

ROGÉRIO AVERSA

**MODELAGEM DE UM SISTEMA HUB-FEEDER SERVICE
PARA O TRANSPORTE MARÍTIMO
CONTAINERIZADO**

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

São Paulo
2001

São Paulo
2001

Orientador:
Prof. Dr.
Rui Carlos Botter

Área de Concentração:
Engenharia Naval

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

**MODELAGEM DE UM SISTEMA HUB-FEEDER SERVICE
PARA O TRANSPORTE MARÍTIMO
CONTENNERIZADO**

ROGÉRIO AVERSA

À minha mãe
de coração e de alma
pela enorme ternura
de ontem, hoje e sempre...

AGRADECIMENTOS

Ao amigo, conselheiro, mentor e orientador Prof. Dr. Rui Carlos Botter pela clareza e segurança na condução do trabalho.

Ao Prof. André B. Mendes pela amizade e serenidade que me auxiliaram enormemente em momentos decisivos.

Ao Eng. Ricardo T. Ono pela amizade e paciência oriental em ler, comentar e discutir aspectos essenciais ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Eng. Marcelo G. Fernandes pela amizade e colaboração em suprir minhas ausências profissionais.

Ao Eng. Celso M. Hino pelo companheirismo acadêmico em prestar imprescindíveis ensinamentos na implantação computacional do modelo.

Ao Prof. Dr. Hugo T. Y. Yoshizaki por mostrar as diferenças na abordagem acadêmica e profissional, colaborando fortemente no encaminhamento do trabalho.

Ao Prof. Marco Antônio Brinati pela cuidadosa leitura nas fases de qualificação e defesa do mestrado.

Ao Prof. Dr. Jorge Luiz de Biazzini pelo apoio e incentivo durante a elaboração do trabalho.

Ao Eng. Gustavo Costa pela imensa disponibilidade demonstrada em inúmeras entrevistas em que foram fornecidos valiosos dados e informações utilizadas neste trabalho.

Aos graduandos Nelson K. Idehara, André Volker e Paulo Roberto de A. F. Nunes por fazerem mais que suas obrigações.

Ao Sr. David Lorimer da empresa DATAMAR pelo envio dos dados de movimentação dos portos da América Sul.

Ao Sr. Paulo Roberto N. Bezerra da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) pela disponibilização de dados e informações dos portos da costa brasileira.

A Lania Camilo pela sempre prestativa colaboração nas atividades de apoio da secretaria de pós-graduação.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

À Veri pelo olhar arêtuoso, pelo bem querer, pelo acolhimento, paciência e compreensão de todos os momentos em que estava presente ou simplesmente nos meus pensamentos.

À Sra. Igenez Nesi por transformar desespero em esperança e descrença em fé na vida, mostrando que a felicidade e a plena paz de espírito não se alcançam, mas são construídas dia a dia.

À Sra. Maria Cristina por mostrar com tanta simplicidade e praticidade questões, às vezes, mais complexas do que parecem.

À minha mãe e ao meu irmão Marcelo pelo apoio incondicional recebido para completar o trabalho.

Aos irmãos amigos Claudiomar C. Cunha, Germano G. Freitas e Giorgio Tomelin pelo gratificante companheirismo prestado.

A DEUS por tudo...

SUMÁRIO

Lista de tabelas	
Lista de figuras	
Resumo	
<i>Abstract</i>	
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação	1
1.2. Objetivos	6
1.3. Desenvolvimento do Trabalho	7
2. CONTAINER HUB-FEEDER SERVICE NO MUNDO	9
2.1. Europa	10
2.2. Ásia	11
3. A COSTA LESTE DA AMÉRICA DO SUL NO CENÁRIO MUNDIAL	15
3.1. Critérios Quantitativos para um Estudo Preliminar de Viabilidade de Implantação do CHFS na Costa Leste da América do Sul	16
3.1.1. Movimentação de Contêineres	16
3.1.2. Preço dos Serviços Portuários	22
3.2. Critérios Qualitativos	40
3.2.1. Porto de Belém	45
3.2.2. Porto de Fortaleza	47
3.2.3. Porto de Recife	48
3.2.4. Terminal de Contêineres no Porto de Suape	50

4.1.1.	<i>P-Hub Median Problem</i> : formulação básica.....	85
4.1.2.	<i>P-Hub Median Problem</i> : consideração de custo fixo e fluxo mínimo da linha de feeder.....	86
4.2.	<i>Uncapacitated Hub Location Problem (UHLP)</i>	88
4.2.1.	<i>Uncapacitated Hub Location Problem</i> : consideração de custo fixo para o hub.....	88
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	83
3.3.	Resumo Analítico.....	78
3.2.10.	Porto de Paramaguá.....	66
3.2.11.	Porto de São Francisco do Sul.....	68
3.2.12.	Porto de Itajaí.....	69
3.2.13.	Porto de Rio Grande.....	71
3.2.14.	Porto de Montevidéu.....	73
3.2.15.	Porto de Buenos Aires.....	75
3.2.9.1.	TECON Santos Brasil.....	61
3.2.9.2.	Terminal T-37.....	62
3.2.9.3.	Terminal Rio Cubatão.....	64
3.2.9.4.	Terminal IPA Saboó.....	65
3.2.5.	Terminal de Contêineres no Porto de Salvador.....	52
3.2.6.	Terminal de Vila Velha no Porto de Vitória.....	55
3.2.7.	Porto do Rio de Janeiro.....	57
3.2.8.	Terminal de Contêineres no Porto de Sepetiba.....	59
3.2.9.	Porto de Santos.....	60

4.2.2. <i>Uncapacitated Hub Location Problem</i> : consideração de custo fixo para o <i>hub</i> e fluxo mínimo da linha de <i>feeder</i>	90
4.3. <i>P-Hub Center Problem (P-HC)</i>	91
4.3.1. <i>P-Hub Center Problem</i> : formulação básica.....	91
4.3.2. <i>P-Hub Center Problem</i> : consideração de fluxo mínimo das linhas de <i>feeder</i>	93
4.4. <i>Hub Covering Problem (HCV)</i>	94
4.4.1. <i>Hub Covering Problem</i> : formulações básicas.....	95
4.4.1.1. <i>Hub Covering Problem</i> : atendimento de toda a demanda	95
4.4.1.2. <i>Hub Covering Problem</i> : recursos limitados de atendimento da demanda	96
4.4.1.3. <i>Hub Covering Problem</i> : limitação do número de <i>hubs</i> para o atendimento da demanda.....	97
4.4.2. <i>Hub Covering Problem</i> : limitação de número de <i>hubs</i> e consideração de fluxo mínimo das linhas de <i>feeder</i>	98
4.5. Comparação dos Modelos.....	99
4.6. Abordagem do Problema de Localização do <i>Hub Port</i>	101
5. DEFINIÇÃO DO MODELO DE LOCALIZAÇÃO DO <i>CHFS</i>	105
5.1. Modelo Armador.....	106
5.2. Dados de Entrada.....	112
5.3. Análise de Custos.....	122
5.3.1. Comparação da Operação da <i>Feeder</i> : Rodoviário versus Marítimo.....	122
5.3.2. Análise do Custo Unitário Total	124
5.4. Resultados	128

ANEXO B: Modelo armador em <i>GAMS</i>	158
ANEXO A: Modelo armador em <i>AMPL</i>	150
8. BIBLIOGRAFIA	147
7. RECOMENDAÇÕES	145
6. CONCLUSÕES	142
5.4.2. Análise de Sensibilidade	140
5.4.1. Cenários	131

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Movimentação de Contêineres no Brasil em TEU 17

Tabela 3.2: Distribuição de contêineres nos principais portos da Costa Leste da América do Sul 22

Tabela 3.3: Componentes das Despesas com Manuseio das Cargas 26

Tabela 3.4: Componentes das Despesas com Tarifas Portuárias 27

Tabela 3.5: Componentes das Despesas com Entrada e Saída de Navios 28

Tabela 3.6: Principais Itens das Despesas dos Serviços Portuários em 1999 30

Tabela 3.7: Principais Itens das Despesas dos Serviços Portuários em 1999 (continuação) 31

Tabela 3.8: Evolução dos Preços dos Serviços Portuários entre 1997 e 1999 em R\$ por contêiner 34

Tabela 3.9: Evolução dos Preços dos Serviços Portuários entre 1997 e 1999 em US\$ por contêiner 37

Tabela 3.10: THC nos portos Europeus e na Argentina 38

Tabela 3.11: Características dos Principais Terminais Brasileiros 43

Tabela 3.12: Características dos Principais Terminais da Costa Leste da América do Sul 81

Tabela 4.1: Aplicabilidade dos Modelos 100

Tabela 4.2: Características dos Modelos 101

Tabela 5.1: Fluxo de contêineres de uma região do mundo para os portos da Costa Leste da América do Sul 115

Tabela 5.2: Fluxo de contêineres dos portos da Costa Leste da América do Sul para uma região do mundo.....	116
Tabela 5.3: Despesas Portuárias em US\$/unidade.....	117
Tabela 5.4: Distância em Milhas Náuticas entre os Portos.....	118
Tabela 5.5: Distância em Quilômetros entre os Portos da Costa Leste da América do Sul.....	119
Tabela 5.6: Custo Diário do Navio - incluindo gasto combustível em viagem	122
Tabela 5.7: Composição dos Custos da Solução Ótima do Modelo.....	129
Tabela 5.8: Resultados do Modelo.....	134
Tabela 5.9: Movimentação de Contêineres nos Portos da Costa Leste da América do Sul.....	135
Tabela 5.10: Descrição dos Cenários.....	136
Tabela 5.11: Custos Unitários de Transporte por Tipo de Viagem.....	137
Tabela 5.12: Cenários: Influência dos Custos de Viagem e Tarifas Portuárias no Modelo.....	138

Figura 1.1: A rede de um *Container Hub-Feeder Service* com dois *Hub Ports*..... 4

Figura 1.2: A rede de um *Container Hub-Feeder Service* com um único *Hub Port*... 4

Figura 2.1: *Container Hub-Feeder Service* no Mundo..... 9

Figura 2.2: Evolução da Hierarquia Portuária na Ásia 12

Figura 2.3: Desenvolvimento *Hub-Feeder Service* na Ásia de 1970-2000 14

Figura 3.1: Rotas de Movimentação de Contêineres no Mundo..... 16

Figura 3.2: Evolução da Movimentação de Contêineres no Brasil em TEU 18

Figura 3.3: Distribuição do Volume de Contêineres em TEU Movimentados nos Principais Portos da Costa Brasileira em 2000..... 20

Figura 3.4: Evolução da Movimentação de Contêineres em Buenos Aires, Montevideu e Santos..... 21

Figura 3.5: Composição Percentual das Despesas dos Serviços Portuários nos Principais Portos/Terminais de Contêineres do Brasil em 1999..... 32

Figura 3.6: Evolução dos Preços dos Serviços Portuários nos Terminais Brasileiros entre 1997 e 1999 em R\$ por contêiner..... 35

Figura 3.7: Porto de Belém 46

Figura 3.8: Região de Atendimento pela CFN..... 48

Figura 3.9: Porto de Recife: vista do Berço 02..... 49

Figura 3.10: Porto de Suape..... 51

Figura 3.11: Terminal de Contêineres de Salvador 53

Figura 3.12: Região Atendida pela FCA..... 54

Figura 3.13: Terminal de Vila Velha 56

Lista de Figuras

Figura 3.14: Região Atendida pela MRS	58
Figura 3.15: Região Atendida pela FERROBAN	61
Figura 3.16: Terminal de Contêineres Santos Brasil	62
Figura 3.17: Terminal T-37 do Grupo Libra	63
Figura 3.18: Terminal Rio Cubatão da COSIPA	64
Figura 3.19: Terminal IPA Saboó	65
Figura 3.20: Terminal de Contêineres de Paranaguá	66
Figura 3.21: Região Atendida pela ALL	67
Figura 3.22: Porto de São Francisco do Sul	68
Figura 3.23: Porto de Itajaí	70
Figura 3.24: TECON Rio Grande	71
Figura 3.25: Principais Conexões Ferroviárias no Cone Sul	74
Figura 3.26: Operação <i>Feeder</i> em Barcaças entre os Portos Montevideu e Buenos Aires	75
Figura 3.27: Porto de Buenos Aires: Terminais 1 e 2, 3, 4 e 5	76
Figura 3.28: Terminal de Contêineres da Exolgan	77
Figura 4.1: Interações entre Administradora Portuária, Transportador e Embarcador	103
Figura 5.1: Custo Unitário de Transporte versus Capacidade do Navio	121
Figura 5.2: Comparação do Custo Unitário da Operação <i>Feeder</i> : Rodoviário versus Marítimo	123
Figura 5.3: Custo Unitário Total do <i>CHFS</i> para Europa para FCL ₂₀	126
Figura 5.4: Custo Unitário Total do <i>CHFS</i> para América do Norte para FCL ₂₀ ..	126
Figura 5.5: Custo Unitário Total do <i>CHFS</i> para Europa para FCL ₄₀	127

Figura 5.6: Custo Unitário Total do *CHFS* para América do Norte para FCL₄₀.. 127

Figura 5.7: Composição dos Custos da Solução Ótima do Modelo com *Hub Port* em Santos..... 130

Figura 5.8: Custo Total versus Número Total de *Hub Ports* 131

Figura 5.9: Percentual do Custo Total com base 100% para *N* igual a 11 133

envolvidos nesta operação a partir do enfoque do armador. custo total da operação do *CHFS*, contabilizando as tarifas portuárias e custos Uruguai com os diversos portos do mundo, em que se buscará a minimização do por transporte marítimo contêinerizado entre os portos do Brasil, Argentina e América do Sul a partir de portos candidatos, devendo atender o fluxo de demanda Deste modo, o presente trabalho visa localizar o *Hub Port* na Costa Leste da

sentido Norte-Sul.

Costa Leste da América do Sul, o que promoveria a implantação desse sistema no motivação do desenvolvimento deste projeto é a localização de um *Hub Port* na deste grande fluxo de mercadorias são no sentido Leste-Oeste e vice-versa. A dos EUA, os quais mantêm entre si um intenso comércio. Percebe-se que as rotas O *CHFS* tem se desenvolvido no Norte da Europa, Ásia, Costa Leste e Oeste

outra região.

hub port, a partir do qual será realizada a transferência para um outro *hub port* de consolidação do tráfego em um porto concentrador de contêineres, conhecido por possibilitando assim uma redução significativa de custos. Isto é possível a partir da que, ao se transportar volumes maiores de carga, há um ganho de escala, nova forma de organização do transporte de contêineres, partindo da premissa de O *Container Hub-Feeder Service (CHFS)* vem se consolidando como uma

disponível, passam a ser peças fundamentais na capacidade de atendimento.

maneira, a organização dos serviços portuários, bem como a infra-estrutura substancialmente e as perspectivas de aumento da demanda são ainda maiores. Desta Desde a década de 80 o transporte marítimo contêinerizado tem crescido

RESUMO

Since the eighties, container shipping has increased substantially and the outlook for the increase demand is even greater. Therefore, the organization of port services as well as the available infrastructure have become the keystone in the port capacity.

The Container Hub Feeder Service (CHFS) has been consolidated as a new way to organize container shipping, starting from the premise that in concentrating high volumes to ship it occurs an economy of scale, which means a significant cost reduction. This is possible when the traffic is achieved in a hub port, where the transshipment will be done to another hub port as well.

The CHFS has developed in North Europe, Asia, USA East and West Coast, which maintain an intensive trade among them. It is realized that the routes of this trade market go from the East to the West and vice-versa. Thus the motivation to develop this work is to locate a hub port in the East Coast of South America in order to promote a CHFS from North to South direction.

Therefore, the present work intends to locate the Hub Port in the East Coast of South America from a set of ports that responds to the flow demand using container shipping among Brazilian, Argentinian and Uruguayan ports throughout world ports, in order to minimize the total cost operation for CHFS, including tax and fee ports and other related costs from owner ship point of view.

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

Na história do comércio marítimo, a unitização e a padronização das cargas sempre foram uma busca constante, seja através de barris, caixotes e sacas de grãos. Isto porque tal procedimento facilita e simplifica sobremaneira a movimentação e a consolidação das cargas nos porões dos navios. Apesar desses esforços, a produtividade das taxas de carga e descarga ainda permanecia baixa.

O processo de unitização iniciado na segunda metade da década de 50 significou, por um lado, a continuidade histórica da unitização da carga e, por outro, foi um divisor de águas, na medida em que propiciou que a carga fosse manuseada apenas duas vezes: uma ao ser carregada no contêiner, e outra, ao ser descarregada no seu destino final. As vantagens são inúmeras: aumento da eficiência da carga/descarga, maior controle da carga, menores índices de avaria e, consequentemente, maior rapidez na entrega.

Com o uso do contêiner pelos transportadores, estava garantida a unitização da carga. Para que o sucesso deste novo meio fosse garantido, era contudo necessário que os contêineres fossem padronizados, possibilitando que o movimento de mercadorias pudesse ser realizado de ponto a ponto, utilizando mais de um meio de transporte, ou seja, a intermodalidade tornando viável o comércio mundial porta a porta.

O maior benefício do processo de unitização ao longo das décadas de 60 e 70 foi propiciar um menor tempo de porto para um navio porta-contêiner. Dado que

O desequilíbrio na oferta e demanda de contêineres vazios tem-se intensificado devido ao fortalecimento do dólar na economia mundial, fazendo com que exista um fluxo de importação nos EUA, vinda da Europa, Japão e dos novos países industrializados da Ásia e do Pacífico. Navios completamente carregados chegam aos EUA tanto na Costa Leste quanto na Oeste. Mas quando retornam levam cargas de pouco valor ou contêineres vazios, o que faz com que os operadores tenham que repensar e revisar os fretes, rotas, investimentos portuários e estratégias de mercado. Este fato, aliado ao excesso na oferta de transporte, contribui para que os fretes nessas rotas diminuam, fazendo com que companhias de navegação da Ásia e EUA se fundissem ou mesmo fechassem no início da década de 80.

Como desvantagem do uso de contêineres tem-se a necessidade de transportar contêineres vazios para que se possa equilibrar as quantidades de contêineres nos diferentes portos. Este problema foi abordado por BARCO (1998).

o que possibilitou uma diminuição dos tempos de porto dos navios. (portêineres, transtêineres) o intuito de aumentar a produtividade de movimentação, dedicada à movimentação de contêineres, tendo a introdução de novos equipamentos contêinerização teve como principal foco a especialização do terminal para operação de É importante salientar que ao longo das décadas de 60 e 70, o processo de transportar a mesma quantidade de contêineres.

Por fim, com ciclos de tempo menores, há uma diminuição da frota de navios para permanência nos berços e, conseqüentemente, menores tempos de viagem redonda. Isso acarreta menores tempos de porto e leva a menores custos de carga/descarga, enquanto que um navio porta-contêiner pode levar de quatro a seis um navio de carga geral pode levar até uma semana na movimentação de

A consolidação do transporte marítimo conteneurizado através dos terminais e navios especializados na movimentação dos diversos tipos de contêineres permitiu que ao longo da década de 80 houvesse um crescimento substancial deste tipo de transporte marítimo. Desta maneira, o foco principal do processo de conteneurização mudou para a organização dos serviços portuários, buscando dotar o terminal de infra-estrutura capaz de realizar operações intermodais que possibilitem o fluxo de contêineres entre o porto e o interior.

As perspectivas de aumento da demanda são ainda maiores, de modo que a estruturação dos serviços portuários torna-se um importante elo de ligação na cadeia de transporte.

O *Container Hub-Feeder Service (CHFS)* vem se consolidando como uma nova forma de organização do transporte de contêineres, partindo da premissa de que, ao se transportar volumes maiores de carga, há um ganho de escala, possibilitando assim uma redução significativa de custos.

Conceitua-se *Container Hub-Feeder Service (CHFS)* como sendo um sistema de transporte marítimo de contêineres aplicado a uma dada região, em que a partir de um porto principal, chamado *hub port*, os contêineres são recebidos/distribuídos de/para portos regionais e alimentadores, designados *feeder ports*. O porto principal concentra os contêineres que são recebidos/enviados em navios de maior capacidade de/para um outro *hub port* em outra região do mundo, a partir do qual os contêineres são distribuídos/coletados para os *feeder ports* localizados na região de origem/destino, como é mostrado na figura 1.1.

Figura 1.2: A rede de um *Container Hub-Feeder Service* com um único *Hub Port*

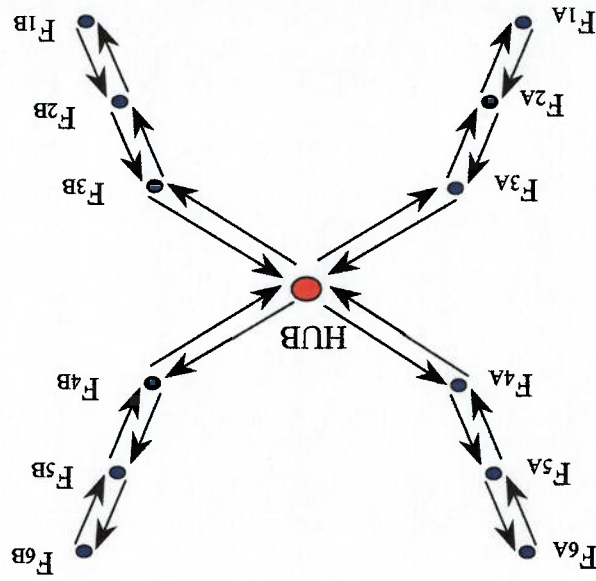
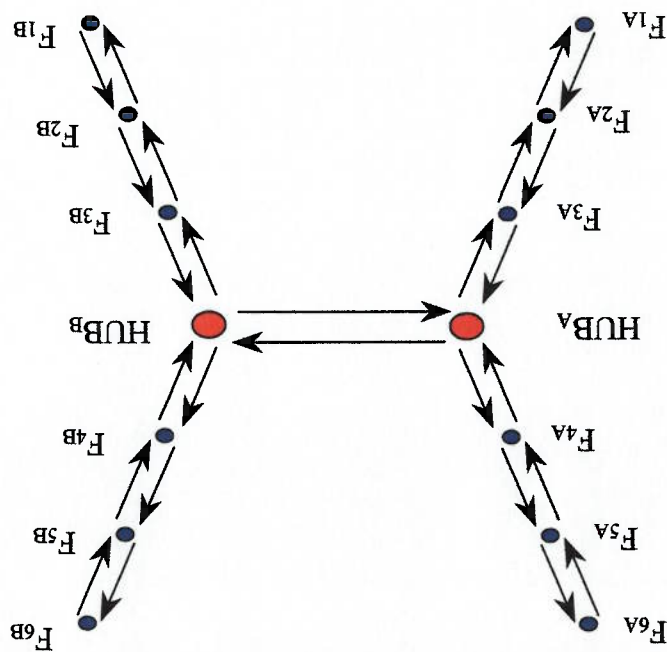


figura 1.2.

A partir da figura 1.1 fica claro perceber que seria necessário, pelo menos, um *hub port* para cada região. No entanto, há que se ressaltar que existe a possibilidade de se utilizar apenas um único *hub port* para duas ou mais regiões como mostra a

Figura 1.1: A rede de um *Container Hub-Feeder Service* com dois *Hub Ports*



A utilização de um único *hub port* é uma opção realizada por parte de grandes

companhias de navegação, que conjugam suas rotas internacionais através de um ponto de transbordo, conhecido também por *transshipment*. Propiciando um aumento das possibilidades de origem/destino dos contêineres e, ainda, um aumento da ocupação dos navios nas rotas em operação. Entretanto, há um aumento no tempo de trânsito total quando comparado a outras companhias de navegação que não utilizam esta sistemática de operação.

O *CHFS* tem se desenvolvido no Norte da Europa, Ásia e EUA, cujos países mantêm entre si um intenso comércio. Percebe-se que as rotas que fazem parte dessas regiões possuem um grande fluxo de mercadorias no sentido Leste-Oeste e vice-versa, mostrando a viabilidade desse tipo de organização do transporte marítimo internacional.

Diante disso tem-se como motivação para o desenvolvimento desta pesquisa a localização de um *Hub Port* na Costa Leste da América do Sul, o que promoveria a implantação desse sistema no sentido Norte-Sul.

1.2. Objetivos

É importante ressaltar que a localização do *Hub Port* na Costa Leste da América do Sul tem sido amplamente discutida no meio marítimo com inúmeras publicações em revistas, como a “Portos e Navios” e “Trade & Transport”, em que, a partir de análises subjetivas e/ou parametrizações de critérios qualitativos, chega-se à conclusão de localização do *Hub Port* entre os diversos portos brasileiros, sem ao menos levar em consideração a aplicação da metodologia de Custo Total da operação e dos diversos custos portuários e logísticos envolvidos em toda a implantação do *Container Hub-Feder Service*.

Uma frase comumente pronunciada pelos armadores, operadores portuários e agentes marítimos brasileiros é a seguinte: “NÃO EXISTE *HUB PORT* POR DECRETO”. Isto porque alguns setores do governo brasileiro insistem em definir um determinado porto como sendo o *hub port* do Brasil e, a partir desta premissa, investir vultuosas somas de recursos sem ao menos ter um estudo para tal decisão, valendo-se apenas de acordos políticos.

Deste modo, o presente trabalho visa localizar o *Hub Port* na Costa Leste da América do Sul a partir de portos candidatos, devendo atender o fluxo de demanda por transporte marítimo conteneurizado entre os portos do Brasil, Argentina e Uruguai com os diversos portos do mundo, em que se buscará a minimização do custo total da operação do *CHFS*, contabilizando as tarifas portuárias e custos envolvidos nesta operação.

