construction start rate Independents.</p>
(159)	<p>"TCO - 181R"=  "UOI - 180A" * "TCT- 177A"  Unidade: T2 Unidade/Month  Tanker Construction start rate Oil companies.</p>
(160)	<p>"TCT- 177A"=  IF THEN ELSE( "SCC - 178A"&gt;="CSL - 179A" , "CSL - 179A" , "SCC - 178A" )  Unidade: T2 Unidade/Month  Total Construction sTart rate.</p>

<b>.Shipyard Sector</b>	
(161)	<p>TDES= 4 Unidade: Month Time over which it is desired to Decrease Employment at Shipyards.</p>
(162)	<p>"TDI - 186R"= DELAY3("TCI - 182R", TCAS ) Unidade: T2 Unidade/Month Tanker Delivery rate to Independents.</p>
(163)	<p>"TDO - 185R"= DELAY3( "TCO - 181R" , TCAS ) Unidade: T2 Unidade/Month Tanker Delivery rate to Oil companies.</p>
(164)	<p>TIES= 4 Unidade: Month Time on which it is desired to Increase Employment at Shipyards.</p>
(165)	<p>TOUS= 60 Unidade: Month Time period Over which it is desired to correct Unstarted backlog at Shipyards.</p>
(166)	<p>TSOS= 72 Unidade: Month Time period for Smoothing Order rate at Shipyards.</p>
(167)	<p>"TUI - 184L"= INTEG ( "TCI - 182R" - "TDI - 186R", TCAS * "TOI - 90R") Unidade: T2 Unidade Tankers Under construction for Independents.</p>
(168)	<p>"TUO - 183L"= INTEG ( "TCO - 181R" - "TDO - 185R", TCAS * "TOO - 139R") Unidade: T2 Unidade Tankers Under construction for Oil companies.</p>

<b>.Shipyard Sector</b>	
(169)	<p>"UIS - 164L" = INTEG ( "TOI - 90R" - "TCI - 182R", SNBS * "TOI - 90R")</p> <p>Unidade: T2 Unidade</p> <p>Unstarted orders Independent at Shipyard.</p>
(170)	<p>"UNS - 166A" = "SOS - 165L" * SNBS</p> <p>Unidade: T2 Unidade</p> <p>Unstarted order backlog Normal at Shipyards.</p>
(171)	<p>"UOI - 180A" = "UOS - 163L" / ( "UIS - 164L" + "UOS - 163L" )</p> <p>Unidade: Dmnl</p> <p>fraction of total Unstarted backlog ordered by Oil companies.</p>
(172)	<p>"UOS - 163L" = INTEG ( "TOO - 139R" - "TCO - 181R", SNBS * "TOO - 139R")</p> <p>Unidade: T2 Unidade</p> <p>Unstarded Orders Oil companies at shipyard.</p>
(173)	<p>URS = ( "UOS - 163L" + "UIS - 164L" ) / "UNS - 166A"</p> <p>Unidade: Dmnl</p> <p>ratio of actual to normal unstarted backlog.</p>

Tabela 23 - Equações do Setor dos Estaleiros