1.3. Desenvolvimento do Trabalho

A presente dissertação teve seu desenvolvimento descrito através dos capítulos que se seguem, buscando trazer à luz do conhecimento científico as questões que compõem a modelagem de um sistema *Container Hub-Feeder Service* (CHFS).

Neste primeiro capítulo, denominado **Introdução**, buscou-se conceituar e esclarecer o assunto em questão, descrevendo as condicionantes e variantes do problema, de forma a colocar os subsídios necessários à discussão do sistema proposto, bem como definir os objetivos a serem atingidos.

No segundo capítulo, intitulado como *Container Hub Feeder Service no Mundo*, mostrou-se como tem sido aplicada essa nova organização dos serviços de transporte marítimo conteneurizado nas grandes regiões geradoras ou atrativas de carga do mundo, focando principalmente nas regiões da Ásia e Europa.

No terceiro capítulo, sob o título **A Costa Leste da América do Sul no Cenário Mundial**, descreveu-se quantitativamente a movimentação de portos sul-americanos envolvidos na análise da organização CHFS, atentando para o sinergismo que deverá ocorrer entre estes portos para poderem se engajar nessa nova realidade operacional, bem como um levantamento das características físicas dos portos da Costa Leste da América do Sul.

Já no quarto capítulo, que tratou da **Revisão Bibliográfica**, buscou-se na literatura modelos de programação matemática que discutissem o problema da localização de *Hub Ports*, avaliando aquele que melhor adere ao problema estudado.

Segundo pelo quinto capítulo, **Definição do Modelo**, elaborou-se o modelo com enfoque na decisão do armador, considerando os aspectos matemáticos da modelagem e, também, atentando para os parâmetros de custos portuários e de transporte relacionados aos fluxos de movimentação de contêineres.

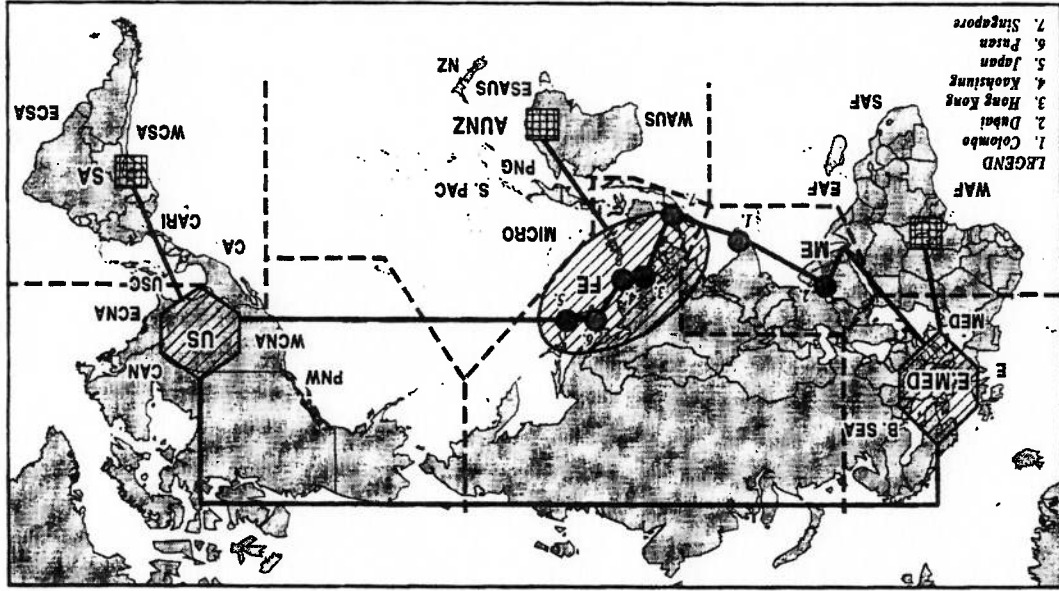
No sexto capítulo, **Conclusões**, tratou-se de avaliar e comparar os diversos cenários desenvolvidos no capítulo 5, bem como mostrar as condicionantes para a implantação do *CHFS* na Costa Leste da América do Sul.

Por fim, no sétimo capítulo, **Recomendações**, são apresentadas novas abordagens que poderiam ser desenvolvidas para continuidade da pesquisa, como por exemplo, desenvolver a modelagem a partir da visão da administração portuária ou do embarcador.

2. CONTAINER HUB-FEEDER SERVICE NO MUNDO

Na figura 2.1, pode-se identificar três regiões bem definidas que utilizam o *CHFS*: Europa, Ásia e EUA. Outro aspecto que se observa são os fluxos entre essas regiões representados pelas linhas cheias na cor preta, indicando intenso comércio no sentido Leste-Oeste, estando à margem deste contexto global a África e América do Sul.

Discutir-se-á nos itens subsequentes como está se desenvolvendo o *CHFS* no Norte da Europa e Ásia com base em ZACHIAL (1993) e ROBINSON (1998), respectivamente. O objetivo é descrever os aspectos relevantes das duas regiões, avaliando os impactos causados e as perspectivas futuras para as respectivas regiões.



Fonte: ROBINSON (1998)

Figura 2.1: Container Hub-Feeder Service no Mundo

2.1. Europa

ZACHIAL (1993) mostra que, desde do início dos anos 80, a participação do tráfego de *feeder* como parte do tráfego total de contêineres no norte da Europa tem crescido, passando de 14,7% em 1980, projetando para 16,1% em 1990, considerando que o crescimento total na década de 80 foi de 130% para o tráfego de *feeder* contra apenas 90% do tráfego marítimo convencional (sem a utilização do sistema *container hub-feeder service*).

Segundo ZACHIAL (1993), o crescimento do tráfego de *feeder* poderia ser de 3 milhões de TEUs (*twenty feet equivalent unit*) em 1995 e de 4,1 milhões em 2000, refletindo uma taxa de crescimento média anual de 6,4% contra 5,6% ao ano para o tráfego marítimo convencional. Além disso, estima-se que o total do volume de tráfego europeu, somando os tráfegos de *feeder* e convencional, possa alcançar 17 milhões de TEUs em 1995 e 22 milhões de TEUs em 2000.

Na Europa tem-se as seguintes relações entre o volume de contêineres transportado por *feeder* pelo volume total no transporte marítimo contêinerizado, na região em questão, segundo ZACHIAL (1993):

- Península Ibérica: 22 % do total
- Reino Unido e Irlanda: 20 % do total
- Escandinávia/Mar Báltico: 51% do total
- Hamburgo/Le Havre: 11%do total

O principal *hub port* na Europa é Roterdã, que recebe boa parte do fluxo de contêineres *feeder* das regiões acima descritas. No entanto, outros portos vêm se destacando, como Antuérpia e Hamburgo, devido ao crescimento deste tipo de

Por último, ZACHIAL (1993) indica que os fatores de potencialização da movimentação de contêineres *feeder* devem-se a três fatores:

1. A taxa de crescimento do tráfego de *feeder* é maior que o verificado no transporte marítimo contêinerizado convencional, conforme já discutido no início desse item;

2. Geração de um novo tráfego de *feeder* entre a Europa Oriental e Alemanha Oriental e nos portos do Norte da Europa. Isto porque, acredita-se que estariam sendo evitados os transportes rodoviário e ferroviário devido a problemas de infra-estrutura existentes para esses modais ao longo do Mar Báltico, que necessitaria de altos investimentos para se tornarem mais atrativos em relação ao *feeder* marítimo;

3. Possibilidade de substituição das rotas de *land feeder* por *sea feeder* entre os portos dos países nórdicos e portos do norte europeu. Contudo, a decisão de mudança cabe aos operadores de transporte, baseados em critérios estratégicos e logísticos.

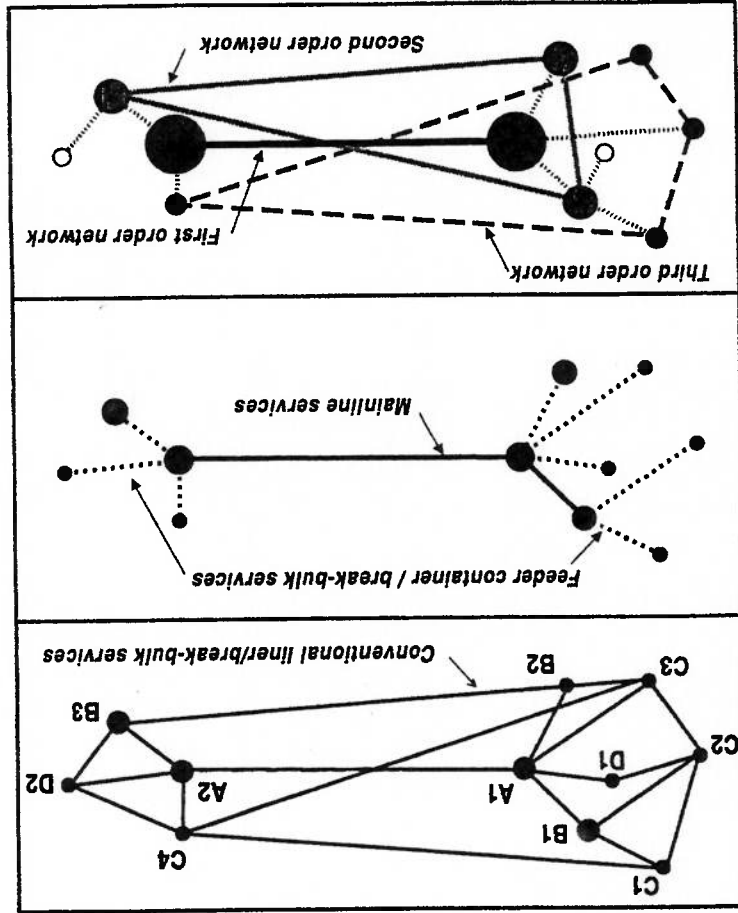
2.2. Ásia

Nas duas últimas décadas, o mercado de navegação esteve focado no sudeste e leste asiático, que têm despontado como um excepcional gerador de tráfego de contêineres. Segundo ROBINSON (1998), em 1994, o volume de contêineres destinados ou originados na Ásia transportados pelo Atlântico foi de aproximadamente 4,4 milhões de TEUs, enquanto que pelo Pacífico era estimado

entre 6,7 ou 6,8 milhões de TEUs, com um aumento de 13% em relação ao ano anterior, dos quais estima-se que o volume do fluxo Europa/Ásia seria algo em torno de 4,25 milhões de TEUs.

Esta intensa concentração de tráfego já seria extraordinária por si só, permitindo que uma complexa rede de *hub-feeder ports* seja estruturada a partir de uma hierarquia dos portos, em que Hong Kong e Singapura são claramente *hub ports* de primeira ordem.

ROBINSON (1998) mostra em detalhes o processo de transformação ocorrido na hierarquia dos portos como pode ser visto na figura 2.2.



Fonte: ROBINSON (1998)

Figura 2.2: Evolução da Hierarquia Portuária na Ásia

posição para *Kaohsiung* dentro do sistema *hub-feeder* asiático que, segundo De acordo com a figura 2.3, para o período de 1990-2000, vê-se a destacada asiática.

função de *hub ports* ao longo das últimas três décadas (1970-2000) da extensa rede *Hong Kong* (China), *Kaohsiung* (Formosa) e *Pusan* (Coreia do Sul) exerceram a nomes dos portos na rede. Pode-se identificar que os portos de *Singapore* (Malásia), como explicada nos três últimos parágrafos. Desta vez, porém, foram colocados os Na figura 2.3 é apresentada a transformação ocorrida nos portos da Ásia

os custos e a eficiência do porto em questão.

círculo hachurado na figura 2.2, maiores serão os volumes movimentados, bem como de custo e eficiência portuária. Em outras palavras, quanto maior for o tamanho do entre os portos refletiu um novo arranjo da rede baseada na diferenciação dos níveis Houve, então, uma reordenação da rede existente de tal sorte que uma hierarquia uma reestruturação dos portos e uma reorganização dos serviços e das operações.

Por último, com o rápido crescimento no volume de contêineres, propiciou-se numa linha principal entre dois *hub ports* suportada por *links* da navegação de *feeder*. dos navios adaptados. Com isso, a rede de navegação portuária foi se decompondo de uma frota de navios porta-contêineres que pôde paulatinamente substituir a frota

O segundo retângulo da figura 2.2 mostra a segunda fase já com a existência o aumento da demanda começaram surgir novos *links* para alguns portos específicos.

contêineres que mantinham linhas de serviço com *links* numa determinada rede. Com do processo de contêinerização com navios de carga geral adaptados ao transporte de

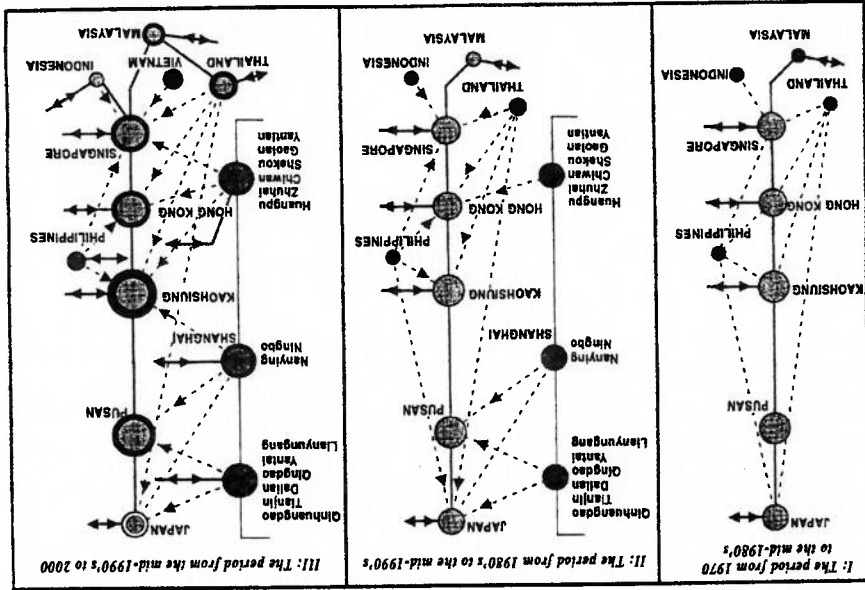
O primeiro retângulo de cima para baixo da figura 2.2 mostra a primeira fase

FLEMING (1997), vem consolidando sua posição de *hub port* asiático devido aos seguintes fatores:

- Decisão da maioria dos armadores em utilizá-lo como centro de transbordo, o que pode ser confirmado pelos 40% do total movimentado referir-se a este tipo de operação;

- Recente queda de barreira protecionista que não permitia o tráfego de *feeder* deste porto para a China Continental por navios de bandeira estrangeira;
- O porto possui amplo espaço para movimentação de contêineres;
- Oferece menores custos unitários de armazenagem e movimentação da região em questão;

- Em função da localização geográfica tem-se o menor custo de viagem para *Hong Kong* em relação aos outros portos.



Fonte: ROBINSON (1998)

Figura 2.3: Desenvolvimento Hub-Feeder Service na Ásia de 1970-2000

3. A COSTA LESTE DA AMÉRICA DO SUL NO

CENÁRIO MUNDIAL

A REVISTA PORTOS E NAVIOS (1998) mostra que a perspectiva de aumento do PIB era surpreendentemente animadora, saindo dos atuais US\$ 700 bilhões e chegando em aproximadamente US\$ 2 trilhões em 2020, refletindo uma taxa de crescimento anual de 4,05%. Diante dessas previsões do PIB, foram feitas correções que resultaram uma projeção de movimentação de contêineres da ordem de 5,8 milhões de TEUs em 2020, contra os atuais 1,6 milhões de TEUs.

Ressalta-se que estas análises foram feitas antes das crises da Ásia e Rússia, já que a publicação da revista é de Jun/1998. A taxa média de crescimento anual do PIB brasileiro foi de 3,3% ao ano entre 1994-1998, segundo IBGE/BACEN. Contudo, sabe-se que haverá um crescimento não somente pelo aumento do PIB, em patamares menores que os apresentados, mas também pela necessidade de maiores exportações para compensar a balança comercial que tem sido desfavorável, abrindo a possibilidade de localização de um *hub port* na América do Sul, promovendo assim um fluxo no sentido Norte-Sul como pode ser visto na figura 3.1.

Diante deste cenário, o Brasil, a Argentina e o Uruguai estariam abrindo a possibilidade de implantar este serviço de modo a se obter um ganho de escala no transporte de contêineres no mundo através da localização do *Hub Port*. Esta análise envolve tanto os aspectos quantitativos - movimentação de contêineres e custos portuários - como também aspectos qualitativos, sendo estes últimos de difícil análise comparativa.

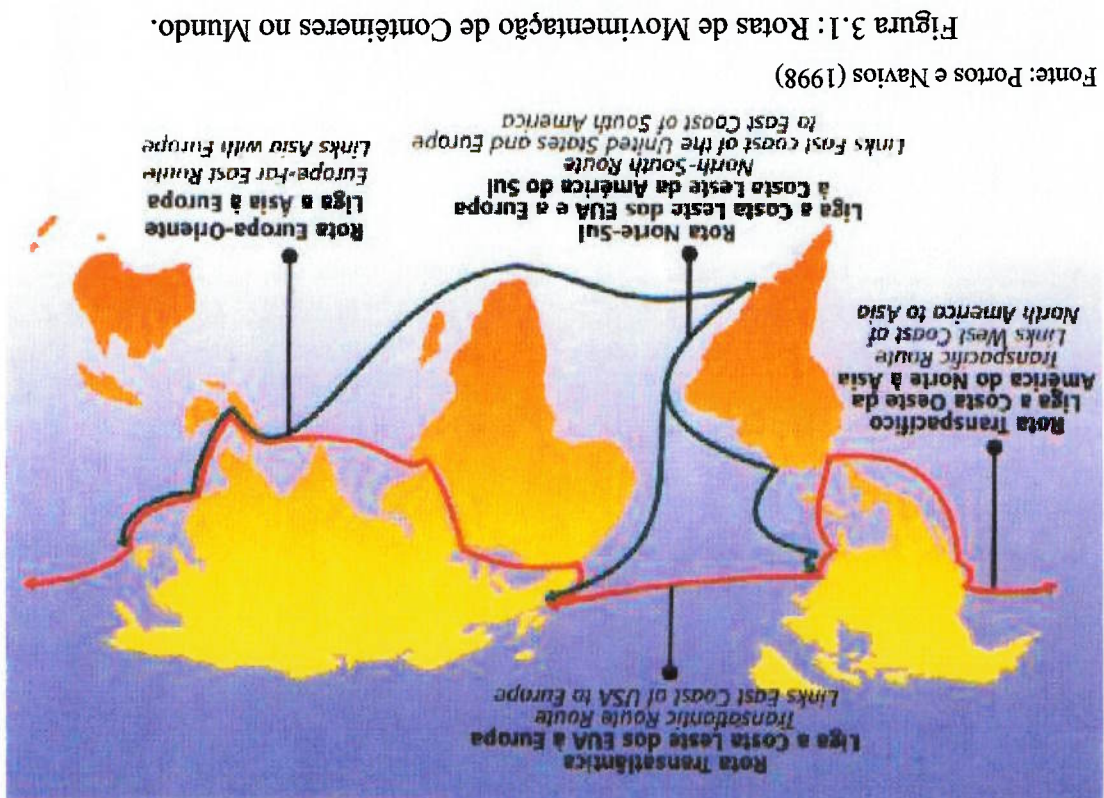
3.1. Critérios Quantitativos para um Estudo Preliminar de

Viabilidade de Implantação do CHFS na Costa Leste da América do

Sul

3.1.1. Movimentação de Contêineres

Através do levantamento da movimentação de contêineres entre os quarenta e seis portos brasileiros, dos quais apenas vinte e nove apresentaram operação com contêineres entre 1994-2000, segundo lista de portos do Ministério dos Transportes (MT), que mantém dados atualizados de 1994-1999, e associando a base de dados da empresa DATAMAR para o ano de 2000, foi possível conjugar os dados e apresenta-los na tabela 3.1 e na figura 3.2.



São apresentados na tabela 3.1 apenas os treze portos com maiores movimentações, restando identificar os dezesseis que foram totalizados com a indicação "Outros", a saber: Cabedelo (PB), Maceió (AL), Porto Alegre (RS), Natal (RN), Ilhéus (BA), São Sebastião (SP), Santarém (PA), Vila do Conde (PA), B. do Riacho (ES), Estrela (RS), Imbituba (SC), Macapá (AP), Porto Velho (RO), Praia Mole (ES), Sepetiba (RJ) e Tubarão (ES).

Tabela 3.1: Movimentação de Contêineres no Brasil em TEU

PORTO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	TEU	TEU	TEU	TEU	TEU	TEU	TEU
Santos	614.168	817.848	772.313	829.486	799.476	774.959	949.300
Rio Grande	136.540	124.124	170.267	194.963	224.577	261.929	315.093
Paranaguá	113.037	134.345	115.291	139.141	161.569	194.939	252.679
Rio de Janeiro	106.764	163.209	172.863	202.763	198.197	204.289	217.758
Itajaí	72.946	69.721	86.617	118.822	129.563	136.062	171.250
S. F. do Sul	50.147	78.454	96.908	95.394	116.707	151.111	168.355
Vitória	43.195	55.396	67.036	62.472	76.196	114.156	105.451
Salvador	42.810	48.126	57.548	52.496	51.375	79.116	95.451
Manaus	53.024	77.447	90.360	60.783	44.076	48.790	80.653
Fortaleza	25.579	28.767	34.545	42.148	50.163	54.448	69.424
Suape	10.036	14.969	19.676	30.642	48.953	39.142	62.753
Belém	32.281	39.130	40.207	26.983	29.843	47.283	48.950
Recife	13.180	15.172	18.711	23.784	19.675	26.526	46.162
Outros	87.839	103.194	37.094	46.094	79.001	43.764	70.010
TOTAL	1.401.546	1.769.902	1.779.436	1.925.971	2.029.371	2.176.514	2.653.289

Fonte: MT / DATAMAR

operação dos terminais que tiveram processo de arrendamento, como

- O terceiro período de 1999-00 mostra o reflexo da entrada em

1996;

ao ano, praticamente constante, exceto pela estagnação de 1995 para estabilidade econômica, em que a taxa média de crescimento de 5,3%

- O segundo período de 1995-99 reflete o cenário de razoável

Real;

deve-se basicamente ao ambiente econômico propiciado pelo Plano

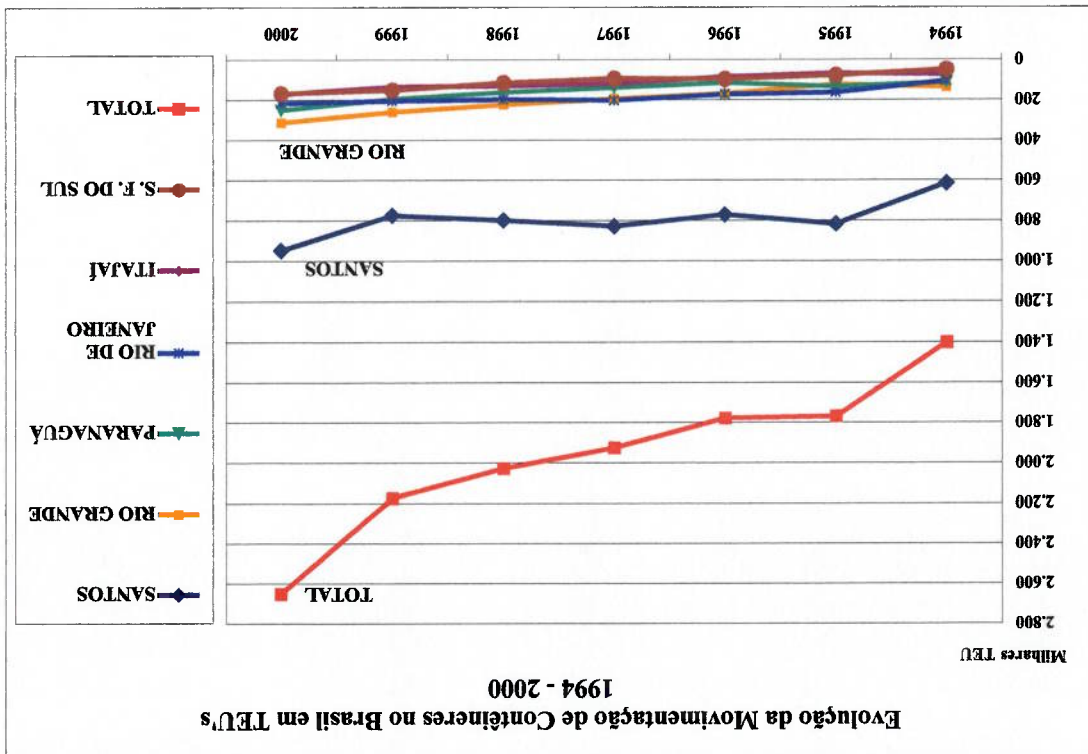
- A primeira de 1994-95, com uma taxa de crescimento superior a 25%,

total de contêineres no Brasil:

Na figura 3.2, podem-se observar três fases de crescimento da movimentação

Figura 3.2: Evolução da Movimentação de Contêineres no Brasil em TEU

Fonte: MT / DATAMAR



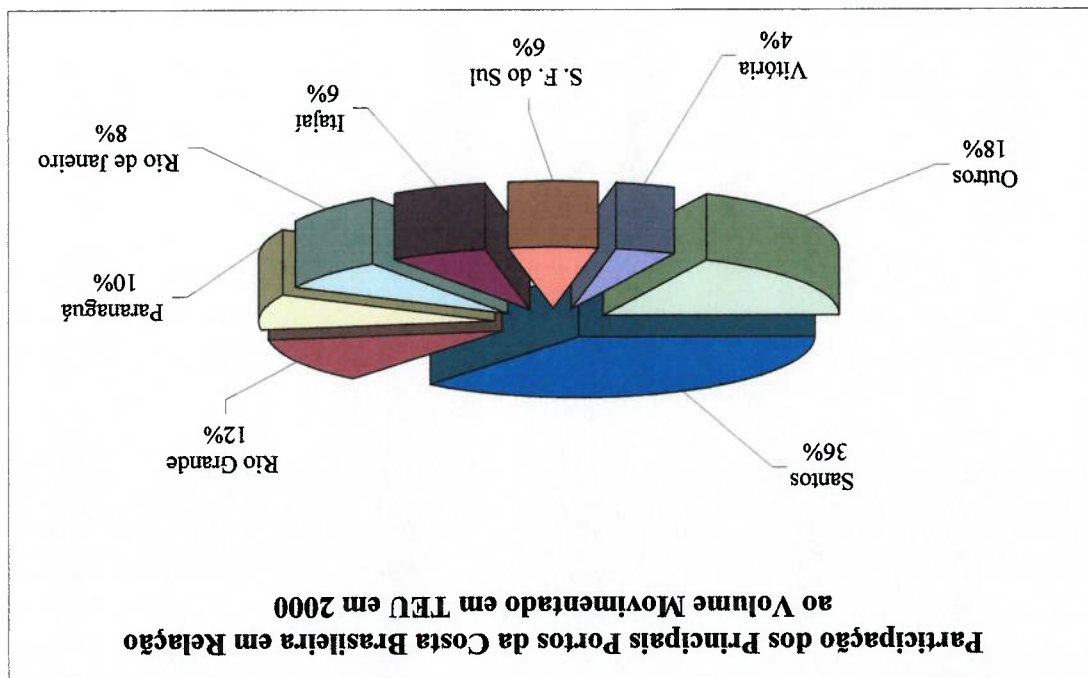
por exemplo: Rio Grande em Mar/1997, Santos Brasil em Dez/1997, Rio de Janeiro em Mai/1998 e Paranaguá em Nov/1998. Acrescente-se a esse fator, a desvalorização cambial da moeda brasileira, que incentivou as exportações, tendo uma taxa de 21,9% ao ano no referido período.

De modo geral, no período compreendido entre 1994-2000, obteve-se uma taxa média de crescimento de 11,2% ao ano, colocando o Brasil em patamares de crescimento ligeiramente inferior a dos asiáticos (~13% ao ano) e quase o dobro em relação a dos europeus (~6% ao ano), mostrando que no médio prazo ter-se-á um quadro extremamente promissor para a movimentação de contêineres no Brasil.

A partir da coluna referente ao ano 2000, elaborou-se a figura 3.3, em que se tem, além da concentração de contêineres no Porto de Santos com 36% do total movimentado no Brasil, o aspecto dos sete maiores portos em movimentação estarem situados nas Regiões Sudeste (Santos, Rio de Janeiro e Vitória) e Sul (Rio Grande, Paranaguá, Itajaí e S. F. do Sul) do Brasil, indicando que a melhor localização, sob este ponto de vista, deveria ser no Porto de Santos, uma vez que estariam agregando cargas que representam mais de 80% da movimentação nacional.

Por outro lado, a localização de um *Hub Port* na Costa Leste da América do Sul não pode deixar de considerar as movimentações dos portos de Montevideu e Buenos Aires, conforme mostrado na tabela 3.2 e na figura 3.4. Cabe denotar que, na comparação dos três portos mostrados na figura 3.4, Santos perdeu a liderança para Buenos Aires em 1996, quando houve uma retração na taxa de crescimento em Santos; ao passo que a tendência de aumento do Porto de Buenos Aires manteve-se em ascensão desde 1990, refletindo uma taxa de crescimento no período de 1990-2000 de 17,9 % ao ano, contra 8,0 % ao ano de Santos e 16,6 % ao ano de Montevideu, que, apesar de patamares de movimentação menores que os de Santos, apresenta uma taxa de crescimento muito superior que a

Figura 3.3: Distribuição do Volume de Contêineres em TEU Movimentados nos Principais Portos da Costa Brasileira em 2000

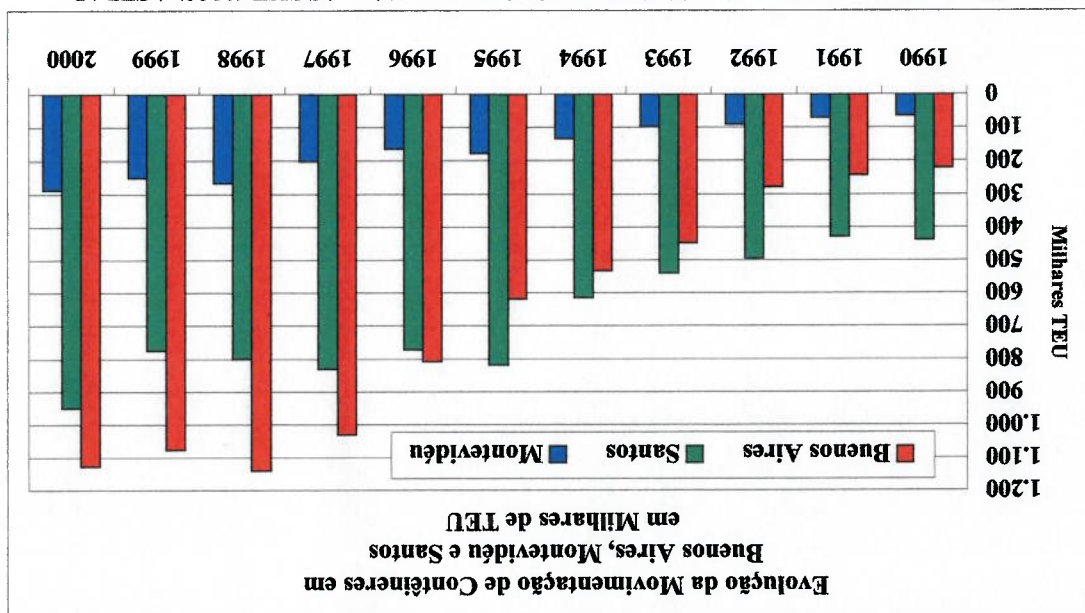


Na tabela 3.2, é importante observar que, a inclusão de Buenos Aires, que apresenta um percentual de movimentação ligeiramente superior em relação ao de Santos, não somente alterou o *ranking* dos portos, como também aumentou em 50% no volume de contêineres, passando dos 2,7 milhões para 4,1 milhões de TEUs, o que gerou uma concentração ainda maior entre o sul do Brasil e os principais portos dos países platinos, indicando desta vez que o *Hub Port* deveria ser localizado em

Na figura 3.4 pode-se observar, também, que a movimentação de Buenos Aires manteve-se estável em torno de 1,1 milhão de TEUs entre 1997 e 2000, ao passo que Santos apresentou uma estabilidade em torno de 800 mil TEUs entre 1995 e 1999 e uma incrível recuperação no volume movimentado com uma taxa de 21,9% de 1999 para 2000. Com isso, diminuiu bastante a diferença com seu maior concorrente argentino.

Fonte: Porto de Buenos Aires: Autoridade Portuária de Buenos Aires / SGT (1999) / CEPAL
 Porto de Santos: Ministério dos Transportes - GEIPOP / DATAMAR
 Porto de Montevideu: Administración Nacional del Puerto de Montevideo

Figura 3.4: Evolução da Movimentação de Contêineres em Buenos Aires, Montevideu e Santos



O desenvolvimento deste item terá como base o estudo publicado em Dez/2000 pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), que detalha a estrutura dos preços dos serviços portuários, com o intuito de pormenorizar suas respectivas parcelas componentes, bem como avaliar a evolução dos preços ao

3.1.2. Preço dos Serviços Portuários

Os portos das Regiões Sul e Sudeste do Brasil somados às movimentações de Buenos Aires e Montevideu chegam à cifra de 88,3% da movimentação total dos portos da América do Sul conforme mostra a tabela 3.2.

Fonte: DATAMAR / CEPAL

P O R T O	2000	%	% Acumulado
	TEU		
Buenos Aires	1.126.712	27,7%	27,7%
Santos	949.300	23,3%	51,0%
Rio Grande	315.093	7,7%	58,7%
Montevideu	287.298	7,1%	65,8%
Paranaguá	252.679	6,2%	72,0%
Rio de Janeiro	217.758	5,4%	77,4%
Itajaí	171.250	4,2%	81,6%
S. F. do Sul	168.355	4,1%	85,7%
Vitória	105.451	2,6%	88,3%
Outros - Brasil	473.403	11,7%	100,0%
TOTAL	4.067.299	100,0%	

Tabela 3.2: Distribuição de contêineres nos principais portos da Costa Leste da América do Sul

e Santos. distância percorrida, em função da distância dos dois principais portos: Buenos Aires e Santos. Contudo, deve-se lembrar que isso acarretaria um aumento da

longo dos anos de 1997, 1998 e 1999 para três tipos de cargas: contêineres, carga geral e graneis sólidos.

GEIPOT (2000) revela, ainda, aspectos da organização dos serviços portuários quanto ao seu estágio de adequação à Lei 8630/93, que criou duas figuras: uma do operador portuário, que passava a assumir a responsabilidade pelos serviços de terra (capatazias), antes exclusiva da entidade exploradora do porto, e outra da autoridade portuária responsável pela administração do porto.

Vale ressaltar que o termo **Capatazias** vem sofrendo modificações, podendo ser denominado de **THC** (*Terminal Handling Charge*), como ocorre nos portos de Santos e Paranaguá, ou **Movimentação de Mercadorias**, nos portos de Rio Grande, Vitória e Rio de Janeiro.

Segundo GEIPOT (2000), na pesquisa realizada em Jul/1997 nos principais portos da região Sul e Sudeste: Vitória, Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Rio Grande, observou-se que a organização dos serviços portuários havia mudado muito pouco com a referida lei, isto porque:

- Antigas empresas de manuseio de cargas nos porões dos navios haviam criado operadoras qualificadas junto às administradoras dos portos para permanecerem na operação de estivaagem das embarcações;
- As administrações portuárias dos portos de Vitória, Rio de Janeiro e Rio Grande realizavam as capatazias, ou seja, a figura da autoridade portuária acumulava a função de operadora portuária;
- Aos armadores era realizada a mesma prestação de contas, através das chamadas *disbursement accounts* (planilhas de desembolso), pelos

- material de estiva, equipamentos e outros;

movimentada, sendo invariável, incluindo mão-de-obra, horas extras, conhecido por *lump sum*, que reflète o valor por unidade

 - As planilhas de desembolso foram substituídas por um preço global, vedando, também, a participação de seus agentes na operação;
 - A exigência por parte dos armadores internacionais de que a prestação dos serviços portuários estivesse a cargo de operadores especializados, A exigência por parte dos armadores internacionais de que a prestação de atividades;
 - Os serviços de manuseio da carga haviam sido completamente transferidos para os operadores portuários, uma vez que as administrações portuárias desvincularam-se totalmente destas atividades;
- houve a constatação das primeiras mudanças:

Suape, Salvador, Vitória, Rio de Janeiro, Santos, Paranaíba e Rio Grande, em que Fev/1998 um segundo levantamento da situação dos portos de Fortaleza, Recife, Sete meses depois da primeira pesquisa, foi realizado pelo GEIPOT em unicamente à elaboração das folhas de pagamento.

 - Outra figura importante da referida lei é a do OGMO (Órgão Gestor portuários. No entanto, o OGMO de cada porto limitava-se eliminando excessos e desvios de conduta realizada pelos sindicatos de-obra avulsa nos termos de trabalhos dos navios, desta maneira de Mão-de-Obra), que tem por finalidade realizar a escalafão da mão-estivadoras;
 - agentes de navegação, quando eram denominados de entidades

- Apesar do OGMO de cada porto apresentar uma organização melhor

em relação à pesquisa anterior, ainda não controlava a escalagem e o valor da remuneração dos trabalhadores avulsos.

Segundo GEIPOT (2000), a terceira pesquisa realizada no período de outubro a dezembro de 1999 englobou os seguintes portos: Belém, Fortaleza, Recife, Suape, Salvador, Vitória, Rio de Janeiro, Santos, Paramaguá, São Francisco do Sul, Itajaí e Rio Grande, onde, além do contínuo progresso das mudanças citadas na segunda pesquisa, houve a consolidação da posição do OGMO de cada porto na gestão da mão-de-obra avulsa, desta vez controlando escalagem, remuneração e pagamento das equipes de trabalhadores.

É importante ressaltar que o fortalecimento do OGMO nas relações portuárias fez surgir, em contrapartida, grande resistência por parte dos sindicatos portuários, cuja ação pode ser minimizada nos diversos portos, exceto no Porto de Santos, quando, em 27/03/2001, foi deflagrada uma greve que durou dez dias, justamente pelo fato do sindicato não ter mais o poder de escalar os trabalhadores avulsos.

Diante deste quadro de organização portuária é que se desenvolveu uma metodologia de levantamento dos preços dos serviços portuários desenvolvida em GEIPOT (2000), que diferenciou três conjuntos formadores de preços: **Manuseio das Cargas, Tarifas Portuárias e Entrada e Saída dos Navios**.

As despesas com **Manuseio das Cargas** são devidas pelo armador, empresa de navegação ou seus agentes. Estas despesas estão relacionadas na tabela 3.3 segundo definido em GEIPOT (2000). No caso da movimentação de contêineres, a componente de custo "Recheço" jamais é utilizada por estar relacionada à carga granel sólida.

As despesas com **Tarifas Portuárias** referem-se à utilização de equipamentos e das instalações públicas pelos operadores portuários ou armadores, que devem realizar os devidos pagamentos às administrações dos portos. Na tabela 3.4 foram definidos em GEIPOT (2000) os diversos itens que compõem essas despesas, que apresentam seus valores expressos, em geral, por unidade movimentada (contêiner ou tonelada).

Fonte: GEIPOT (2000)

Item	Descrição
Estiva/ Desestiva	Pagamento de mão-de-obra avulsa para os serviços a bordo do navio (estivadores), inclusive encargos e leis sociais e taxa de administração.
Conferentes	Despesas com mão-de-obra avulsa para os serviços de conferência das cargas nas operações de carregamento e descarregamento, inclusive encargos e leis sociais e taxa de administração.
Consertadores	Despesas com mão-de-obra avulsa para consertar sacarias, fardos e outras embalagens, inclusive encargos e leis sociais e taxa de administração.
Peçaço	Despesas com a mão-de-obra de trabalhadores avulsos (em geral de bloco), utilizada na fixação dos contêineres e outros volumes nas baías e conveses dos navios, inclusive encargos e leis sociais e taxa de administração.
Recheço	Gastos com mão-de-obra e equipamentos nos serviços de ajustamento das cargas a granel, no final da descarga, com a limpeza dos porões, e também na complementação de carregamentos, inclusive encargos e leis sociais e taxa de administração.
Armadores / Portuários	Despesas com mão-de-obra avulsa para a execução de serviços em terra, quando não fornecidas pela administração portuária, inclusive encargos e leis sociais e taxa de administração.
Administração	Taxas pagas aos sindicatos de mão-de-obra avulsa ou ao órgão Gestor de Mão-de-Obra (OGMO) para administração do fornecimento da mão-de-obra avulsa, quando não incluídas nos itens acima.
Outros	Vistoria de lares, remoções, transporte de mão-de-obra, horas extras, alimentação, água, ambulância e custos sem especificação.

Tabela 3.3: Componentes das Despesas com Manuseio das Cargas

Tabela 3.4: Componentes das Despesas com Tarifas Portuárias

Item	Descrição
Utilização da infra-estrutura de acesso e marítima ou profunda das áreas de fundeio, de evolução e atracação dos navios. Em alguns portos essas taxas recebem denominação distinta, mas em geral correspondem às antigas Taxas de abrigo do porto (Inframar) ou TUP	Pela utilização do acesso marítimo e das águas abrigadas e Utilização do Porto (TUP), sendo cobradas por unidade, no caso de contêineres, ou por tonelada, para as demais cargas.
Utilização da infra-estrutura terrestre - Infraport	Pela utilização das instalações terrestres para as operações de carregamento/descarregamento de mercadorias – cais, acessos terrestres, armazéns e pátios de trânsito, instalações especializadas e vias de circulação internas, e, ainda, as benfeitorias e serviços respectivos, tais como iluminação, drenagem, abastecimento entre outros.
Equipamentos	Pelo aluguel de equipamentos para movimentação de cargas: portênières e transstênières, <i>stackers</i> e empilhadeiras, guindastes, caminhões e <i>bogies</i> , para o caso de contêineres, ou guindastes com <i>grabs</i> , sugadores, descarregadores ou carregadores ou outros equipamentos especializados pertencentes à administração do porto. Nos casos em que as operações a bordo foram feitas com equipamentos do próprio navio e, em terra, com equipamentos de terceiros, esse item não deve constar.
Mão-de-obra de terra	Valores pagos para remuneração da mão-de-obra de terra utilizada na prestação de serviços de movimentação de cargas na área do porto organizado. Nos portos pesquisados aparecem com diferentes denominações: capatazias, mão-de-obra locada ou movimentação de mercadoria.
Outras Taxas	Valores pagos à administração do porto pela prestação de serviços diversos nas operações de carregamento e descarregamento de mercadorias, não incluídas nos itens acima, tais como transporte interno, pesagem e outras não especificadas.

Fonte: GEIPOT (2000)

Por fim, tem-se que as despesas com **Entrada e Saída de Navios**, que abrangem os pagamentos feitos pelo armador do navio ou seu agente ao atendimento do navio, em que os componentes de custo estão dispostos na tabela 3.5 segundo definição de GEIPOT (2000).

Com base na estruturação das componentes das despesas dos serviços portuários, apresentados anteriormente nas tabelas de 3.3 a 3.5, GEIPOT (2000) realizou o levantamento dos valores dessas que estão detalhados nas tabelas 3.6 e 3.7 para os principais portos / terminais de contêineres do Brasil no ano de 1999.

Das tabelas 3.6 e 3.7 percebem-se que os valores das despesas totais podem variar de R\$ 263,73 a R\$ 549,78 por contêiner, que correspondem ao Porto de Recife e o TVV de Vitória, respectivamente. Isto reflete uma relação do máximo ser duas

Fonte: GEIPOT (2000)

Item	Descrição
Taxas de atracação	Pagamentos à administração do porto pela utilização das instalações de acostagem ou atracação – cais, píeres ou <i>dolphins</i> de amarração, incluindo-se as despesas com defensas e amarradores. Essas taxas são cobradas em função do comprimento do navio e do tempo em que ele permanece atracado.
Praticagem	Pelos serviços de condução dos navios no canal de acesso e manobras nas bacias de evolução e atracação das embarcações em águas restritas do porto, desde o embarque do práctico na barra até a área de fundo ou área de atracação e vice-versa. Neste item deve ser incluso o transporte do práctico e de autoridades em lanchas.
Rebocador	Pelos serviços de rebocador para auxílio às manobras em bacias de evolução e nos canais de acesso e na atracação e desatracação das embarcações
Agenciamento	Pelos serviços de assistência geral à escala do navio prestado pela Agência de Navegação, inclusive requisição de prácticos, de rebocadores, de vigias, e, ainda, coordenação das atividades dos operadores portuários, relacionamento com a administração do porto, pagamento de taxas e serviços em nome do armador.
Outros	Despesas com vigias portuários de portão, despacho do navio, tradução de manifestos, despesas de comunicação, contribuições a entidades de classe (CNET e Fenamar), transporte e serviços de táxi para tripulantes e os não especificados.
Custos Adicionais	Taxas cobradas por outras entidades não vinculadas diretamente à atividade portuária, que atualmente são pagas pelo armador/dono das mercadorias, como a Taxa de Utilização de Farol (TUF), a Funapol, a livre prática, taxas fitossanitárias e outras.

Tabela 3.5: Componentes das Despesas com Entrada e Saída de Navios

vezes maior que o mínimo. Observa-se, também, que nos portos de Belém, Suape, São Francisco do Sul e Itajaí esses valores apresentam uma despesa média de R\$ 290,00 por contêiner, enquanto que em Fortaleza, Salvador, Rio de Janeiro, Santos, Paraguaçu e Rio Grande, aumentariam para R\$ 350,00 por contêiner.

Tabela 3.6: Principais Itens das Despesas dos Serviços Portuários em 1999

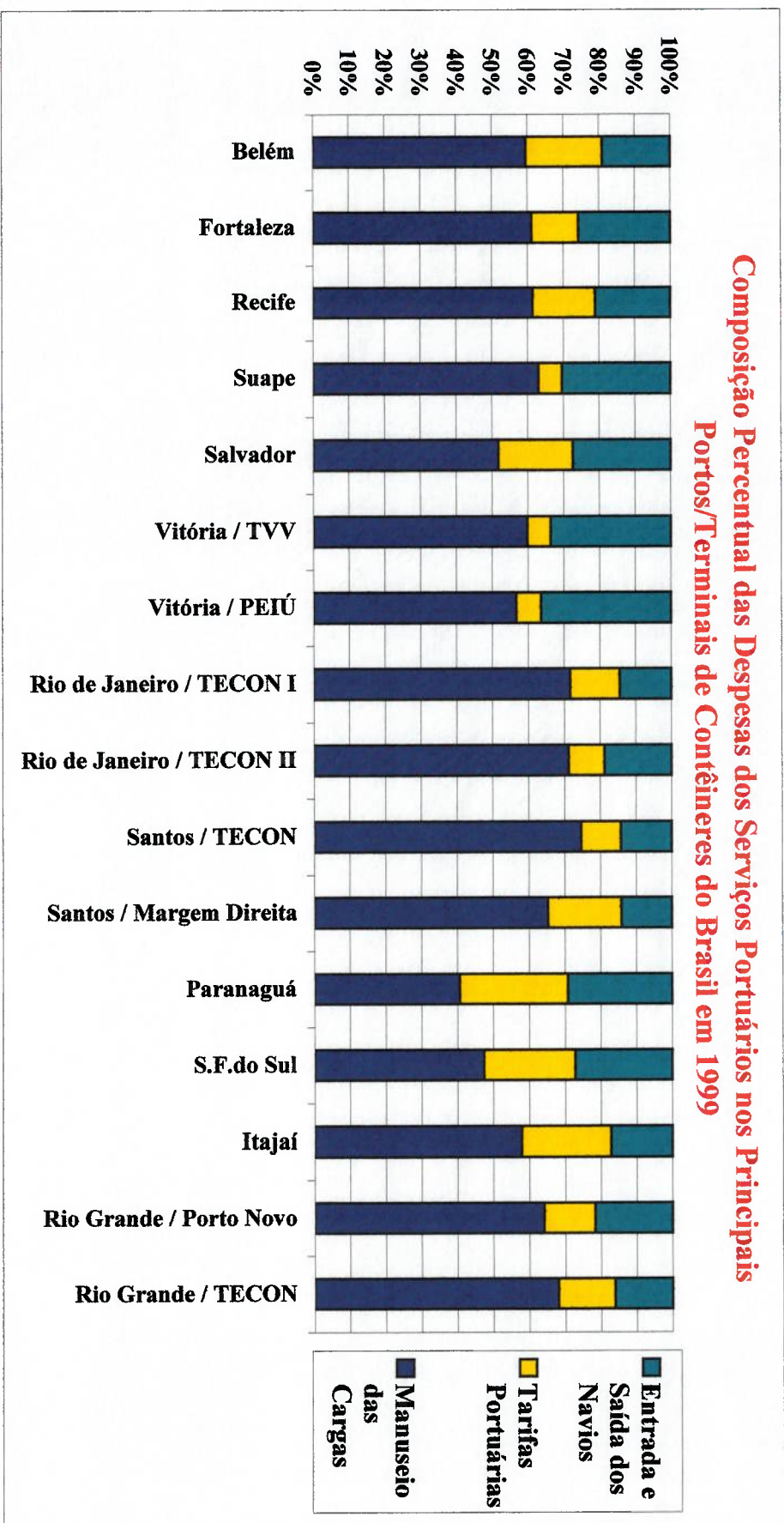
ITEM DE SERVIÇO RS / contêiner	PORTOS / TERMINAIS									
	Belém	Fortaleza	Recife	Suape	Salvador	Vitória				
						TVV	PEVÚ			
Manuseio das Cargas	170,31	214,40	161,97	189,20	189,00	329,10	293,84			
Estiva / Desestiva	102,11	145,45		178,02	113,73					
Conferentes	16,32	52,35			23,43					
Peação / Despeação	3,51	3,90		11,18	11,32					
Arrumadores / Portuários	40,68	1,64			23,66					
Administração	7,69	11,06			2,59					
Outros					14,27					
Tarifas Portuárias	61,07	45,74	46,28	19,43	75,92	35,90	35,90			
Utilização da infra-estrutura marítima	19,67	30,06	9,17	13,70	8,23	35,90	35,90			
Utilização da infra-estrutura terrestre	32,88	15,68	10,50	5,73	43,22					
Equipamentos	1,65		1,42		13,03					
Mão-de-obra de terra										
Outras taxas	6,87		25,19		11,44					
Entrada e Saída dos Navios	54,45	90,18	55,48	91,06	100,21	184,78	188,27			
Taxas de atracação	2,88	5,86	2,13	2,02	1,56					
Praticagem	23,47	24,27	1,81	25,31	17,11	29,30	40,67			
Rebocador		11,75	9,95	31,71	19,63	79,92	86,69			
Agenciamento	12,81	19,58	19,31	17,24	26,27	32,77	26,12			
Outros	4,21	8,82	5,64	10,16	13,37	11,44	17,53			
Custos Adicionais	11,08	19,90	16,64	4,62	22,27	31,35	17,26			
TOTAL	285,83	350,32	263,73	299,69	365,13	549,78	518,01			

Fonte: GEIPOT (2000)

Tabela 3.7: Principais Itens das Despesas dos Serviços Portuários em 1999 (continuação)

ITEM DE SERVIÇO	PORTOS / TERMINAIS											
	Rio de Janeiro		Santos		Paranáguá			Itajaí		Rio Grande		
	T-1	MULTIRIO	TECON	M. Direita	Paranáguá	S.F.do Sul	Itajaí	P. Novo	TECON			
Manuseio das Cargas	225,86	245,18	275,17	243,83	139,34	135,86	169,62	213,74	242,82			
Estiva / Desestiva			39,16	123,98	82,73	87,18	76,77	73,96	159,08			
Conferentes			212,66	61,21	17,38	32,24	39,88	38,16				
Peção / Despeção				21,00	1,60	5,16	9,59	11,25				
Armadores / Portuários						3,38	20,87	67,79	83,14			
Administração			4,64	3,75	34,51	1,10	6,40	2,68				
Outros			18,71	33,89	3,12	6,80	16,11	19,90	0,60			
Tarifas Portuárias	44,13	34,83	41,47	77,18	103,99	72,91	73,06	47,76	56,59			
Utilização da infra-estrutura marítima	8,45	8,45	41,47	25,22	15,19	72,91	26,85	15,58	18,99			
Utilização da infra-estrutura terrestre	12,06	12,06		50,28			32,63	6,46				
Equipamentos	23,62	14,32		1,68			13,58	1,95				
Mão-de-obra de terra					88,80			23,77	37,60			
Outras taxas												
Entrada e Saída dos Navios	45,39	64,83	52,46	52,54	100,26	78,20	50,40	72,30	57,44			
Taxas de atracação			10,02	8,60	2,47	18,12	2,27	0,87				
Praticagem	13,83	15,51	12,39	18,22	28,19	10,27	11,61	20,67	20,35			
Rebocador	11,33	14,71	9,13	14,51	24,13	28,13	11,67	21,12	12,21			
Agenciamento			9,27		21,87		6,63	5,19	7,73			
Outros	10,43	13,08	3,93	8,68	8,13	8,83	7,09	11,05	4,30			
Custos Adicionais	9,80	18,55	7,72	2,53	15,47	12,85	11,13	13,40	12,85			
TOTAL	315,38	344,84	369,10	373,55	343,59	286,97	293,08	333,80	356,85			

Fonte: GEIPOT (2000)



Fonte: GEIPOP (2000)

Figura 3.5.: Composição Percentual das Despesas dos Serviços Portuários nos Principais Portos/Terminais de Contêineres do Brasil em 1999

Na figura 3.5, pode-se observar o impacto das despesas com **Mauiseio das Cargas**, podendo variar de 40 a 70% do custo total, em que os terminais do Rio de Janeiro, TECON de Santos e de Rio Grande se encontram no patamar superior, enquanto que Paraguaçu situa-se no inferior, estando a maioria dos portos com o percentual de 60%. Isto mostra, conforme dito anteriormente, o impacto principalmente da estiva controlada fortemente pelos sindicatos portuários até 1999.

Segundo GEIPOT (2000), a soma das despesas de **Mauiseio das Cargas** com **Tarifas Portuárias** contempla o parâmetro denominado **Movimentação de Mercadorias** ou mais comumente conhecido por **THC** ou **Capatazias**, já discutidos no início deste item. Retomando a figura 3.5 sob o enfoque da **THC**, que varia entre 65% e 85% nos portos relacionados, ressalta-se que esta despesa é paga pelo armador e repassado para o dono da mercadoria.

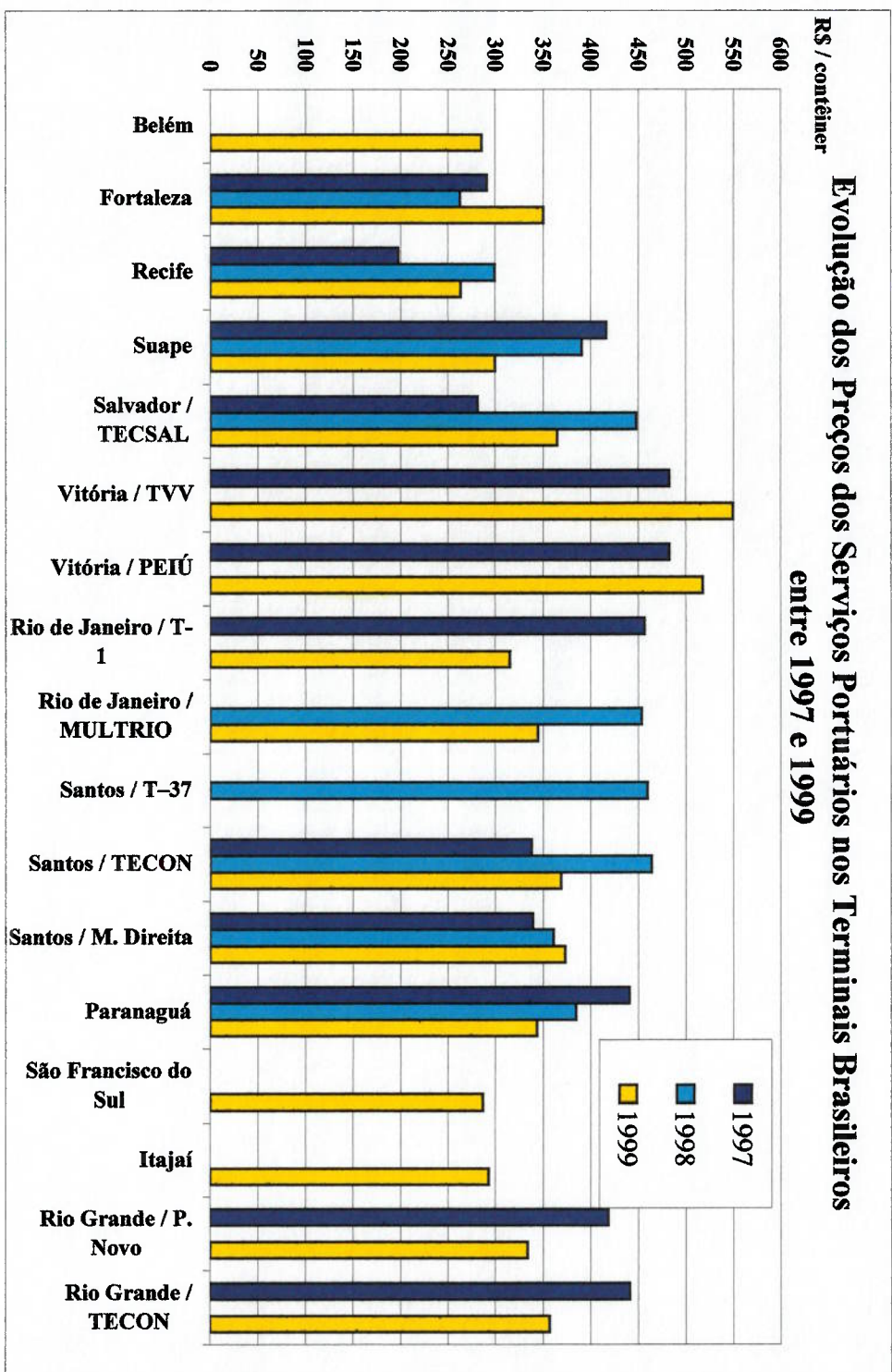
Em GEIPOT (2000), tem-se a possibilidade de avaliar a evolução dos preços entre 1997 e 1999, quando houve alguns arrendamentos ou concessões de terminais de contêineres que foram transferidos das administrações portuárias públicas para operadores portuários privados, conforme havia sido delimitado pela Lei 8.630/93 e, portanto, esperava-se que os preços cobrados pelos serviços fossem significativas reduções. No entanto, pode-se verificar o que realmente ocorreu em alguns portos e terminais com o auxílio da tabela 3.8 e da figura 3.6.

O Porto de Recife, o TECSAL de Salvador e o TECON de Santos apresentaram aumentos do ano de 1997 para 1998 bastante significativos de 51,8%, 59,1% e 37,4%, respectivamente. No entanto, no biênio seguinte houve uma redução, desta vez menos expressiva do que os aumentos, de 11,9%, 18,5% e 20,5%, respectivamente.

Tabela 3.8: Evolução dos Preços dos Serviços Portuários entre 1997 e 1999 em R\$ por contêiner

R\$ / contêiner	Porto / Terminal	1997			1998			1999			% ao ano		
		Entrada e Saída dos Navios	THC	Total	Entrada e Saída dos Navios	THC	Total	Entrada e Saída dos Navios	THC	Total	97/98	98/99	97/99
	Belém							54,45	231,38	285,83			
	Fortaleza	81,15	209,82	290,97	70,66	192,14	262,80*	90,18	260,14	350,32	-9,7%	33,3%	9,7%
	Recife	40,47	156,86	197,33	28,90	270,59	299,49	55,48	208,25	263,73	51,8%	-11,9%	15,6%
	Suape	86,30	330,00	416,30	126,46	264,31	390,77	91,06	208,63	299,69	-6,1%	-23,3%	-15,2%
	Salvador	48,92	232,61	281,53	92,18	355,84	448,02	100,21	264,92	365,13	59,1%	-18,5%	13,9%
	Vitória	97,65	384,86	482,51				184,78	365,00	549,78			6,7%
		97,65	384,86	482,51				188,27	329,74	518,01			3,6%
	Rio de Janeiro	93,75	362,74	456,49				45,39	269,99	315,38			-16,9%
					165,84	287,93	453,77	64,83	280,01	344,84			-24,0%
					63,73	396,00	459,73						
	Santos	59,63	278,14	337,77	80,43	383,70	464,13	52,46	316,64	369,10	37,4%	-20,5%	4,5%
		56,79	282,37	339,16	55,98	304,94	360,92	52,54	321,01	373,55	6,4%	3,5%	4,9%
	Paranaguá	62,45	378,40	440,85	123,24	261,77	385,01	100,26	243,33	343,59	-12,7%	-10,8%	-11,7%
	S. Francisco do Sul							78,20	208,77	286,97			
	Itajaí							50,40	242,68	293,08			
	Rio Grande	81,37	336,80	418,17				72,30	261,50	333,80			-10,7%
		77,86	363,52	441,38				57,44	299,41	356,85			-10,1%

Fonte: GEIPOT(2000) / * Dados de Jan a Jun/99



Fonte: GEIPOT (2000)

Figura 3.6: Evolução dos Preços dos Serviços Portuários nos Terminais Brasileiros entre 1997 e 1999 em R\$ por contêiner

Na tabela 3.9, nota-se claramente na última coluna que todos os valores são negativos, isto é, no período de 1997 a 1999 houve redução em dólar do valor total dos serviços portuários em todos os portos/terminais, em que a taxa média anual de redução variou entre 13,2% e 37,6%.

Outra análise permitida a partir de GEIPOT (2000) é a da avaliação do impacto da desvalorização da moeda brasileira em relação à moeda americana, ou seja, a desvalorização cambial, em que na tabela 3.9 são mostrados os valores dos serviços portuários em dólar. Vale informar que as cotações do dólar utilizadas pelo referido trabalho foram de R\$ 1,08 em 1997, R\$ 1,16 em 1998 e R\$ 1,91 em 1999, exceto para o valor do Porto de Fortaleza, que corresponde a um levantamento realizado entre janeiro e junho de 1999 com uma cotação de R\$ 1,74.

Por outro lado, também houve diminuições significativas e sucessivas no período de análise, tendo os portos/terminais apresentados uma taxa de redução média anual de 15,2% em Suape, 16,9% no T-1 do Rio de Janeiro, 11,7% em Paraguaçu, 10,7% no Porto Novo e 10,1% no TECON, estes dois últimos localizados no Porto de Rio Grande. Como também se identifica a redução ocorrida entre 1998 e 1999 no T-1 do Porto de Rio de Janeiro com o valor de 24,0%.

O Terminal Margem Direita no Porto de Santos apresentou, nos biênios de 97/98 e 98/99, aumentos sucessivos, porém de menor escala que em outros portos, de 6,4% e 3,5%, resultando num aumento médio de 4,9% ao ano, sendo semelhante ao seu vizinho o TECON em Santos com 4,5% de aumento médio anual.

O Porto de Fortaleza, apesar de ter tido uma queda de 9,7% de 1997 para 1998, apresentou uma forte alta no biênio 98/99 com 33,3%, refletindo uma taxa média anual de aumento de 9,7% ao ano.

Tabela 3.9: Evolução dos Preços dos Serviços Portuários entre 1997 e 1999 em US\$ por contêiner

Porto / Terminal	Entrada e Saída dos Navios	1997			1998			1999			% ao ano		
		THC	Total	Entrada e Saída dos Navios	THC	Total	Entrada e Saída dos Navios	THC	Total	97/98	98/99	97/99	
Belém							28,45	120,88	149,33				
Fortaleza	75,28	194,64	269,92	40,55	110,26	150,81*	47,11	135,91	183,02	-44,1%	21,4%	-17,7%	
Recife	37,54	145,51	183,05	24,90	233,15	258,05	28,98	108,80	137,78	41,0%	-46,6%	-13,2%	
Suape	80,06	306,12	386,18	108,96	227,74	336,70	47,57	108,94	156,51	-12,8%	-53,5%	-36,3%	
Salvador	45,38	215,78	261,16	79,42	306,60	386,02	52,35	138,40	190,75	47,8%	-50,6%	-14,5%	
	90,58	357,01	447,59				96,54	190,69	287,23			-19,9%	
Vitória	90,58	357,01	447,59				98,36	172,27	270,63			-22,2%	
Rio de Janeiro	86,97	336,49	423,46				23,71	141,05	164,76			-37,6%	
	MULTIRIO			142,89	248,09	390,98	33,87	146,29	180,16			-53,9%	
	T-37			54,91	341,20	396,11							
Santos	55,32	258,01	313,33	69,30	330,60	399,90	27,41	165,43	192,84	27,6%	-51,8%	-21,5%	
	TECON	52,68	261,94	314,62	48,23	262,74	310,97	167,71	195,16	-1,2%	-37,2%	-21,2%	
	M. Direita	57,93	351,02	408,95	106,19	225,55	52,38	127,23	179,61	-18,9%	-45,9%	-33,7%	
S. Francisco do Sul							40,85	109,07	149,92				
	Itajaí						26,33	126,78	153,11				
Rio Grande	P. Novo	75,48	312,43	387,91			37,77	136,62	174,39			-33,0%	
	TECON	72,23	337,22	409,45			30,01	156,42	186,43			-32,5%	

Fonte: GEIPOT (2000) / * Dados de Jan a Jun/99

A equiparação dos custos portuários brasileiros aos internacionais é necessária e crucial no processo de modernização dos portos brasileiros e, além disso, é preciso que os serviços de infra-estrutura apresentem confiabilidade, isto é, certeza quanto ao cumprimento de prazos.

83%, 61% e 41%, respectivamente. Paraguará, resultando numa diferença percentual a maior em relação à Antuérpia de Santos, US\$ 145 em média em Rio Grande e no Rio de Janeiro, US\$ 127 em tabela 3.1, apresentam os maiores valores de THC sendo da ordem de US\$ 165 em já os portos com maiores movimentações de contêineres, de acordo com a 15% e 22% em relação aos portos de Antuérpia e Roterdã, respectivamente.

THC da ordem US\$ 110 por contêiner estariam com uma pequena desvantagem de se constatar que os portos de Recife, Suape e São Francisco do Sul com valor de Comparando a tabela 3.10 com a coluna de THC de 1999 da tabela 3.9, pode-

Fonte: HESSEL, SCHED (1999)

Porto	US\$
Antuérpia (Bélgica)	90,57
Roterdã (Holanda)	96,00
Tilbury (Inglaterra)	96,87
Argentina	120,00
Hamburgo (Alemanha)	135,46
Le Havre (França)	196,65

Tabela 3.10: THC nos portos Europeus e na Argentina

Buenos Aires na Argentina, cujos valores estão apresentados na tabela 3.10. de 20 pés cobrados de armadores internacionais por portos europeus e no Porto de HESSEL, SCHED (1999) apresentaram os valores de THC para contêineres

No entanto, resta saber se a administração teria capacidade de investimento para projetos de infra-estrutura básica tal como o aprofundamento do canal para viabilizar o acesso de navios de grande porte com calado de 15,5 metros.

de equipamentos, obras civis para a construção do terminal e outros. /ou arrendatários do terminal o ônus dos investimentos em infra-estrutura: aquisição Arrendamentos e Parcerias (PROAPS), que transferem para os operadores portuários redução sistemática (semestral) das tarifas portuárias. Além dos Programas de funcionamento ininterrupto por 24 horas, redimensionamento da mão-de-obra, organizacional: Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos, de reduzir os valores de despesas portuárias com mudanças na estrutura Neste sentido, a administração do Porto de Santos tem mostrado um firme propósito Apesar disso, continuaria a ser o preferido para *Hub Port* entre os portos brasileiros. O Porto de Santos apresenta os maiores valores em despesas portuárias.

modal marítimo com o rodo e o ferroviário. abrangência global, uma vez que um porto tem que ser um elo de ligação entre o serviços portuários, é preciso viabilizar a implantação de Sistemas de Logística de custos previamente conhecidos e aceitáveis. Atualmente, já não basta oferecer bons disponibilizar sua produção em qualquer parte do mundo em prazos, frequência e boas condições de infra-estrutura física) que lhes garantam condições de As empresas deverão dispor, também, de serviços de logística (pressupõem-se previamente acordados.

recursos (equipamentos e pessoal) necessários ao cumprimento dos prazos e custos atender o cliente, como também fornecer subsídios para o dimensionamento de O controle do fluxo de informação das operações deve servir para melhor

tentando compatibilizar e consolidar as diversas informações contidas em COSTA com capacidade de movimentação de contêineres na Costa Leste da América do Sul, Deste modo, procurar-se-á caracterizar os principais terminais e/ou portos respectivos modais.

isso seja possível é necessário que o porto disponha de acessos terrestres para os ligação no sistema de transporte, seja através do modal todo ou ferroviário; para que Quanto ao aspecto da intermodalidade, deve-se tratar o porto como um elo de terminais.

disponível. Contudo, estes parâmetros nem sempre estão disponíveis em todos os medida pelas taxas de carga e descarga ou pela capacidade de movimentação dos equipamentos de movimentação de cais e de pátio, cuja eficiência pode ser A infra-estrutura física é avaliada através do calado, das áreas disponíveis e infra-estrutura física, e a segunda, tratar do aspecto da intermodalidade.

ser enfocadas sob duas perspectivas básicas: a primeira deve levar em consideração a características físicas do terminal ou porto em análise. Essas características devem Os critérios qualitativos que serão tratados neste item, referem-se às

3.2. Critérios Qualitativos

EUA e da Europa.
Buenos Aires é o porto mais distante entre os da Costa Leste da América do Sul, dos tange a movimentação e as despesas portuárias. Entretanto, não se deve esquecer que O Porto de Buenos Aires leva vantagem sobre os portos brasileiros no que

(2001), ZANCANER (2001), GEIPOT (2000) e informações disponíveis na *Internet*

nos respectivos *sites* dos portos, segundo os seguintes fatores:

- Calado: utilizando o menor entre o do terminal ou de acesso ao porto;
- Infra-estrutura:
 - Bergos:
 - Quantidade;
 - Comprimento Total;
 - Área de Armazenagem;
 - Área Coberta:
 - Quantidade;
 - Área Total;
 - Número de Pontos para Contêineres Refriggerados;
 - Equipamentos de Movimentação:
 - Portêineres;
 - Transtêineres;
 - *Reachstacker / Toploader*;
- Intermodalidade;
 - Acessos Terrestres;
- Nivel de Serviço;
 - Capacidade anual de movimentação;
 - Tempo de espera na operação de atracação;
- Região de Influência;
- Investimentos.

A tabela 3.11 apresenta a consolidação dos dados dos terminais disponíveis em COSTA (2001), em que não foram abordados alguns portos, bem como alguns fatores não estão citados para esses terminais analisados. Com isso, buscou-se através das já citadas fontes complementar a análise desses portos/terminais.

Tabela 3.1.1: Características dos Principais Terminais Brasileiros

Porto	Terminal	Início de Operação	Cenário	Bercos		Retro-área	Área Coberta		Número de Pontos para Contêiner Refrigerado	Equipamentos de cais		Equipamentos de pátio		Investimentos 10 ⁶ US\$	
				Quant.	Extensão Total m		Calado m	Área Total m ²		Portê- neres	Guindastes Portuários Móveis	Reachstacker / Toploader	Transtê- ner		
1 Rio Grande	TECON	Mar/97	2000	2	600	12,2	200.000	2	17.000	228	2	2	18	2	51,0
			Futuro	3	750	15,2	250.000	2	17.000	228	4	2	24	3	31,5
2 Itajaí	TECONVI	Out/01	2000	3	750	9,9	35.000	3	6.000	300	0	0	6	0	0,0
			Futuro	2	450	10,5	50.000	1	5.000	500	2	0	6	0	40,0
3 S.Francisco do Sul		Mar/98	2000	1	240	10,0	50.000	3	12.000	480	0	0	3	0	25,0
			Futuro	1	240	12,0	56.000	2	8.000	600	0	1	5	0	3,0
4 Paranaguá	TCP**	Out/98	2000	1	325	10,7	70.000	1	3.000	340	0	0	8	0	0,6
			Futuro	2	485	13,0	210.400	1	5.000	340	3	0	10	6	35,0
5 Santos	TECON Santos Brasil	Dez/97	2000	2	510	13,0	366.000	4	20.000	300	5	0	15	3*	272,0
			Futuro	3	760	13,0	484.000	4	20.000	400	9	0	15	3*	35,0
6 Santos	T-37	Nov/95	2000	4	870	11,5	140.000	1	10.000	450	5	0	14	5	55,0
			Futuro	5	1.090	12,0	140.000	1	10.000	450	10	0	14	10	30,0
7 Santos	COSIPA Rio Cubatão	Dez/97	2000	2	462	10,4	180.000	1	6.000	160	0	1	6	0	6,0
			Futuro	3	712	12,0	180.000	2	9.000	215	1	2	10	0	20,0
8 Santos	M. Direita IPA Saboó	Ago/00	2000	2	377	10,5	50.334	2	2.650	48	0	1	3	0	4,2
			Futuro	2	377	11,0	80.000	2	2.650	108	0	2	6	0	3,0

Porto	Terminal	Início de Operação	Cenário	Bergos			Retro-área	Área Coberta		Número de Pontos para Contêiner Refrigerado	Equipamentos de cais		Equipamentos de pátio		Investimentos 10 ⁶ US\$
				Quant.	Extensão Total m	Cala- do m		Quant.	Área Total m ²		Portê- níferos	Guindastes Portuários Móveis	Reachstacker / Toploader	Transfê- ner	
9	TECON	Fev/00	2000	2	540	14,5	400.000	2	14.000	300	0	2	7	0	63,0
			Futuro	3	810	14,5	400.000	2	14.000	300	2	2	11	6	76,0
10	T-1 Libra	Mai/98	2000	2	545	11,0	135.000	2	8.400	250	2	1	7	1	10,0
			Futuro	2	545	12,0	165.000	2	8.400	250	4	1	7	4	12,0
11	MULTIRIO Multi- terminais	Mai/98	2000	2	533	11,0	167.500	20	110.000	128	1	1	6	0	10,5
			Futuro	3	595	13,0	167.500	20	110.000	200	4	1	4	8	44,5
12	TVV	Mai/98	2000	2	350	10,7	108.000	2	12.000	60	0	2*	5	1*	4,0
			Futuro	2	440	12,5	108.000	2	12.000	120	2	2*	5	4*	17,1
13	TECSAL	Mar/00	2000	2	437	12,0	74.000	1	1.000	202	0	1	4	2*	8,0
			Futuro	2	437	12,0	74.000	1	4.000	202	2*	1	6	2*	10,0
14	TECON	Out/99	2000	3	660	15,5	270.000	0	0	110	0	0	4	0	260,0
			Futuro	4	935	15,5	430.000	1	8.000	110	2	0	4	0	35,0

Fonte: COSTA (2001)

* equipamentos movimentados sobre trilhos

** informações atualizadas com base no Terminal de Contêineres de Paranaguá (TCP)

3.2.1. Porto de Belém

O Porto de Belém possui o cais acostável com 1.295m de extensão, sendo dividido em três trechos:

- Trecho do armazém 4 ao 8, onde são movimentados carga geral, contêineres e outros;
- Trecho do armazém 9 e 10, onde operam apenas embarcações de navegação interior, movimentando carga geral e passageiros;

- Trecho dos armazéns 11, 12 e silos, onde são movimentados contêineres e trigo a granel. A movimentação de contêineres é realizada preferencialmente neste berço, desde que não exista embarcação descarregando trigo.

O calado do porto varia de 5,10 a 7,30 metros, sendo que o maior valor é referente ao último trecho de armazéns (11, 12 e silos).

As áreas para movimentação de contêineres no Porto de Belém apresentam, ainda, as seguintes características:

- Área total do terminal de 16 mil m²;
- Área de armazenagem de 8 mil m²;
- 2 empilhadeiras;
- 1 trator;
- Capacidade do terminal de 1.600 TEUs;
- Acesso Rodoviário: BR-316 (Transpauí: Belém - Maceió);
- Região de Influência: grande Belém e proximidades.

acesso de 17 km, três pontes entre as duas cidades e da ampliação do cais de Vila do

Conde.

3.2.2. Porto de Fortaleza

O Porto de Fortaleza não apresenta operação especializada na movimentação

de contêineres, fazendo-se necessária a utilização de equipamentos de bordo dos

navios.

Segundo GEIPOT (2000), houve uma predominância na alocação dos bergos 103

e 104, já que estes estavam melhores abrigados dos ventos e das ondas, além do fato

de possuírem um calado de 10,0 metros.

O Porto de Fortaleza apresenta, ainda, as seguintes características:

- 4 empilhadeiras *toploader* de 37 a 47 t;
- 1 empilhadeira de 7 t para ova e desova de contêineres;
- 20 empilhadeiras;
- 40 cavalos mecânicos;
- Área total de 110 mil m² pavimentados;
- Acesso Rodoviário: BR-116 (Fortaleza - Nordeste, Sudeste e Sul), BR-222 (Fortaleza - Para) e BR 020 (Fortaleza - Brasília);
- Acesso Ferroviário: Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) possibilita o acesso aos portos de São Luís, Natal, João Pessoa, Recife e Maceió, como pode ser visto na figura 3.8, em que a referida ferrovia está assinalada pela cor verde;
- Região de Influência: estado do Ceará.

A operação dos navios porta-contêineres é realizada no berço 02 do Porto de Recife, como pode ser visto na figura 3.9, possuindo uma extensão de 228 metros e um calado de 10,0 metros.

3.2.3. Porto de Recife

Figura 3.8: Região de Atendimento pela CFN

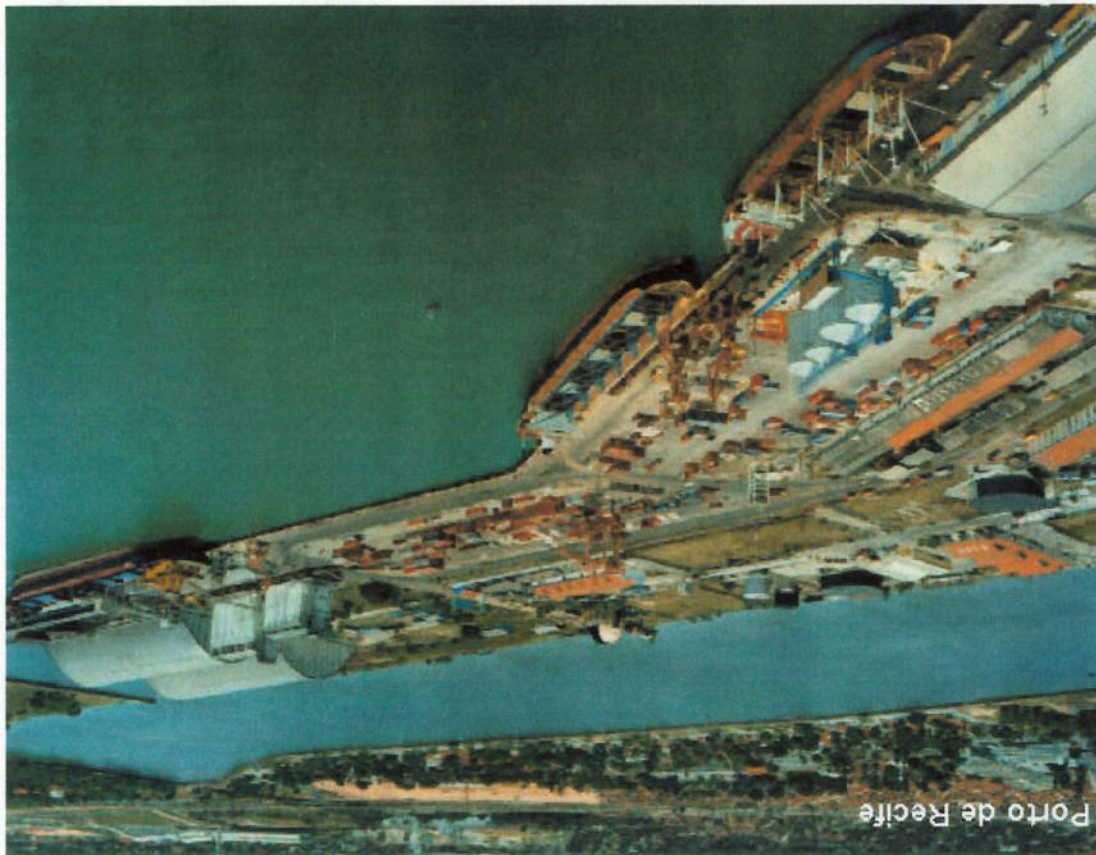


Fonte: Ministério dos Transportes

- 3 tratores de terminais;
 - 1 guindaste de pórtico convencional de 25 t;
 - 20 empilhadeiras com capacidades que variam de 2,5 t a 40 t;
 - 3 empilhadeiras de 40 t;
 - 2 transêineres sobre trilhos com capacidade de 30,5 t cada;
 - Área retroportuária de 180.000m²;
 - pesada e contêineres;
 - Área de 75.500m² pavimentada destinada à estocagem de carga geral
 - Área do terminal para estocagem de 24.130 m²;
- Além disso, o Porto de Recife possui as seguintes características:

Figura 3.9: Porto de Recife: vista do Berço 02

Fonte: Administração do Porto de Recife (APR)



As vultuosas somas em investimento se fazem necessárias, uma vez que a infra-estrutura do terminal é incipiente, como se observa na figura 3.10, em que

Salaam na Tanzânia.

Ensenada no México; Karachi no Paquistão; Dammam na Arábia Saudita e Dar es de contêineres no mundo: Buenos Aires na Argentina; Vera Cruz, Manzanillo e relação ao segundo colocado. A ICTSI atua, ainda, na operação de outros terminais para a exploração do terminal por 30 anos, sendo US\$ 29,8 milhões superior em sagrou-se vencedora do processo de concessão com a oferta de US\$ 183,6 milhões Em 12/03/2001, a companhia ICTSI (*International Container Services Inc.*)

terminal.

sendo necessário que os navios possuam equipamento de bordo para operarem neste de Recife (PE), não dispondo de equipamentos de movimentação na área do cais, O Terminal de Contêineres (TECON) de Suape está localizado 40 km ao sul

3.2.4. Terminal de Contêineres no Porto de Suape

Jaboatão dos Guararapes e até cidades mais distantes como Petrolina.

- Região de Influência: Grande Recife, englobando a cidade de

Pessoa e Macaé, conforme pode ser visto na figura 3.8;

possibilita o acesso aos portos de São Luís, Fortaleza, Natal, João

- Acesso Ferroviário: Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN)

Pernambuco);

(ligando aos demais estados ao norte e ao sul do estado de

- Acesso Rodoviário: BR-232 (ligando ao interior do estado) e BR-101

apenas duas áreas pavimentadas representam cerca de 20% do total de área disponível.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.10: Porto de Suape

Segundo dados de COSTA (2001) apresentados na tabela 3.11, observa-se que o valor do investimento foi de US\$ 260 milhões em 2000, sendo menor apenas que o do TECON da Santos Brasil.

Segundo o Departamento de Portos do Ministério dos Transportes, para os acessos terrestres, tem-se o seguinte:

- Rodoviário: pela rodovia estadual PE-060, que encontra a federal BR-101 no município do Cabo (PE), e da AL-101, na divisa dos estados de Pernambuco e Alagoas;

- Ferroviário: o terminal dispõe de um ramal de 23 km, que permite a conexão de Suape à malha principal da Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN).

Quanto à região de influência, Suape engloba a mesma do Porto de Recife, uma vez que os portos estão distantes apenas 40 km, portanto, seriam concorrentes. No entanto, o que deve ocorrer nos próximos anos é uma transferência das atividades de Recife para Suape, tendo em vista os investimentos a serem realizados em Suape para capacitar o TECON a movimentar contêineres com grande eficiência e capacidade.

3.2.5. Terminal de Contêineres no Porto de Salvador

O Porto de Salvador licitou em 21/12/99 em regime de concessão por 25 anos as áreas referentes aos Trechos IV e V como mostrados na figura 3.11, conhecido por Cais de Dez Metros ou Terminal de Contêineres de Salvador (TECSAL). Apesar da designação do nome, o cais apresenta uma profundidade de 12 metros com 2 bergos, cuja extensão total é de 437 metros, estando capacitados a operar com dois navios simultaneamente.

Quanto aos 2 transstêineres indicados na tabela 3.11, cabe diferenciá-los em relação aos demais, já que estes operam sobre trilhos, sendo denominados de RMG (*Rail Mounted Gantry*), enquanto que os demais são denominados de RTG (*Rubber Tyre Gantry Cranes*).

Cerca de 120 metros de extensão do cais encontram-se em obras de reforço, visando à instalação de trilhos para a movimentação dos dois portêineres, cuja previsão de início de operação será até o final de 2001.

A área de influência do porto engloba todo o estado da Bahia, o sudoeste e o sul dos estados de Pernambuco e Sergipe, respectivamente. Segundo ZANCANER (2001) o TECSAL possui capacidade de movimentação anual de 200 mil contêineres.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.11: Terminal de Contêineres de Salvador

No detalhe da figura 3.11, pode-se observar que não existe área a ser expandida neste terminal, uma vez que o Porto de Salvador está limitado pela própria urbanização da capital baiana.

Quanto aos acessos terrestres, tem-se o seguinte:

- Rodoviário: BR-324, em pista dupla de Salvador a Feira de Santana, conectando com as rodovias BR-101 (Rio - Bahia), BR-110 (Salvador - interior do Nordeste) e BR-116;
- Ferroviário: através de um ramal, na altura de Feira de São Joaquim, da Ferrovia Centro-Atlântica S.A. (FCA) conecta-se à malha Centro-Leste, cujo mapa pode ser visto na figura 3.12.



Fonte: Ministério dos Transportes
 Figura 3.12: Região Atendida pela FCA

3.2.6. Terminal de Vila Velha no Porto de Vitória

De acordo com GEIPOT (2000), as operações com contêineres no Porto de Vitória são realizadas preferencialmente no cais localizado em Capuaba, mais especificamente no Terminal de Vila Velha (TVV) mostrado na figura 3.13 e, em menor escala, há também movimentação no Terminal Peitú.

Na tabela 3.11, descrevem-se apenas as características do TVV, que possui calado de 10,7 metros e 2 bergos com extensão total de 350 metros. Uma série de melhorias e aquisições estariam programadas para os meses de junho a agosto de 2001: estender o berço em mais 90 metros; aquisição de 2 portêineres e 3 transêineres e aumento do número de pontos para contêineres refrigerados de 60 para 120.

Este aumento de 60 para 120 pontos para contêineres refrigerados representa um significativo aumento percentual, mas em termos absolutos ainda permanece pequeno ante as necessidades da área de influência do terminal.

A área de influência do complexo portuário abrange todo o estado do Espírito Santo, bem como as áreas leste e oeste de Minas Gerais, leste de Goiás, norte fluminense, sul da Bahia e de Mato Grosso do Sul segundo informações da CODESA (Companhia Docas do Espírito Santo).

movimentação de 180 mil TEUs por ano.

ZANCANER (2001) informa que o TVV possui capacidade total de S.A. (FCA), permitindo o acesso à malha Centro-Leste.

Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a Ferrovia Centro-Atlântica

- Ferroviário: Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) pertencente à
- Rodoviário: ES-080, BR-262 (Vitória - Belo Horizonte) e BR-101;

Quanto às conexões terrestres, dispõe-se do seguinte:

Figura 3.13: Terminal de Vila Velha

Fonte: COSTA (2001)



3.2.7. Porto do Rio de Janeiro

O antigo Terminal de Contêineres (TECON) do Porto do Rio de Janeiro foi arrendado em 02/Mai/1998 para duas empresas: Grupo Libra obteve a concessão do Terminal 1 e a Multiterminais do Terminal 2, em que as principais características estão explicitadas na tabela 3.11.

De acordo com ZANCANER (2001), o T-1 do Grupo Libra possui capacidade estática de 5.500 TEUs e de movimentação anual do terminal de 400 mil contêineres. Revela, ainda, que nos seus 545 metros de cais, é possível atracar dois navios porta-contêineres de grande porte simultaneamente sem tempo de espera para atracação.

A Multiterminais, também, segundo ZANCANER (2001), apresenta mais que o dobro de capacidade de movimentação estática em relação ao T-1, chegando aos 12 mil TEUs, podendo, assim como seu concorrente, atracar dois navios simultaneamente. Além disso, a partir de Mar/2001, terá à disposição um berço adicional. Por outro lado, informa que 93% dos navios que atracaram em 2000, foram imediatamente atendidos, e o restante teve um tempo médio de espera de 2,5 horas.

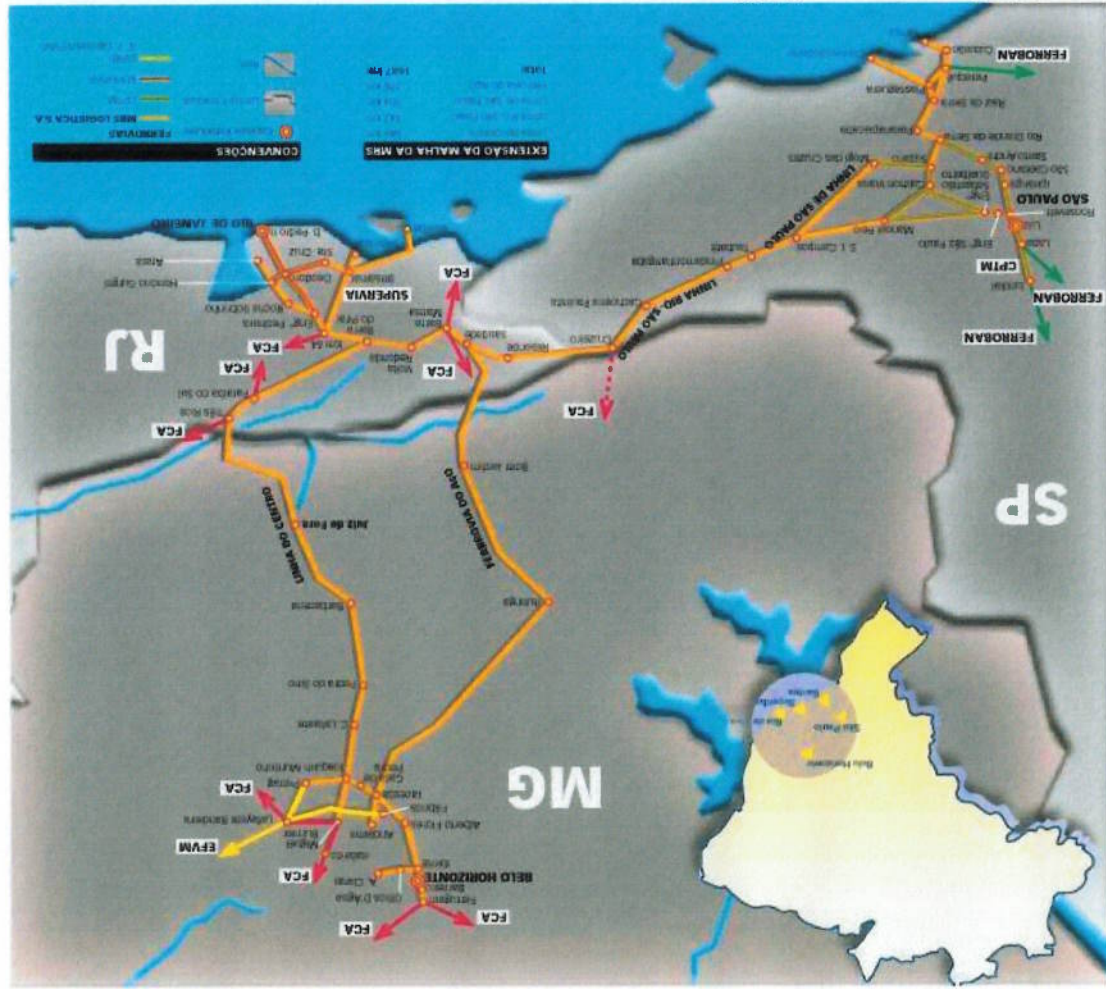
A Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ) informa que os seguintes acessos terrestres estão disponíveis:

- Rodoviário: BR-040 (Rio - Juiz de Fora - Brasília), BR-101 (Rio - Bahia), BR-116 (Dutra);
- Ferroviário: através MRS Logística S.A. (MRS) conecta-se à malha do Sudeste em sinergismo com a FCA, como se pode observar na

figura 3.14, em que as setas em vermelho indicam a conexão com a FCA.

Na região de influência do Porto do Rio de Janeiro, estão os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Espírito Santo e o norte e nordeste do estado de São Paulo.

No Porto do Rio de Janeiro há, ainda, a movimentação de contêineres em pequena escala no chamado cais comercial ou Cais da Gamboa, onde as operações são realizadas com equipamentos de bordo.



Fonte: MRS Logística S. A. (MRS)
Figura 3.14: Região Atendida pela MRS

3.2.8. Terminal de Contêineres no Porto de Sepetiba

O Terminal de Contêineres (TECON) do Porto de Sepetiba impressiona pela grandiosidade das áreas envolvidas, bem como pelos montantes financeiros envolvidos durante a construção, que, segundo REVISTA PORTOS E NAVIOS (1998), foram realizados investimentos públicos e privados da ordem de US\$ 250 milhões e US\$ 100 milhões, respectivamente, tendo sido prevista uma movimentação anual de 600 mil contêineres.

Na tabela 3.11 é importante notar que o TECON tem a maior retro-área disponível, isto é, 400 mil m², sendo 10% e 50% superiores ao TECON de Santos e ao TECON de Rio Grande, respectivamente.

Quanto aos acessos terrestres, dispõe-se do seguinte:

- Rodoviário: O porto é ligado por uma estrada de 8 km à BR-101 (Rio-Santos). Existe um projeto de construção da RJ 109, que possibilitaria o acesso à BR-116 e à BR-040 (Rio - Juiz de Fora - Brasília).
- Ferroviário: através MRS Logística S.A. (MRS) conecta-se à malha do Sudeste.

O Porto de Sepetiba situado próximo ao município de Itaguaí e distante cerca de 80 quilômetros da cidade do Rio de Janeiro, abrange, não somente a área de influência do Porto do Rio de Janeiro, mas pode-se dizer que todo o Sudeste e regiões adjacentes, ante o acesso da malha ferroviária da MRS mostrado na figura 3.14. Ao passo que o acesso rodoviário estaria prejudicado pela BR 101, já que se trata de uma rodovia de mão dupla e fortemente usada para o tráfego de turistas.

3.2.9. Porto de Santos

O Porto de Santos possui quatro terminais de movimentação de contêineres, como apresentados na tabela 3.11, a saber: TECON da empresa Santos Brasil S.A., T-37 do Grupo Libra, Terminal Rio Cubatão da Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) e Terminal IPA Saboó, localizado junto aos berços da margem direita.

De acordo com GEIPOT (2000), o atendimento aos navios de contêineres na margem direita é realizado pelos 22 berços de múltiplo uso, administrados pela CODESP, distribuídos ao longo de todos os trechos do cais, desde Saboó até Macuco Novo, com profundidades variáveis entre 6,6 a 13,5 metros. Ao longo desses berços, o porto dispõe de 33 pátios de estocagem, internos e externos, somando-se área de cerca de 124.000 m².

Nesses berços, exceto pelo do Terminal de IPA Saboó, não há equipamentos especiais de carga e descarga de contêineres, sendo utilizados os equipamentos de bordo dos navios.

A Companhia Docas de São Paulo (CODESP) informa que os seguintes acessos terrestres estão disponíveis:

- Rodoviário: SP-055 (Rodovia Padre Manoel da Nóbrega), SP-150 (Via Anchieta) e SP-160 (Rodovia dos Imigrantes);
- Ferroviário: um acordo entre MRS Logística S.A. (MRS) e a Ferrovia Bandeirantes S.A. (FERROBAN) permitiram que estas operassem os ramais ferroviários dentro do Porto de Santos, anteriormente administrados pela CODESP. A malha da FERROBAN atende o interior do estado de São Paulo como mostra a figura 3.15. As duas

Ferrovias têm um entroncamento em Perequê, como se vê na figura

3.14 indicada pela seta verde.



Figura 3.15: Região Atendida pela FERROBAN

Fonte: Ministério dos Transportes

3.2.9.1. TECON Santos Brasil

O TECON, mostrado na figura 3.16, apresenta a segunda maior retro-área

(366.000 m²), o maior número de equipamentos de cais (5 portêlneres) e de pátio

(total de 15 entre *reachstackers* e *toploaders*), bem como o maior valor de

investimento no ano de 2000 (US\$ 272 milhões) entre os terminais apresentados na

tabela 3.11. Além disso, a perspectiva de expansão o coloca em condições de superioridade (retro-área de 484.000 m²) ou até de igualdade (3 bergos), exceto pelo calado de 13,0 metros contra 14,5 metros quando comparado ao Terminal de Contêineres de Sepetiba.

O TECON da Santos Brasil informa que o tempo de espera na atracação dos navios é inferior a 1 hora. O terminal conta, ainda, com acesso ferroviário com desvio de 3.000 metros.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.16: Terminal de Contêineres Santos Brasil

3.2.9.2. Terminal T-37

O terminal T-37 do Grupo Libra é composto dos bergos: 37.1 com calado de 12 metros, 37.2 também com 12 metros, bergo 35.1 com 10 metros, 35.2 com 11 metros e 34 com 9 metros, conforme pode ser visto na figura 3.17.

O T-37 possui em termos de equipamento de cais (5 portêineres) e de pátio (5 transtêineres) quantidade similar ao TECON da Santos Brasil, mas dispõe de uma retro-área de 140.000 m² que corresponde à metade do TECON.

A configuração do Terminal T-37 impossibilita a utilização dos equipamentos de movimentação ao longo de todo o terminal. Observando a figura 3.17, vê-se uma descontinuidade do cais entre os bergos 35.2 e 37.2, impedindo um possível sinergismo.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.17: Terminal T-37 do Grupo Libra

Quando à expansão do T-37, planeja-se dobrar o número de portêñeres e transêñeres, bem como o da extensão do cais dos atuais 870 metros para 1.090 metros. Segundo ZANCANER (2001), a capacidade de movimentação anual do T-37 seria de 500 mil contêñeres.

3.2.9.3. Terminal Rio Cubatão

O Terminal Rio Cubatão é privado, estando localizado nas áreas pertencentes à Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) no município de Cubatão, estando fora da área referente ao porto organizado de Santos.

No entanto, os navios utilizam o canal de acesso que atravessa todo o porto organizado para alcançarem esse terminal.

Apesar da área privilegiada do terminal de 180.000 m², ou seja, cerca de 30% superior ao T-37, bem como da disposição física do terminal, como mostra o desenho esquemático na figura 3.18, não há a mesma disponibilidade de equipamentos de movimentação, sendo que há apenas um guindaste portuário e 6 *reachstackers*, sendo que a expansão previa a aquisição para março de 2001 de mais 1 guindaste e 4 *reachstackers*, além da ampliação do cais para mais um berge e, ainda, 1 portêiner para Jan/2002.

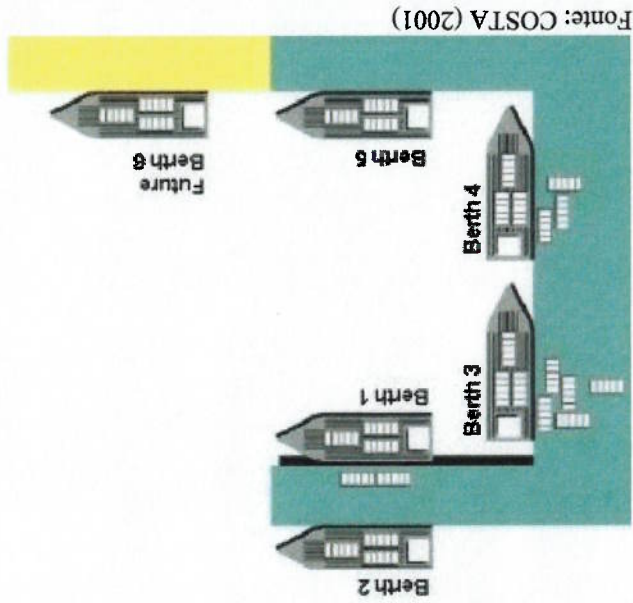


Figura 3.18: Terminal Rio Cubatão da COSIPA

É importante salientar que o terminal tem capacidade de 8.000 contêineres segundo ZANCANER (2001) e movimentação, também, produtos siderúrgicos, sendo este o seu principal foco.

3.2.9.4. Terminal IPA Saboó

O Terminal IPA Saboó tem a menor área (50.334 m²) e menor número de equipamentos de cais (1 guindaste) e pátio (3 entre *reachstacker* e *toploader*) entre os seus concorrentes sanitistas. Na figura 3.19 pode-se perceber que as áreas de armazenagem dos contêineres não são pavimentadas.

A tabela 3.11 mostra a previsão de dobrar a quantidade de equipamentos de movimentação, bem como o número de pontos para contêineres refrigerados, passando dos atuais 48 para 108.



Fonte: COSTA (2001)
 Figura 3.19: Terminal IPA Saboó

3.2.10. Porto de Paranaguá

O porto é administrado pela autarquia estadual Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), tendo a movimentação de contêineres realizada tanto no Terminal de Contêineres de Paranaguá (TCP), quanto no Cais de Múltiplo Uso e mesmo nos bergos do Corredor de Exportação (Corex).

O TCP é uma instalação de uso público destinada à movimentação de veículos e contêineres, tendo sido arrendada em Dez/1997 para um consórcio de empresas denominado *Consórcio Redram-Transbras*.

O TCP, ainda, encontra-se em fase de ampliação do terminal como pode ser visto na figura 3.20. Atualmente, possui um único berço com extensão de 325 metros e calado de 12,0 metros, mas não possui equipamento de cais para movimentação de contêineres.



Figura 3.20: Terminal de Contêineres de Paranaguá

Fonte: Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA)

A expansão apresentada na tabela 3.11 está prevista para 2002, tendo à disposição mais um berço, pertazendo total de extensão de cais de 485 metros, bem como a aquisição de 3 portêineres e 6 transstêineres. Além disso, o aterramento e a pavimentação da área a ser ampliada para 210.400 m².

- A APPA informa que os seguintes acessos terrestres estão disponíveis:
- Rodoviário: BR-277 (Paranaguá - Curitiba) e conecta-se à BR-116 pelas rodovias PR-408, PR-411 e PR-410;
 - Ferroviário: América Latina Logística S.A. (ALL) sob regime de concessão abrange toda a Região Sul do país e norte da Argentina, conforme apresentado na figura 3.21. Outra ferrovia é a Estrada de Ferro Paraná Oeste (FERROESTE), que liga Paranaguá ao interior do estado do Paraná acessando as cidades de Curitiba, Ponta Grossa, Guarapuava e Cascavel.



Fonte: América Latina Logística S.A. (ALL)
 Figura 3.21: Região Atendida pela ALL

A área de influência do Porto de Paranaguá compreende o estado do Paraná e

parte dos estados de São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do

Sul. Inclui também o Paraguai, que dispõe de um entreposto no porto.

3.2.11. Porto de São Francisco do Sul

De acordo com informações em GEIPOT (2000), em quaisquer dos bergos do

Porto de São Francisco do Sul pode-se realizar a operação com equipamentos de

bordo dos navios, cujo calado está em 10,0 metros. Os contêineres são estocados no

pátio interno do porto, totalmente pavimentado com área de 50.000m² localizado

próximo a uma das extremidades do cais, ou em pátios situados fora do recinto

portuário como mostra a figura 3.22.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.22: Porto de São Francisco do Sul

Francisco do Sul. Por outro lado, os 300 pontos para contêineres refrigerados são número de equipamentos de movimentação, ficando na frente apenas do Porto de São disponibilidade de área e de calado (9,9 metros) e, ainda, o segundo menor em Da tabela 3.11, pode-se constatar que o Porto de Itajaí é o segundo menor em já que o processo de urbanização está consolidado próximo ao porto.

movimentação. Outro aspecto é quanto à expansão do porto, que deverá ser pequena, armazenagem principal, o que implica em dificuldades operacionais na O Porto de Itajaí possui armazéns posicionados entre o cais e o pátio de

cobertos como pode ser visto na figura 3.23. 35.000 m² compreendendo os pátios externos na retaguarda e ao redor dos armazéns utilizando-se de equipamentos dos navios. As áreas de estocagem somam um total de A movimentação de contêineres é toda realizada no Cais Comercial,

3.2.12. Porto de Itajaí

A área de influência compreende o norte do estado de Santa Catarina.

- Ferroviário: América Latina Logística S.A. (ALL).
- Rodoviário: BR-280, que liga São Francisco do Sul às rodovias BR-101 e BR-116;

Os acessos terrestres no Porto de São Francisco do Sul são os seguintes:

refrigerados, num total de 480, entre os portos/terminais apresentados na tabela 3.11. Porto de São Francisco do Sul apresenta o maior número de pontos para contêineres expandida, tendo em vista a encosta que está à sua retaguarda. Em contrapartida, o Na figura 3.22 pode-se perceber que o porto dispõe de uma pequena área a ser

superiores ou iguais aos portos do Norte e Nordeste e iguala-se ao do TECON Santos

Brasil e TECON Sepetiba.

Além dessas instalações, opera nas proximidades do porto uma Estação

Aduaneira Interior (EADI), que dispõe de um pátio de estocagem para contêineres de

52.489m².

Quanto ao acesso rodoviário do Porto de Itajaí, tem-se a BR-101 e a BR-470,

que liga o porto ao interior de Santa Catarina, passando por Blumenau, possibilitando

conectar-se a malha rodoviária do estado, possibilitando a abrangência de todo o

estado de Santa Catarina.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.23: Porto de Itajaí

3.2.13. Porto de Rio Grande

No Porto de Rio Grande, as operações com contêineres são realizadas nos terminais do TECON e do Porto Novo.

No TECON mostrado na figura 3.24, as operações de movimentação do cais, ou seja, carga e descarga, são realizadas por 2 portêineres e 2 guindastes portuários com *spreader* automático para contêineres de 20 e 40 pés e capacidade de 100 t.



Fonte: COSTA (2001)

Figura 3.24: TECON Rio Grande

Com dois bergos de 600 metros de comprimento total com calado de 12,2 metros e, ainda, pátio de estocagem pavimentado para 200.000m², permite que o

TECON mostrado na figura tenha capacidade de movimentação de 500.000 TEUs

por ano.

Na tabela 3.11 pode-se verificar que o calado futuro de 15,2 metros ultrapassaria o do TECON de Sepetiba com 14,5 metros e estaria próximo ao de Suape com 15,5 metros. Além disso, tem o maior número de equipamentos de movimentação de pátio atualmente (18 entre *reachstackers* e *toploaders* – 2 transtêineres) e, no futuro, manter-se-á, ainda, na posição de liderança neste quesito.

No Porto Novo, as operações são realizadas com os equipamentos de bordo dos navios. As áreas descobertas entre os armazéns são utilizadas para a estocagem dos contêineres, perfazendo um total de 20.000 m².

O Porto de Rio Grande é privilegiado face aos acessos, tanto terrestres quanto aquaviários, conforme descrito abaixo:

- Rodoviário: através da BR-392 (Rio Grande - Pelotas e Santa Maria) podem-se alcançar as rodovias BR-471 (Pelotas - Chui) e BR-116;
- Ferroviário: América Latina Logística S.A. (ALL);
- Fluvial: através do Rio Guatuba;
- Lacustre: através da Lagoa dos Patos é possível chegar em Porto Alegre.

A área de influência compreende os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, o Uruguai, o sul do Paraguai e o norte da Argentina.

3.2.14. Porto de Montevideu

O Porto de Montevideu é o único porto marítimo do Uruguai concentrando todas as cargas do país, possuindo três diferentes extensões de cais para movimentação de contêineres: Cais de Escala, Cais Central e Cais B.

Cais de Escala ou Terminal de Contêineres possui um berço de atracação com 288 metros de comprimento e profundidade de 10,0 metros, operando mais de 50% do total das cargas contêinerizadas do porto. Dispõe, ainda, de um guindaste portuário com capacidade de 40 toneladas com produtividade de 25 TEUs/hora e área de armazenagem de 100.000 m².

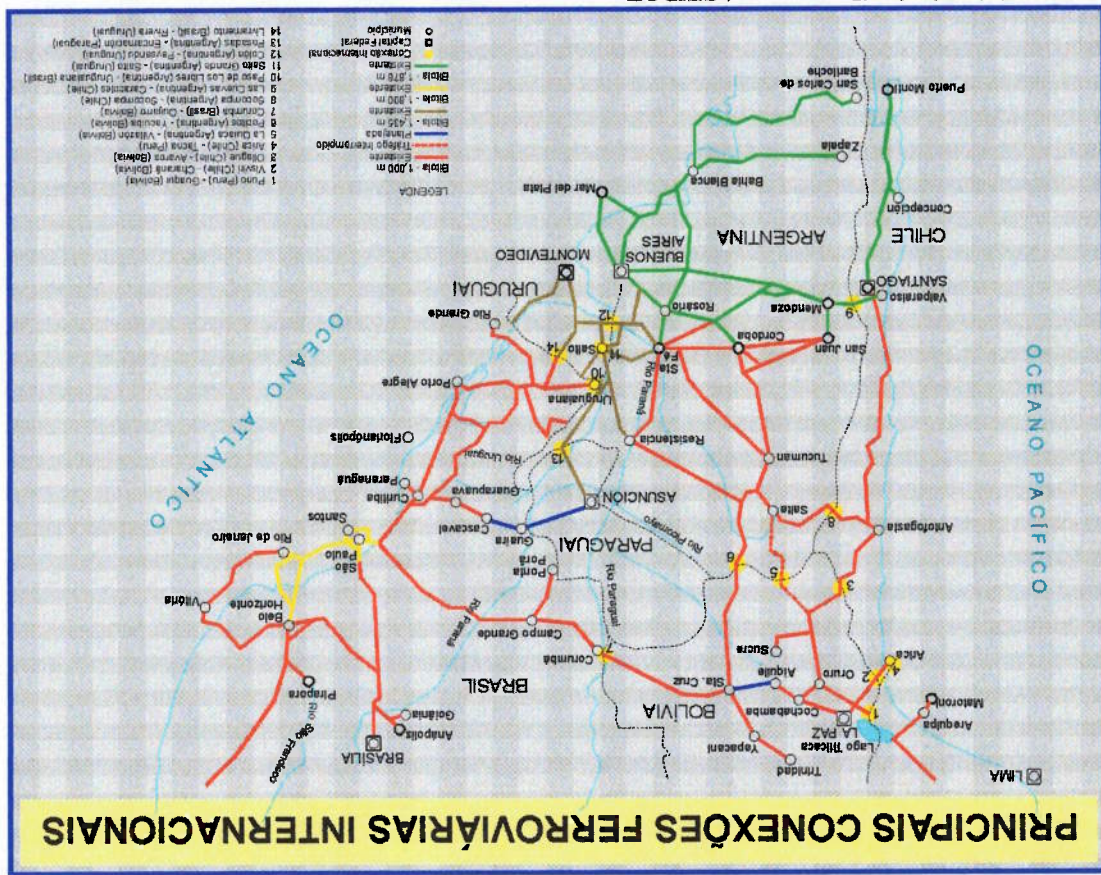
Cais Central com uma extensão de 392 metros, conta com um depósito frigorificado e uma área disponível para ova e desova de contêineres e estacionamento de veículos.

Cais B divide sua movimentação entre contêineres, veículos e graneis sólidos, tendo disponível um berço com 148 metros de comprimento e outro de 327 metros não contíguos, em que ambos apresentam calado de 10 metros, contando com espaço de movimentação e quatro guindastes portuários com capacidade de 12,5 t e outros dois com 32 t, possibilitando, através do uso de acessórios, a movimentação de graneis e contêineres.

Dispõe de conexões rodo, ferro e aquaviárias com Brasil, Argentina, Paraguai e Bolívia, abrangendo toda a área do MERCOSUL, como descrito a seguir:

- Rodoviário: pelas rotas nacionais Nº 1, Nº 5 e pela Rodovia Costeira saindo do porto;

- Ferroviário: conexão da via férrea com Rede Ferroviária Nacional do Uruguai, conectando-se à ALL em Livramento no Brasil e Santa Fé na Argentina, como pode ser visto na figura 3.25, observando que as cores indicam as diferentes bitolas das ferrovias.



Fonte: Ministério dos Transportes / GEIPOP

Figura 3.25: Principais Conexões Ferroviárias no Cone Sul

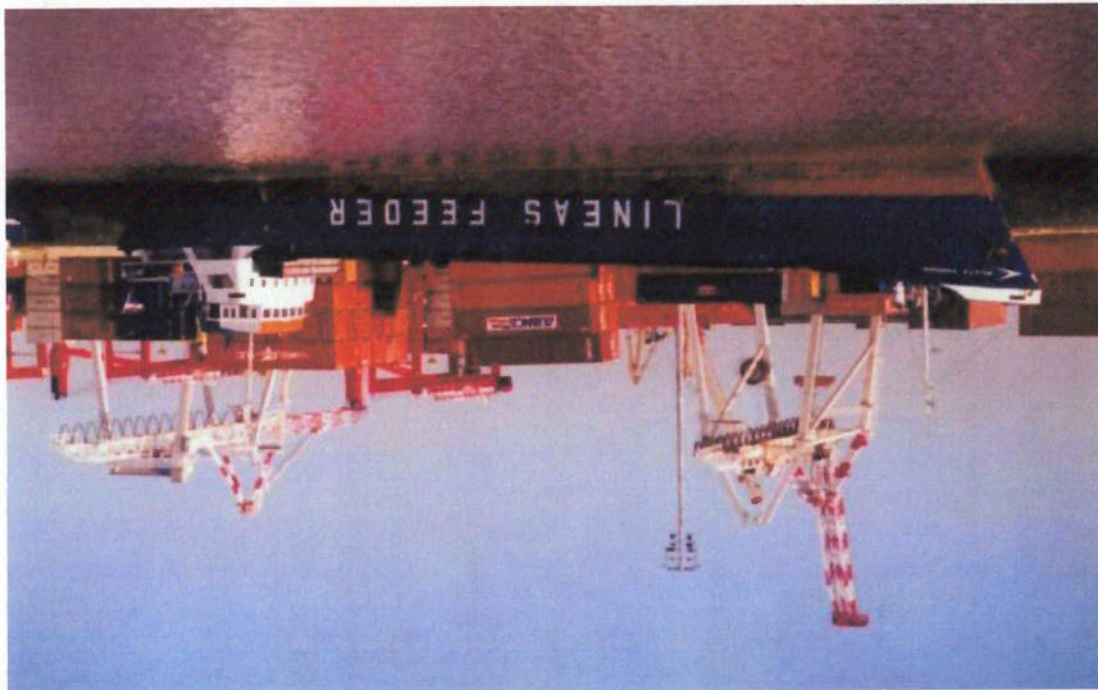
- Fluvial: acesso à Hidrovia Paraná - Paraguai, cuja abrangência se estende desde o Porto de Cáceres em Mato Grosso no Brasil até o Porto de Nova Palmira no Uruguai, compreendendo um percurso de 3.442 km;

O Porto de Buenos Aires é composto por duas regiões distintas: uma área contígua formada por 5 terminais dedicados à movimentação de contêineres e carga geral como mostrado a figura 3.27 e outra denominada *Dock Sud*, onde se encontra o Terminal de Contêineres da Exolgan apresentado na figura 3.28, sendo que o calado

3.2.15. Porto de Buenos Aires

Figura 3.26: Operação *Feeder* em Barcaças entre os Portos Montevideu e Buenos Aires

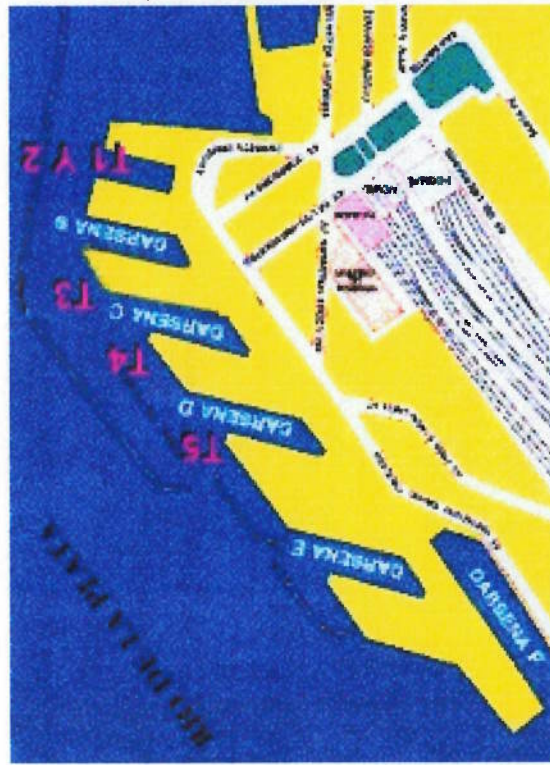
Fonte: COSTA (2001)



- Marítimo: disponibilidade de um serviço de *feeder* marítimo no Cone Sul realizado por barcaças autopropelidas (LOA: 192 metros e Boca: 19 metros), que operam na rota Montevideu - Buenos Aires, como é mostrado na figura 3.26.

dos terminais e do canal de acesso é de 9,75 metros. Contudo, existe uma variação entre as marés altas e baixas de +4,44 metros a -3,68 metros, respectivamente.

Os 5 terminais estão divididos em T1 e T2, T3, T4 e T5, sendo que são operados em regime de concessão pelas empresas privadas: Terminales Río de la Plata (TRP), Terminales Argentinas (TPA), Terminal EMCYM S. A. e BACTSSA (empresas Bemberg Inversiones S.A e ICTSI), respectivamente. Todo este complexo conta com uma área de 920.000 m², com 5.600 metros de extensão total de cais, 23 bergos de atracação, 11 portêlneres, 16 transtêlneres, 7 guindastes portuários, 41 equipamentos de movimentação de pátio (*reachstackers*, *toploaders* e *side loaders*) e 650 pontos para contêlneres refrigerados, refletindo uma capacidade teórica de 1.200.000 TEUs por ano segundo a Autoridade Portuária de Buenos Aires.



Fonte: Autoridade Portuária de Buenos Aires

Figura 3.27: Porto de Buenos Aires: Terminais 1 e 2, 3, 4 e 5

O Terminal de Contêineres da Exolgan localizado no *Dock Sud* deu início às suas operações em 1995. Dispondo, a partir do início do ano 2000, de uma área de 450.000 m², 5 bergos com extensão total do cais de 1.000 metros, 4 portêineres, 15 transtêineres, 4 *reachstackers* e 500 pontos para contêineres refrigerados.



Fonte: Autoridade Portuária de Buenos Aires

Figura 3.28: Terminal de Contêineres da Exolgan

Analogamente ao Porto de Montevideu, já que estão em margens opostas no Rio do Prata, dispõe o Porto de Buenos Aires de conexões rodo, ferro e aquaviárias em toda a área do MERCOSUL, como descrito a seguir:

- Rodoviário: a cidade de Buenos Aires está no centro da rede de rodovias da Argentina, com acessos aos centros comerciais do país, sendo, através das Rodovias 1, 2 e 3, conexão com o sul do país, sendo que a última atinge o extremo sul da Argentina alcançando a Terra do Fogo, a Antártica e as Ilhas do Atlântico Sul. Já as Rodovias 5 e 7

ligam Buenos Aires ao oeste do país e as Rodovias 8 e 9 permitem o

acesso ao Norte;

- Ferroviário: na área portuária existem três ramais ferroviários que se

conectam a cinco ferrovias: *Mesopotámico, Nuevo Central Argentino*

(NCA), *Ferrosur, Buenos Aires al Pacífico* (BAP) e *Belgrano*

Cargas;

- Fluvial: acesso à Hidrovia Paraná-Paraguai, assim como já descrito no

Porto de Montevideu;

- Marítimo: disponibilidade de um serviço de *feeder* marítimo, já

descrito no Porto de Montevideu.

3.3. Resumo Analítico

Na tabela 3.12 estão consolidadas as diversas características físicas,

movimentação em 2000, bem como as despesas portuárias dos diversos terminais e

portos da Costa Leste da América do Sul.

Cabe ressaltar que, ao longo do item 3.2, procurou-se avaliar os aspectos da

disponibilidade dos acessos rodo, ferro e aquaviários, em que se destaca o seguinte:

- Todos os portos dispõem de acessos às principais rodovias de suas

respectivas regiões de influência, enfatizando que quanto mais se

caminha na direção sul, maior é a disponibilidade de acessos da malha

rodoviária;

- Exceto pelo Porto de Belém, todos os portos possuem ramais de

acesso à malha ferroviária. No entanto, apenas os portos de Sepetiba,

Analogamente, ao se comparar o TECON ao T-37 no Porto de Santos, vê-se na tabela 3.12 que a área do TECON é 2,6 vezes maior e a relação portêiner por berço é o dobro do T-37 e pequena variação no número de equipamentos de pátio. Entretanto, o T-37 tem o dobro de berços e com isso estima-se que a capacidade mínima de movimentação do TECON seria da ordem de 1.500.000 TEUs por ano.

Porto de Buenos Aires. 600.000 TEUs por ano, contabilizando uma estimativa de 1.800.000 TEUs para o menos. Com isso, poderia ser estimada a capacidade mínima de Exolgan da ordem relação portêiner por berço de 4 por 5 contra 11 por 23 e apenas um transtêiner a apresenta menos da metade em retro-área 450.000 contra 920.000 m², possuindo uma composição dos demais terminais deste porto, observa-se na tabela 3.12 que esse Ao se comparar o Terminal da Exolgan no Porto de Buenos Aires com a distribuição entre contêineres de 20 e 40 pés.

Em alguns terminais foi possível levantar a informação da capacidade de movimento unidades de contêiner. Deste modo, foi realizada uma conversão para TEU multiplicando-se pelo fator 1,5, ou seja, considerou-se que havia igualdade na parâmetro unidades de contêiner. Em casos em que esta era fornecida em relação ao movimento em contêineres, nos casos em que esta era fornecida em relação ao

Costa Leste da América do Sul. da grande concentração na movimentação total de contêineres na Aires. Por outro lado, há nestes dois portos o baixo calado a despeito contêineres em barcaças entre os portos de Montevideu e Buenos

- Quanto ao acesso aquaviário, destaca-se a linha de transporte de

movimentação de contêineres; Santos, Montevideu e Buenos Aires possuem serviços regulares para

Ao retornar o valor total de movimentação da Costa Leste da América do Sul mostrada na tabela 3.2 de 4,1 milhões de TEUs e comparar com as estimativas do Porto de Buenos Aires de 1,8 milhão e do Porto de Santos de 2,25 milhões (TECON e T-37), vê-se claramente que **não** seria possível existir um único *hub port*. Ainda que se fosse superavaliar a capacidade dos outros terminais de Santos (COSIPA e Margem Direita) com uma estimativa de metade da soma do T-37 e TECON baseada apenas na relação das retro-áreas, ter-se-ia uma capacidade aproximada de 3,4 milhões de TEUs.

Tabela 3.12: Características dos Principais dos Terminais da Costa Leste da América do Sul

Porto	Terminal	Bercos			Retro- área	Número de Pontos para Contêiner Refrige- rado	Equipamentos de cais			Equipamentos de pátio		Capacidade	Movimen- tação 2000	Total das Despesas Portuá- rias 1999
		Quan- tidade	Exten- são Total	Cala- do			Portêi- -neres	Guiñdas- tes Portuá- rios Móveis	Reach- stacker / Top- loader	Trans- têiner				
			m	m	m ²							TEU/ano	TEU	US\$/cont
1	Belém	1	350	7,3	8.000	0	0	0	0	0	0	-	48.950	149,33
2	Fortaleza	2		10,0	110.000	-	0	0	4	0	0	-	69.424	183,02
3	Recife	1	228	10,0	75.500	-	0	1	0	2	2	-	46.162	137,78
4	Suape	3	660	15,5	270.000	110	0	0	4	4	0	-	62.753	156,51
5	Salvador	2	437	12,0	74.000	202	0	1	4	2	2	300.000	95.451	190,75
6	Vitória	2	350	10,7	108.000	60	0	2	5	1	1	180.000	105.451	287,23
7	Rio de Janeiro	MULTI- O	533	11,0	167.500	128	1	1	6	0	0	-	217.758	180,16
8	Sepeitiba	T-1	545	11,0	135.000	250	2	1	7	1	1	600.000	164,76	
		TECON	540	14,5	400.000	300	0	2	7	0	0	900.000	-	-
		M. Direita	377	10,5	50.334	48	0	1	3	0	0	-	195,16	
9	Santos	COSIPA	462	10,4	180.000	160	0	1	6	0	0	-	949.300	-
		T-37	870	11,5	140.000	450	5	0	14	5	5	750.000	-	-
		TECON	510	13,0	366.000	300	5	0	15	3	3	-	192,84	
1	Paranaguá	TCP	325	10,7	70.000	340	0	0	8	0	0	-	252.679	179,61

Porto	Terminal	Bercos			Retro- área m ²	Número de Pontos para Contêiner Refrige- rado	Equipamentos de cais			Equipamentos de pátio		Capacidade TEU/ano	Movimen- tação 2000 TEU	Total das Despesas Portuá- rias 1999 US\$/cont
		Quan- tidade	Exten- são Total	Cal- ado			Portei- -neres	Guindas- tes Portuá- rios Móveis	Reach- stacker / Top- loader	Trans- têiner				
0			m	m	m ²							TEU/ano	TEU	US\$/cont
1	S. F. do Sul	1	240	10,0	50.000	480	0	0	3	0	-	168.355	149,92	
1	Itajaí	3	750	9,9	35.000	300	0	0	6	0	-	171.250	153,11	
1	Rio Grande	2	600	12,2	200.000	228	2	2	18	2	-	315.093	186,43	
1	Montevideu	4	1.155	10,0	100.000	-	0	5	-	-	-	287.298	150,00*	
1	Buenos Aires	T 1 e 2, T 3, T 4 e T 5	23	5.600	920.000	650	11	7	-	16	1.200.000	1.126.712	135,00*	
1	Aíres	Exolgan	5	1.000	450.000	500	4	0	4	15	-	-	135,00*	

Obs.: - não há informação disponível

* estimativa com base nas tabelas da Autoridade Portuária dos portos

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Realizou-se uma revisão bibliográfica que pudesse buscar na literatura modelos de localização, assunto amplamente discutido dentro do ramo da pesquisa operacional em diversas publicações como, por exemplo, em CRAINIC; LAPORT (1997) e BRAMEL; SIMCHI-LEVI (1997) e dissertações de mestrado como em MEDINA (1996) e MARTOS (2000).

Deste modo pode-se perceber que modelos para localização de uma indústria, centro de distribuição ou base de atendimento (posto de saúde, corpo de bombeiros e outros), também conhecidos por *Facility Location Models* foram amplamente discutidos em MEDINA (1996) e MARTOS (2000). Deste modo, não caberia repetir todas as considerações já realizadas. No entanto, optou-se por realizar uma pesquisa dirigida ao problema de localização de *hub*.

De acordo com CAMPBELL (1994), *hubs* são instalações que podem servir como centros de transbordo (*transshipment*) ou como pontos de comutação (*switching point*) numa rede de telecomunicações, funcionando como centros de conexão entre as diversas origens e destinos. Um fluxo não-negativo é associado a cada par origem-destino com seu respectivo atributo de análise, como por exemplo, distância, tempo ou custo associado à movimentação.

Nos itens de 4.1 a 4.4 discutir-se-ão os quatro tipos de problemas discretos de localização de *hub* através de programação inteira propostos por CAMPBELL (1994), ressaltando que em nenhum deles permitir-se-á a movimentação direta de uma origem para um destino, isto é, todo movimento origem-destino é necessariamente realizado via pelo menos um *hub*.

Abaixo são definidos os parâmetros e variáveis que serão usados nos modelos

do item 4.1 ao 4.4 bem como no capítulo 5, a saber:

X_{ijkm} : fração percentual do fluxo de uma origem i para um destino j realizado via *hubs* k e m nesta ordem;

$Y_k = 1$ se k é um *hub* e igual a zero caso contrário;

W_{ij} : fluxo de uma origem i para um destino j ;

C_{ik} : custo padrão por unidade de uma origem i para um destino k ;

C_{mj} : custo padrão por unidade de um *hub* m para um destino j ;

C_{km} : custo padrão por unidade de um *hub* k para um *hub* m ;

α : economia de escala no custo padrão por unidade de um *hub* k para um *hub*

m ;

$$C_{ijkm} = C_{ik} + C_{mj} + \alpha C_{km};$$

T_k : fluxo mínimo necessário para permitir o fluxo de *feeder* de uma origem i

para um *hub* k ;

S_k : custo fixo para manutenção da linha de *feeder* de uma origem i para um

hub k ;

$Z_{ik} = 1$ se a origem i é alocada ao *hub* k e igual a zero caso contrário;

F_k : custo fixo para implantação do *hub* k ;

$V_{ijkm} = 1$ se os *hubs* k e m cobrem o par origem i e destino j ;

P_{ij} : penalidade por deixar de atender um par origem i destino j ;

$u_{ij} = 1$ se o par origem i destino j não é coberto e igual a zero caso contrário.

4.1. P-Hub Median Problem (P-HM)

O *P-Hub Median Problem* (P-HM), que significa "Problema das P-Medianas aplicado ao *Hub*", foi definido em CAMPBELL (1991) apud CAMPBELL (1994), sendo análogo ao *P-Median Problem*, ou seja, "Problema das P-Medianas" elaborado por HAKIMI (1965) apud CAMPBELL (1994), que também enfatiza a aplicabilidade do P-HM em problemas de transportes e redes de telecomunicações quando o objetivo é minimizar o custo total de movimentação.

É importante atentar para fato de que dois parâmetros devem ser fornecidos ao modelo P-HM. O primeiro é o parâmetro "P", que dá nome ao problema, definindo o número de *hubs* do problema e o segundo é "α" que reflete a economia de escala no custo de movimentação entre *hubs*.

4.1.1. P-Hub Median Problem: formulação básica

CAMPBELL (1994) apresenta a formulação básica para o modelo P-HM, tendo como variáveis de decisão X_{ijkm} , que define a alocação das diversas origens i e destinos j ao(s) *hub*(s) k respectivo(s) Y_k , que indica o(s) *hub*(s) escolhido(s) através da função objetivo de minimização do custo total apresentada na equação (1), em que esta é o somatório do produto dos custos de transporte pelo fluxo associado e pela alocação dos diversos pares origem-destino.

Modelo P-HM:

$$(1) \quad \text{Minimizar} \quad \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ijkm} X_{ijkm} C_{ijkm}$$

Variáveis de Decisão: X_{ijkm} e Y_k

Sujeito a:

$$(2) \quad \sum_k Y_k = d$$

$$(3) \quad 0 \leq Y_k \leq 1 \text{ e inteiro para todo } k$$

$$(4) \quad 0 \leq X_{ijkm} \leq 1 \text{ para todo } i, j, k, m$$

$$(5) \quad \sum_j \sum_m X_{ijkm} = 1 \text{ para todo } i, j$$

$$(6) \quad X_{ijkm} \leq Y_k \text{ para todo } i, j, k, m$$

$$(7) \quad X_{ijkm} \leq Y_m \text{ para todo } i, j, k, m$$

Com relação às restrições, tem-se em (2) a definição do número exato de *hubs* a serem obrigatoriamente alocados; enquanto que a restrição (3) estabelece a variável de decisão Y_k como variável binária. A restrição (4) impõe os limites da variável X_{ijkm} entre 0 e 1 já que esta representa uma fração do fluxo total. A restrição (5) assegura que todo fluxo origem-destino é realizado via algum par de *hubs*. As restrições (6) e (7) asseguram que os fluxos sejam realizados via *hub*.

4.1.2. P-Hub Median Problem: consideração de custo fixo e fluxo mínimo da

linha de feeder

Modelo *P-Hub Median* com a consideração de custo fixo e fluxo mínimo da linha *feeder*, que foi nomeado por *P-HM-TS*, que CAMPBELL (1994) associou à formulação básica do modelo *P-HM*, adicionando na função objetivo uma parcela referente ao produto custo fixo de uma linha de *feeder* (S_{ik}) pela sua respectiva variável binária de decisão Z_{ik} de abertura da linha como mostra a equação (8).

Na equação (8) atenta-se para o fato de ter sido explicitada a dupla somatória nos índices i e k para a parcela referente ao custo fixo da linha *feeder*, apenas com o intuito de melhor entendimento, uma vez que no original em CAMPBELL (1994) não havia tal indicação.

Modelo P-HM-TS

(8) Minimizar $\sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ij} X_{ijkm} C_{ijkm} + \sum_i \sum_k S_{ik} Z_{ik}$

Variáveis de Decisão: X_{ijkm}, Y_k e Z_{ik}

Sujeito a:

(2) $\sum_k Y_k = d$

(3) para todo k $0 \leq Y_k \leq 1$ e inteiro

(4) para todo i, j $\sum_m \sum_k X_{ijkm} = 1$

(5) para todo i, j, k, m $0 \leq X_{ijkm} \leq 1$

(6) para todo i, j, k, m $X_{ijkm} \leq Y_k$

(7) para todo i, j, k, m $X_{ijkm} \leq Y_m$

(9) para todo i, k $0 \leq Z_{ik} \leq 1$ e inteiro

(10) para todo i, j, k, m $X_{ijkm} \leq Z_{ik}$

(11) para todo i, j, k, m $X_{ijkm} \leq Z_{jm}$

(12) para todo i, k $T_{ik} - \sum_m \sum_j (W_{ij} X_{ijkm} + W_{ij} X_{jmk}) \leq M_{ik} (1 - Z_{ik})$

(13) para todo i, k $M_{ik} = \sum_j (W_{ij} M + W_{ij})$

O modelo *UHLP* em sua formulação básica apresenta as mesmas variáveis de decisão do modelo *P-HM*, ou seja, X_{ijk} , que define a alocação das diversas origens i

hub

4.2.1. *Uncapacitated Hub Location Problem: consideração de custo fixo para o*

implantação do *hub*.

A formulação do *Uncapacitated Hub Location Problem (UHLP)* que significa “Problema de Localização de *Hub não Capacitado*”, segundo CAMPBELL (1994), difere do problema *P-HM* em apenas dois aspectos: o primeiro, por não definir o número de *hubs*; e o segundo, por considerar no custo total a parcela de custo fixo de

4.2. *Uncapacitated Hub Location Problem (UHLP)*

para cada ponto de demanda.

forem muito altos, haverá como consequência a utilização de uma única linha *feeder* modelo *P-HM-TS* reduzir-se-á ao modelo *P-HM*. Ao passo que, se tais parâmetros Caso os parâmetros T_{ik} e S_{ik} tiverem seus valores indicados como zero, o

apresentado nas restrições (12) e (13).

movimentação deve ser garantido entre uma origem i e um *hub* k (T_{ik}) como é fluxo entre uma origem i um *hub* k . Além disso, tem-se que um fluxo mínimo de binária e as restrições (10) e (11) asseguram que Z_{ik} é igual a 1 se houver qualquer relação à restrição (9), tem-se que esta define Z_{ik} como uma variável de decisão As restrições de (2) a (7) são as mesmas já descritas no item 4.1.1. Já com

e destinos j ao(s) respectivo(s) *hub(s)* e Y_k , que indica o(s) *hub(s)* escolhido(s). No entanto, a *função objetivo* mostrada em (14) conta com uma parcela adicional relativa ao somatório do produto do custo fixo de abertura do *hub* (F_k) pela variável binária Y_k .

Modelo *UHLP*

$$(14) \quad \text{Minimizar} \quad \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ij} X_{ijkm} C_{ijkm} + \sum_k F_k Y_k$$

Variáveis de Decisão: X_{ijkm} e Y_k

Sujeito a:

$$(3) \quad 0 \leq Y_k \leq 1 \text{ e inteiro} \quad \text{para todo } k$$

$$(4) \quad \sum_m \sum_k X_{ijkm} = 1 \quad \text{para todo } i, j$$

$$(5) \quad 0 \leq X_{ijkm} \leq 1 \quad \text{para todo } i, j, k, m$$

$$(6) \quad X_{ijkm} \leq Y_k \quad \text{para todo } i, j, k, m$$

$$(7) \quad X_{ijkm} \leq Y_m \quad \text{para todo } i, j, k, m$$

A partir das restrições de (3) a (7) pode-se perceber que o modelo *UHLP* é

similar ao modelo *P-HM* exceto pelo número de *hubs*, que **não** é fornecido.

CAMPBELL (1994) propõe ainda que, para transformar o modelo *UHLP* em

modelo capacitado, bastaria adicionar a restrição definida em (15), em que F_k é

capacidade do *hub* k e deste modo teria um modelo que seria nomeado *CHLP*.

$$(15) \quad \text{para todo } k \quad \left[\sum_j \sum_i W_{ij} \left(X_{ijkm} + X_{ijmk} \right) - X_{ijkk} \right] \leq F_k$$

Na equação (15), CAMPBELL (1994), ao subtrair a parcela X_{ijk} , está descontando o fluxo que só se utiliza do *hub* k . Com isso, poderia estar permitindo que um *hub* seja alocado e não tenha capacidade de movimentar todo o fluxo que passar por este, a menos que o parâmetro Γ_k seja convenientemente considerado.

4.2.2. Uncapacitated Hub Location Problem: consideração de custo fixo para o hub e fluxo mínimo da linha de feeder

CAMPBELL (1994) mostra ainda uma combinação de modelo nomeado *UHLP-T*, que conjuga o *UHLP* e *P-HM-TS*, em que se tem a mesma função objetivo do modelo *UHLP* e as restrições do modelo *P-HM-TS*, exceto pela restrição (2), que define o número de *hubs* e pelo fato de não considerar o custo fixo da linha *feeder* na função objetivo.

Modelo *UHLP-T*

$$(14) \quad \text{Minimizar} \quad \sum_i \sum_j \sum_k W_{ij} X_{ijk} C_{ijk} + \sum_k F_k Y_k$$

Variáveis de Decisão: X_{ijk} , Y_k e Z_{ik}

Sujeito a:

$$(3) \quad \text{para todo } k \quad 0 \leq Y_k \leq 1 \text{ e inteiro}$$

$$(4) \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad 0 \leq X_{ijk} \leq 1$$

$$(5) \quad \text{para todo } i, j \quad \sum_m \sum_k X_{ijk} = 1$$

$$(6) \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad X_{ijk} \leq Y_k$$

$$(7) \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad X_{ijk} \leq Y_m$$

O modelo *P-Hub Center Problem* do tipo 1 (*P-HC1*) apresentado na função objetivo da equação (16) para um dado conjunto de *hubs* deve ser minimizado o

4.3.1. *P-Hub Center Problem: formulação básica*

O *P-Hub Center Problem (P-HC)* tem sua importância na aplicação para sistema *hub* desde que exista pericibilidade ou suscetibilidade ao tempo dos itens envolvidos, ou seja, devendo apresentar as seguintes características: o parâmetro custo tenha estreita correlação com o tempo, α seja um fator de desconto no tempo devido à alta velocidade na ligação entre *hubs* e o objetivo da função seja o de

minimizar o máximo tempo entre origem-destino. De acordo com CAMPBELL (1994), os problemas de localização de centro conhecidos por *p-center problem* têm duas importantes aplicações, sendo a primeira para localização de base de serviços de emergência e veículos, e a segunda para avaliar os cenários de pior caso, como por exemplo: máximo tempo de viagem.

4.3. *P-Hub Center Problem (P-HC)*

- (9) $0 \leq Z_{ik} \leq 1$ e inteiro para todo i, k
- (10) $X_{ijkm} \leq Z_{ik}$ para todo i, j, k, m
- (11) $X_{ijkm} \leq Z_{jm}$ para todo i, j, k, m
- (12) $T_{ik} - \sum_{j=1}^f \sum_{m=1}^m (W_{ij} X_{ijkm} + W_{ji} X_{jmk}) \leq M_{ik} (1 - Z_{ik})$ para todo i, k
- (13) $M_{ik} = \sum_{j=1}^f (W_{ij} + W_{ji})$ para todo i, k

máximo custo (tempo) de um par origem-destino, ou seja, busca-se a maior abrangência possível com o mínimo gasto. A variável de decisão X_{ijkm} diferentemente do modelo *P-HM*, será uma variável binária conforme apresentada na restrição (17), ou seja, todo fluxo de um par origem-destino será realizado segundo os *hubs* alocados.

Modelo *P-HCI*

(16) Minimizar $\{Máximo\}_{i,j,k,m} X_{ijkm} C_{ijkm}$

Variáveis de Decisão: Y_k e X_{ijkm}

Sujeito a:

(2) $\sum_k Y_k = d$

(3) $0 \leq Y_k \leq 1$ e inteiro para todo k

(5) $\sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^m X_{ijkm} = 1$ para todo i, j

(6) $X_{ijkm} \leq Y_k$ para todo i, j, k, m

(7) $X_{ijkm} \leq Y_m$ para todo i, j, k, m

(17) $0 \leq X_{ijkm} \leq 1$ e inteiro para todo i, j, k, m

Exceto pela restrição (17), todas as outras restrições descritas são idênticas as do modelo das *P-HM*.

Existe um segundo tipo de modelo, proposto por CAMPBELL (1994),

chamado *P-HC2*, que tem as mesmas restrições do modelo *P-HCI*. No entanto, a função objetivo seria alterada pela equação (18), em que se consideram

separadamente as três ligações realizadas para um determinado caminho de uma origem para um destino, ou seja, da origem para o *hub*, do *hub* para outro *hub* e do *hub* para o destino, buscando minimizar o máximo custo por movimento em qualquer uma das três ligações.

Este modelo pode ser aplicado quando se busca localizar uma base para troca de motoristas, em que o turno de trabalho deve ser respeitado em cada uma das ligações e demanda de viagens entre um par origem-destino.

(18) Minimizar $Max_{i,j,k,m} \{ c_{ik}, c_{mj}, c_{km} \} X_{ijkm}$

4.3.2. P-Hub Center Problem: consideração de fluxo mínimo das linhas de feeder

O modelo *P-Hub Center Problem*, considerando um fluxo mínimo nas linhas de *feeder* (*P-HCI-T*) elaborado por CAMPBELL (1994), é a conjugação da função objetivo do modelo *P-HCI* e das restrições do modelo *P-HM-TS*, exceto pela restrição (4) que é substituída pela restrição (17) conforme consideração feita em

4.3.1.

Modelo *P-HCI-T*

(16) Minimizar $Max_{i,j,k,m} \{ X_{ijkm}, C_{ijkm} \}$

Variáveis de Decisão: X_{ijkm}, Y_k e Z_{ik}

Sujeito a:

(2) $\sum_k Y_k = d$

realizados no início do capítulo 4, os quais são utilizados neste item 4.4, a saber:

Vale lembrar a definição de alguns parâmetros e variáveis de decisão já

especificado.

origem-destino (i, j) é coberto pelos *hubs* k e m se o custo não exceder um valor

Assim sendo, pode-se dizer que o problema de cobertura é que um par

especificados.

localizados “próximos suficientes” para atendê-los de acordo com os parâmetros

as demandas dos diversos pares origem-destino são cobertas se os *hubs* forem

O princípio que rege a aplicação do *Hub Covering Problem (HCV)* é o de que

4.4. Hub Covering Problem (HCV)

$$0 \leq X_{ijkm} \leq 1 \text{ e inteiro} \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (17)$$

$$M_{ik} = \sum_j^f (W_{ij} + W_{ji}) \quad \text{para todo } i, k \quad (13)$$

$$T_{ik} - \sum_j^f \sum_m^m (W_{ij} X_{ijkm} + W_{ji} X_{jmk}) \leq M_{ik} (1 - Z_{ik}) \quad \text{para todo } i, k \quad (12)$$

$$X_{ijkm} \leq Z_{jm} \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (11)$$

$$X_{ijkm} \leq Z_{ik} \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (10)$$

$$0 \leq Z_{ik} \leq 1 \text{ e inteiro} \quad \text{para todo } i, k \quad (9)$$

$$X_{ijkm} \leq Y_m \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (7)$$

$$X_{ijkm} \leq Y_k \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (6)$$

$$\sum_k^k \sum_m^m X_{ijkm} = 1 \quad \text{para todo } i, j \quad (5)$$

$$0 \leq Y_k \leq 1 \text{ e inteiro} \quad \text{para todo } k \quad (3)$$

$V_{ijkm} = 1$ se os *hubs* k e m cobrem o par origem i e destino j ;

p_{ij} : penalidade por deixar de atender um par origem i destino j ;

$u_{ij} = 1$ se o par origem i destino j não é coberto e igual a zero caso contrário.

4.4.1. Hub Covering Problem: formulações básicas

4.4.1.1. Hub Covering Problem: atendimento de toda a demanda

O modelo *HCV* descrito em CAMPBELL (1994) tem por objetivo localizar os *hubs* de modo a atender toda a demanda de modo e a minimizar o custo fixo de implantação dos *hubs*.

Modelo *HCV*

Minimizar $\sum_k F_k Y_k$

Variáveis de decisão: Y_k , X_{ijkm} e V_{ijkm}

Sujeito a:

- (3) $0 \leq Y_k \leq 1$ e inteiro para todo k
- (17) $0 \leq X_{ijkm} \leq 1$ e inteiro para todo i, j, k, m
- (6) $X_{ijkm} \leq Y_k$ para todo i, j, k, m
- (7) $X_{ijkm} \leq Y_m$ para todo i, j, k, m
- (19) $0 \leq V_{ijkm} \leq 1$ e inteiro para todo i, j, k, m
- (20) $\sum_m \sum_k V_{ijkm} X_{ijkm} \geq 1$ para todo i, j

A restrição (19) define a variável de decisão V_{ijkm} como variável binária e a restrição (20) garante que todos os pares origem-destino sejam atendidos pelo par de hubs k e m .

4.4.1.2. Hub Covering Problem: recursos limitados de atendimento da demanda

Quando o atendimento de todos os pares origem-destino é excessivamente custoso, como foi realizado pelo modelo *HCV*, mas ainda que limitado, existe um orçamento disponível, e tem-se uma formulação alternativa com a atribuição de uma penalidade para os pares origem-destino não atendidos como mostrado na equação *HCV-P*.

Modelo *HCV-P*

$$(21) \quad \text{Minimizar} \quad \sum_k F^k Y^k + \sum_j \sum_i d_{ij} n_{ij}$$

Variáveis de decisão: $Y^k, X_{ijkm}, V_{ijkm}, n_{ij}$ e u_{ij}

Sujeito a:

- (3) $0 \leq Y^k \leq 1$ e inteiro para todo k
- (17) $0 \leq X_{ijkm} \leq 1$ e inteiro para todo i, j, k, m
- (6) $X_{ijkm} \leq Y^k$ para todo i, j, k, m
- (7) $X_{ijkm} \leq Y^m$ para todo i, j, k, m
- (19) $0 \leq V_{ijkm} \leq 1$ e inteiro para todo i, j, k, m
- (22) $0 \leq u_{ij} \leq 1$ e inteiro para todo i, j

$$(23) \quad \sum_{m=1}^k V_{ijkm} X_{ijkm} + n_{ij} \geq 1 \quad \text{para todo } i, j$$

A restrição (22) define a variável de decisão u_{ij} com variável binária e a restrição (23) garante que soma dos pares origem-destino atendidos e não atendidos esteja contemplada.

4.4.1.3. Hub Covering Problem: limitação do número de hubs para o atendimento da demanda

Uma terceira alternativa para os casos em que seja excedido o orçamento disponível do caso do item 4.4.1.2, seria maximizar a demanda coberta com um número de *hubs* definido, sendo este modelo conhecido por *HMCV* denominado em

CAMPBELL (1994).

Modelo *HMCV*

$$\text{Maximizar} \quad \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k \sum_{m=1}^m W_{ij} X_{ijkm} V_{ijkm}$$

Variáveis de Decisão: X_{ijkm} , V_{ijkm} e Y_k

Sujeito a:

$$(2) \quad \sum_{k=1}^k Y_k = d$$

$$(3) \quad 0 \leq Y_k \leq 1 \text{ e inteiro para todo } k$$

$$(4) \quad \sum_{m=1}^m \sum_{k=1}^k X_{ijkm} = 1 \quad \text{para todo } i, j$$

$$(5) \quad 0 \leq X_{ijkm} \leq 1 \quad \text{para todo } i, j, k, m$$

$$(6) \quad X_{ijkm} \leq Y_k \quad \text{para todo } i, j, k, m$$

$$(7) \quad X_{ijkm} \leq Y_m \quad \text{para todo } i, j, k, m$$

(19) $0 \leq V_{ijkm} \leq 1$ e inteiro para todo i, j, k, m

Neste modelo *HMCV*, pode-se perceber que, com exceção da restrição (19),

todas as outras restrições são as mesmas do modelo *P-HM*.

4.4.2. Hub Covering Problem: limitação de número de hubs e consideração de

fluxo mínimo das linhas de feeder

O modelo *Hub Covering* com a consideração de fluxo mínimo das linhas de

feeder, seguindo a notação proposta em CAMPBELL (1994), denomina-se *HCV-T*,

sendo uma conjugação do modelo *HMCV* com *P-HM-TS*.

Modelo *HMCV-T*

Maximizar $\sum_i \sum_j \sum_k \sum_m W_{ij} X_{ijkm} V_{ijkm}$

Variáveis de decisão: Y_k, X_{ijkm}, Z_{ik} e V_{ijkm}

Sujeito a:

(2) $\sum_k Y_k = d$

(3) para todo k $0 \leq Y_k \leq 1$ e inteiro

(4) $\sum_k \sum_m X_{ijkm} = 1$

para todo i, j

(5) para todo i, j, k, m $0 \leq X_{ijkm} \leq 1$

(6) para todo i, j, k, m $X_{ijkm} \leq Y_k$

(7) para todo i, j, k, m $X_{ijkm} \leq V_m$

de maior porte.

que ainda não é certo que os atuais resultados sejam representativos para problemas computacional tem sido utilizado com um pequeno conjunto de dados, mostrando quais ainda não está claro quanto ao desempenho das mesmas, isto porque o trabalho problemas. Entretanto, muitas pesquisas têm-se concentrado em heurísticas, das exatos, em que poucas soluções ótimas são conhecidas, relativamente para pequenos que trata da dificuldade de se resolver problemas de localização através de métodos

Nas considerações finais abordadas por CAMPBELL (1994) vale destacar a particularidades e diferenças entre os referidos modelos.

entanto, é preciso ressaltar que é realizada uma minuciosa análise das verdade uma aplicação de modelos tradicionalmente conhecidos na literatura. No CAMPBELL (1994) para a resolução de problemas de localização de *hubs* são na De um modo geral pode-se dizer que os modelos apresentados em

4.5. Comparação dos Modelos

$$0 \leq V_{ijkm} \leq 1 \text{ e inteiro} \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (19)$$

$$M_{ik} = \sum_{j=1}^f (W_{ij} + W_{ji}) \quad \text{para todo } i, k \quad (13)$$

$$T_{ik} - \sum_{j=1}^f \sum_{m=1}^m (W_{ij} X_{ijkm} + W_{ji} X_{jmk}) \leq M_{ik} (1 - Z_{ik}) \quad \text{para todo } i, k \quad (12)$$

$$X_{ijkm} \leq Z_{jm} \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (11)$$

$$X_{ijkm} \leq Z_{ik} \quad \text{para todo } i, j, k, m \quad (10)$$

$$0 \leq Z_{ik} \leq 1 \text{ e inteiro} \quad \text{para todo } i, k \quad (9)$$

Outro aspecto, porém não menos importante, que pode ser retirado das análises e considerações em CAMPBELL (1994), é com relação à aplicabilidade das classes de modelo, ou seja, para *P-Hub Median*, *Uncapacitated Hub Location* e *Capacitated Hub Location* essas classes são aplicáveis em problemas de localização de terminais para movimentação de cargas ou passageiros; enquanto que *P-Hub Center* e *Hub Covering*, para problemas de localização de bases de atendimento de serviços emergenciais (posto de bombeiro, posto policial) ou localização de bases de veículos (base para ambulâncias), pode ser visualizado na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Aplicabilidade dos Modelos

Classe de Modelos	Modelo	Aplicação
<i>P-Hub Median</i>	<i>P-HM</i>	Localização de Terminais para Movimentação
	<i>P-HM-TS</i>	
	<i>UHLP</i>	
	<i>UHLP-T</i>	
<i>Uncapacitated Hub Location</i>	<i>UHLP-T</i>	Localização de Bases de Atendimento de Serviços Emergenciais ou Base de Veículos
<i>Capacitated Hub Location</i>	<i>CHLP</i>	
<i>P-Hub Center</i>	<i>P-HC1</i>	
	<i>P-HC2</i>	
	<i>P-HC1-T</i>	
<i>Hub Covering</i>	<i>HCV</i>	Localização de Bases de Atendimento de Serviços Emergenciais ou Base de Veículos
	<i>HCV-P</i>	
	<i>HMCV</i>	
	<i>HMCV-T</i>	

Na tabela 4.2 faz-se um resumo das principais considerações dos modelos abordados do item 4.1 ao 4.4, ressaltando-se as principais diferenças entre os mesmos.

portuária.

informação sobre o comportamento dos mesmos sob uma determinada política submetidos às decisões da administração portuária, isto porque esta tem completa

Os transportadores e embarcadores domésticos podem ser considerados transportadores (companhias de navegação regulares) e embarcadores domésticos.

mercado de transporte marítimo contínuo: administração portuária, Segundo ZAN (1999) existem três participantes a serem considerados no

4.6. Abordagem do Problema de Localização do Hub Port

Por último, tem-se que a resolução do problema de localização do *hub port* na América Sul deverá utilizar o *P-HM-TS* e o *CHLP*, tendo em vista a questão da aplicabilidade. Deste modo, deve-se estar nos próximos capítulos agregando maiores conhecimentos para que se possa elaborar a definição final do modelo a ser efetivamente aplicado na resolução deste problema de localização.

Classe de Modelos	Modelo	Número de Hubs Definido	Custo Fixo do Hub	Custo Fixo da Linha Feeder na Linha Feeder	Fluxo Mínimo
P-Hub Median	P-HM	X			
	P-HM-TS	X		X	X
Uncapacitated Hub Location	UHLP		X		
	UHLP-T		X		X
Capacitated Hub Location	CHLP		X		
P-Hub Center	P-HCI	X			
	P-HC2	X			
	P-HCI-T	X			X
Hub Covering	HCV		X		
	HCV-P		X		
	HMCV	X		X	
	HMCV-T	X			X

Tabela 4.2: Características dos Modelos

Proseguindo na análise da relação entre os participantes, ZAN (1999) considera que os embarcadores domésticos estariam submetidos às decisões dos transportadores, em virtude destes terem completa informação sobre o comportamento ótimo dos embarcadores domésticos sob um determinado serviço dos transportadores (escala dos navios nos portos).

O autor esclarece que a administração portuária fará com que sua política portuária tome vantagem do mercado de transporte para que seu porto prospere, já que estará buscando atrair escalas regulares de navios e carga. O governo federal, contudo, pode considerar a administração portuária sob o ponto de vista do crescimento da economia do país e do custo total de distribuição física dos embarcadores domésticos, definindo para tanto o número e o tamanho dos terminais, taxas de tonelagem, taxa de entrada no porto, taxa de atracação, taxa de capatazia e outras.

O autor ainda mostra quais as decisões do transportador que busca maximizar sua receita, usando a estratégia de definição das rotas, tipo de navio e frequência em cada rota, sendo que o tipo do navio será limitado pela capacidade do terminal de contêineres de cada porto. Outro aspecto é a da definição da estratégia usada pelo transportador, que se baseia numa pesquisa de origem-destino das cargas dos embarcadores.

Do ponto de vista dos embarcadores domésticos, ZAN (1999) argumenta que a escolha busca minimizar o custo total de transporte associado a eventuais perdas no valor da carga devido ao tempo de espera no porto ou ao tempo de acesso ao porto em face da infra-estrutura da rede de transporte disponível (ferro, rodovias ou hidroviária).

As considerações de ZAN (1999) podem ser resumidas na figura 4.1, através da qual constata-se as diversas interações entre os participantes. Diante do exposto anteriormente, o desenvolvimento do modelo deveria necessariamente elaborar a função objetivo a partir de um agente decisor, ou seja, de um dos três participantes: administração portuária, transportadores ou embarcadores domésticos.

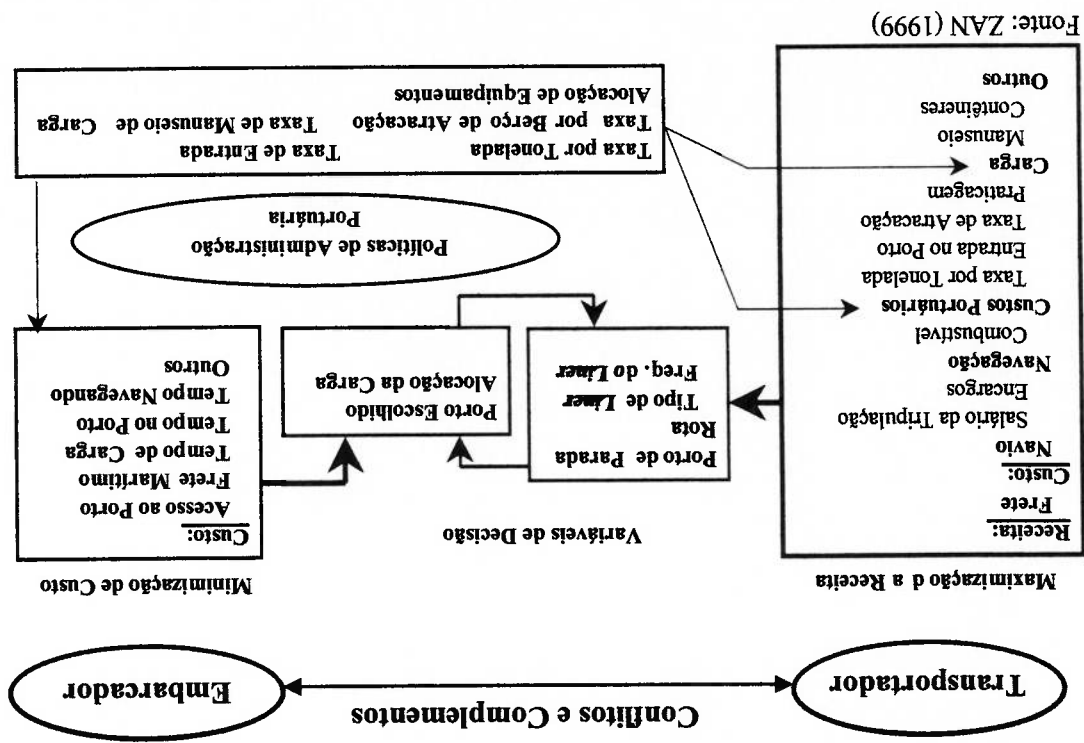


Figura 4.1: Interações entre Administração Portuária, Transportador e Embarcador

No entanto, a análise do quadro da figura 4.1 pode-se perceber que a decisão da operação, ou seja, definição da rota e da frequência das escalas, é realizada pelo transportador, que, com base nos seus custos de transporte, nas tarifas do porto e demanda de transporte de um porto de origem para um porto de destino, busca maximizar sua receita.

Deste modo, buscar-se-á definir a localização do *hub port* a partir do transportador sob aspecto estratégico, ressaltando que não será abordado o problema de alocação de rotas que foi desenvolvido em ONO (2001).

5. DEFINIÇÃO DO MODELO DE LOCALIZAÇÃO DO

CHFS

O modelo ora desenvolvido baseou-se no modelo *P-HM*, buscando melhor explicitar a função custo, bem como tratar separadamente os fluxos de importação e exportação entre os portos alimentadores (*feeder ports*) e os portos de destino no mundo, realizados via um ou mais portos concentradores (*hub ports*).

Na questão dos portos de destino no mundo procurou-se agregá-los numa dada região, a fim de diminuir o número de informações de custo e fluxo que deveriam ser levantadas. Isto foi feito na medida em que o objetivo é localizar o *hub port* na Costa Leste da América do Sul, não importando a estrutura de custos portuários dos portos de destino.

Outro aspecto que deve ser considerado é o fato da diferenciação dos custos marítimos e portuários para contêineres cheios ou vazios de 20 e 40 pés, os quais são considerados na unidade TEU, equivalendo a 1 e 2 TEUs, respectivamente. O custo unitário de movimentação marítima de um contêiner de 40 pés é duas vezes superior ao de 20 pés, isto porque o de 40 pés ocupa duas células de carga no navio. Já os custos portuários, em geral, não são diferenciados pelo fato de serem de 20 ou 40 pés, e sim, se os mesmos estão cheios ou vazios.

Deste modo, buscou-se contemplar na estrutura de custos a ser aplicada no modelo a diferenciação dos 4 tipos de contêiner: cheio de 20 pés (FCL_20), vazio de 20 pés (VAZ_20), cheio de 40 pés (FCL_40) e vazio de 40 pés (VAZ_40).

5.1. Modelo Armador

A definição do modelo a partir da perspectiva do armador é desenvolvida ao longo deste item a partir dos parâmetros, das restrições, das variáveis de decisão e da função objetivo, a saber:

1. Índices:

- índice f : indica os portos alimentadores (*feeder ports*) na Costa Leste da América do Sul com $f = 1, 2, \dots, F$;
- índice m : indica a região no mundo que agrega determinados portos de destino com $m = 1, 2, \dots, M$;
- índice k : indica os candidatos a portos concentradores (*hub ports*) com $k = 1, 2, \dots, K$;
- índice c : indica os diferentes tipos de contêiner (cheio ou vazio de 20 ou 40 pés) com $c = 1, 2, \dots, C$;
- índice s : indica o sentido do fluxo de contêineres: importação ou exportação, ou seja, com $s = 1$ e 2 ;

2. Parâmetros:

- N : indica o número de *hub ports* que deverão ser alocados;
- W_{fmc} : fluxos de importação ou exportação de um *feeder port* f para um destino numa dada região m do mundo de um determinado tipo de contêiner c ;
- Δf : fator multiplicativo que permite realizar a variação do fluxo W_{fmc} de um *feeder port* f ;

- $Q_{r_{mcs}}$: é o produto do parâmetro $W_{r_{mcs}}$ pelo Δ_r , considerando apenas a parcela

inteira como pode ser visto na equação (24);

$$Q_{r_{mcs}} = \text{inteiro}(\Delta_r * W_{r_{mcs}}) \quad (24)$$

- $\beta_{C^-F^r}$: parâmetro que permite variar a despesa com movimentação do

contêiner (THC) do *feeder port f*;

- $CP_{C^-F^r}$: despesa com movimentação do contêiner (THC) por unidade do tipo

de contêiner *c* no *feeder port f*;

- $\beta_{N^-F^r}$: parâmetro que permite variar as despesas com Entrada e Saída dos

Navios no *feeder port f*;

- $CP_{N^-F^r}$: despesa com Entrada e Saída dos Navios por unidade do tipo de

contêiner *c* no *feeder port f*;

- CP_{F^rc} : despesa portuária do *feeder port f* por unidade do tipo contêiner *c* como

definida na equação (25);

$$CP_{F^rc} = \beta_{C^-F^r} * CP_{C^-F^rc} + \beta_{N^-F^r} * CP_{N^-F^rc} \quad (25)$$

- $\beta_{C^-H^k}$: parâmetro que permite variar a despesa com movimentação do

contêiner (THC) do *hub port k*;

- $CP_{C^-H^k}$: despesa com movimentação do contêiner (THC) por unidade do

tipo de contêiner *c* no *hub port k*;

- $\beta_{N^-H^k}$: parâmetro que permite variar as despesas com Entrada e Saída dos

Navios no *hub port k*;

- $CP_{N^-H^kc}$: despesa com Entrada e Saída dos Navios por unidade do tipo de

contêiner *c* no *hub port k*;

- $CP_{H^k}^-$: custo portuário do *feeder port f* por unidade do tipo contêiner *c* como apresentada na equação (26);
 - $\beta_{C^-} W_m^-$: parâmetro que permite variar a despesa com movimentação do contêiner (THC) da região do mundo *m*;
 - $CP_{C^-} W_m^-$: despesa com movimentação do contêiner (THC) por unidade do tipo de contêiner *c* na região do mundo *m*;
 - $\beta_{N^-} W_m^-$: parâmetro que permite variar as despesas com Entrada e Saída dos Navios da região do mundo *m*;
 - $CP_{N^-} W_m^-$: despesa com Entrada e Saída dos Navios por unidade do tipo de contêiner *c* na região do mundo *m*;
 - $CP_{W_m^-}$: custo portuário da região do mundo *m* por unidade do tipo contêiner *c* como mostrada na equação (27);
- $$CP_{W_m^-} = \beta_{C^-} W_m^- * CP_{C^-} + \beta_{N^-} W_m^- * CP_{N^-} \quad (27)$$
- $\alpha_{F_{H^-} M^-}$: economia de escala no trecho entre *feeder port* e o *hub port* através do modal marítimo;
 - $CVU_{F_{H^-} M^-}^-$: custo diário do navio por unidade de contêiner do tipo *c* entre *feeder port* e o *hub port* através do modal marítimo;
 - $VELOC_{F_{H^-} M^-}^-$: velocidade em *knots* (milhas náuticas por hora) do navio considerado no transporte marítimo entre o *feeder port* e o *hub port*;
 - $DIST_{F_{H^-} M^-}^-$: distância marítima em milhas náuticas entre o *feeder port f* e o *hub port k*;

• $CV_{F_H}^{R^k}$: custo da viagem entre *feeder port f* e o *hub port k* do contêiner

do tipo *c* através do modal marítimo como pode ser visto na equação (28);

$$CV_{F_H}^{R^k} = \alpha_{F_H}^{R^k} * CVU_{F_H}^{R^k} * DIST_{F_H}^{R^k} * \left(\frac{24 * VELOC_{F_H}^{R^k}}{M^k} \right) \quad (28)$$

• $CO_{F_H}^{M^k}$: custo da operação entre *feeder port f* e o *hub port k* do

contêiner do tipo *c* através do modal marítimo, em que estão incluídos os custos

portuários e o custo de viagem como apresentado na equação (29);

$$CO_{F_H}^{M^k} = CP_{F_H}^{M^k} + CV_{F_H}^{M^k} + CP_{H^k} \quad (29)$$

• $\alpha_{F_H}^{R^k}$: economia de escala no trecho entre *feeder port f* e o *hub port* através

do modal rodoviário;

• $CVU_{F_H}^{R^k}$: custo por unidade do tipo de contêiner *c* transportada entre

feeder port f e o *hub port* através do modal rodoviário;

• $DIST_{F_H}^{R^k}$: distância rodoviária em quilômetros entre o *feeder port f* e o

hub port k;

• $CV_{F_H}^{R^k}$: custo da viagem entre *feeder port f* e o *hub port k* do contêiner

do tipo *c* através do modal marítimo como pode ser visto na equação (30);

$$CV_{F_H}^{R^k} = \alpha_{F_H}^{R^k} * CVU_{F_H}^{R^k} * DIST_{F_H}^{R^k} \quad (30)$$

• $CO_{F_H}^{R^k}$: mínimo custo de operação entre *feeder port f* e o *hub port k* do

contêiner do tipo *c* entre o modal marítimo ($CO_{F_H}^{M^k}$) e o rodoviário

($CV_{F_H}^{R^k}$) definido na equação (31);

$$CO_{F_H}^{R^k} = \min(CO_{F_H}^{M^k}, CV_{F_H}^{R^k}) \quad (31)$$

- α_{H^-W} : economia de escala no trecho entre o(s) *hub port(s)* e as regiões de

destino no mundo;

- $CVU_{H^-W}^c$: custo diário do navio por unidade de contêiner do tipo *c* entre o(s)

hub port(s) e as regiões de destino no mundo;

- $VELOC_{H^-W}$: velocidade em *knots* (milhas náuticas por hora) do navio

considerado no transporte marítimo o(s) *hub port(s)* e as regiões de destino no

mundo;

- $DIST_{H^-W}^m$: distância marítima em milhas náuticas entre o *hub port k* e a

região de destino no mundo *m*;

- $CV_{H^-W}^k$: custo da viagem entre o *hub port k* e a região de destino no

mundo *m* do contêiner do tipo *c* como pode ser visto na equação (32);

$$(32) \quad CV_{H^-W}^k = \alpha_{H^-W} * CVU_{H^-W}^c * \left(\frac{DIST_{H^-W}^m}{24 * VELOC_{H^-W}} \right)$$

- $CO_{H^-W}^k$: custo da operação entre o *hub port k* e a região de destino no

mundo *m* do contêiner do tipo *c* através do modal marítimo, incluindo os custos

portuários como apresentado na equação (33).

$$(33) \quad CO_{H^-W}^k = CP_{H^-W}^k + CV_{H^-W}^k + CP_{W^m}^c$$

3. Variáveis de Decisão

- Y_k : variável binária que indica a alocação ou não do *hub port k*;
- X_{rkmcs} : fração do fluxo do *feeder port f* para a região de destino no mundo *m*

realizada através do *hub port k* com o tipo de contêiner *c* com o sentido do fluxo *s*.

4. Função Objetivo

Minimizar o Custo Total (CT)

$$CT = \sum_{f=1}^F \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{c=1}^C \sum_{s=1}^S (CO_{-F}^{-} H_{jk}^{-} + CO_{-H}^{-} W_{kmc}^{-}) * X_{fkmc} * \tilde{Q}_{fkmc} \quad (34)$$

5. Sujeito às restrições:

- Na restrição (35) o parâmetro n define número de *hub ports* obrigatoriamente a serem alocados;

$$\sum_{k=1}^K Y_k = N \quad (35)$$

- A restrição (36) indica que Y_k é uma variável binária;

$$Y_k = \begin{cases} 1, & \text{se o } hub\ port\ k \text{ for} \\ & \text{para todo } k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (36)$$

- A restrição (37) impõe os limites da variável X_{fkmc} entre 0 e 1, já que esta representa uma fração do fluxo total;

$$0 \leq X_{fkmc} \leq 1 \quad \text{para todo } f, k, m, c, s \quad (37)$$

- A restrição (38) assegura que todo fluxo entre *feeder port* f e a região de destino no mundo m é realizado via algum *hub port* k ;

$$\sum_{k=1}^K X_{fkmc} = 1 \quad \text{para todo } f, m, c, s \quad (38)$$

- A restrição (39) assegura que todos os fluxos sejam realizados via *hub port*.

$$X_{fkmc} \leq Y_k \quad \text{para todo } f, k, m, c, s \quad (39)$$

5.2. Dados de Entrada

Os dados de entrada a serem inseridos no modelo do armador representam, tanto quanto possível, a realidade da operação atualmente realizada por uma companhia de navegação com os custos dos portos da Costa Leste da América do Sul descritos no capítulo 3.

Os *feeder ports* e os candidatos a *hub port* são os mesmos, de forma a permitir um aumento do campo de possibilidade de análises.

Para facilitar o entendimento das tabelas do presente capítulo, tem-se a seguinte legenda dos termos:

- EUR: representa os portos do norte da Europa, tendo sido considerado para efeito de cálculo de distância o Porto de Roterdã na Holanda;
- MED: representa os portos do Mar Mediterrâneo, tendo sido considerado para efeito de cálculo de distância o Porto de Gênova na Itália;
- AMN: representa os portos do Canadá e Estados Unidos da América, exceto os do Golfo do México, tendo sido considerado para efeito de cálculo de distância o Porto de Nova York;
- CAR: representa os portos da América Central e Golfo do México, tendo sido considerado o Porto de Kingston na Jamaica;
- FOR: Porto de Fortaleza;
- SUA: Porto de Suape;
- SSA: Porto de Salvador;
- RIO: Porto do Rio de Janeiro;

do modelo do armador. É importante frisar que foram consideradas as despesas com contêineres e com entrada e saída de navios para os portos considerados na análise Na tabela 5.3 estão dispostas as despesas portuárias com movimentação de contêineres e com entrada e saída de navios para os portos considerados na análise

Os fluxos apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2 foram fornecidos por uma companhia de navegação. Cabe denotar que o fluxo referente aos contêineres vazios (VAZ_20 e VAZ_40) foi obtido através da diferença no fluxo dos contêineres cheios. Por exemplo, na tabela 5.1, o fluxo entre a origem na Europa (EUR) e destino no Porto de Fortaleza (FOR) para contêiner cheio de 20 pés (FCL_20) foi de 222 unidades, ao passo que no fluxo inverso mostrado na tabela 5.2, entre a origem FOR e destino EUR para FCL_20, foi de 778 unidades, refletindo uma diferença de 556 unidades de VAZ_20, que devem sair da origem FOR para o destino EUR como pode ser verificado na tabela 5.1.

- VAZ_40: contêiner vazio de 40 pés.
- VAZ_20: contêiner vazio de 20 pés;
- FCL_40: contêiner cheio de 40 pés;
- FCL_20: contêiner cheio de 20 pés;
- BUE: Porto de Buenos Aires;
- MVD: Porto de Montevideu;
- RIG: Porto de Rio Grande;
- SFS: Porto de São Francisco do Sul;
- PNG: Porto de Paranaíba;
- SSZ: Porto de Santos;
- SEP: Porto de Sepetiba;

contêineres vazios de 20 e 40 pés como sendo a metade do valor de contêiner cheio de 20 e 40 pés, respectivamente. E, também, o fato dos portos brasileiros não apresentarem diferença significativa das despesas entre contêineres de 20 e 40 pés. Nas tabelas 5.4 e 5.5 são apresentadas as distâncias entre os portos de análise considerados em milhas náuticas e quilômetros, respectivamente.

Tabela 5.1: Fluxo de contêineres de uma região do mundo para os portos da Costa Leste da América do Sul

unidades	DESTINO														Total
	Contêiner	FOR	SUA	SSA	RIO	SEP	SSZ	PNG	SFS	RIG	MVD	BUE			
EUR	FCL_20	222	1.931	1.301	3.757	1	27.802	2.260	4.686	1.922	1.222	17.852	62.956		
	FCL_40	26	1.331	924	1.858	1	12.935	3.930	1.406	549	640	12.846	36.446		
	VAZ_20	557	1	1.431	396	1	1	1	2.472	1	1	1	4.863		
MED	VAZ_40	162	107	560	1	1	1	1	5.081	2.650	1	1	8.566		
	FCL_20	17	1	166	610	1	3.449	371	51	227	500	1.711	7.104		
	FCL_40	108	1	193	562	1	1.944	1.153	94	118	571	1.501	6.246		
AMN	VAZ_20	133	1	367	348	1	1	1	125	1	1	1	980		
	VAZ_40	36	1	248	1	1	1	1	599	1.026	1	1	1.916		
	FCL_20	106	1.697	258	2.503	1	6.365	837	256	1.290	1	4.494	17.808		
CAR	FCL_40	60	1.246	266	1.372	1	9.654	2.292	376	1.174	1	7.042	23.484		
	VAZ_20	1.152	1	220	1.847	1	849	88	1.232	267	1	1	5.659		
	VAZ_40	749	457	191	1	1	1	1	2.451	4.013	1	1	7.867		
Total	FCL_20	60	150	101	1.647	1	3.405	167	311	521	68	828	7.259		
	FCL_40	81	192	69	255	1	1.504	293	82	164	62	669	3.372		
	VAZ_20	1	325	282	1	1	827	62	265	69	1	1.528	3.362		
Total	VAZ_40	1	1	92	146	1	1.658	218	307	628	1	770	3.823		
	FCL_20	405	3.779	1.826	8.517	4	41.021	3.635	5.304	3.960	1.791	24.885			
	FCL_40	275	2.770	1.452	4.047	4	26.037	7.668	1.958	2.005	1.274	22.058			
Total	VAZ_20	1.843	328	2.300	2.592	4	1.678	152	4.094	338	4	1.531			
	VAZ_40	948	566	1.091	149	4	1.661	221	8.438	8.317	4	773			

Tabela 5.2: Fluxo de contêineres dos portos da Costa Leste da América do Sul para uma região do mundo

unidades	DESTINO												Total							
	EUR				MED				AMN				CAR							
	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40				
Origem																				
FOR	778	187	1	1	149	143	1	1	1.257	808	1	1	18	7	43	75	2.202	1.145	46	78
SUA	1.801	1.437	131	1	1	1	1	1	526	1.702	1.172	1	474	132	1	61	2.802	3.272	1.305	64
SSA	2.731	1.483	1	1	532	440	1	1	477	456	1	1	382	160	1	1	4.122	2.539	4	4
RIO	4.152	616	1	1.243	957	342	1	221	4.349	797	1	576	1.523	400	125	1	10.981	2.155	128	2.041
SEP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4
SSZ	26.818	9.777	985	3.159	2.109	1.007	1.341	938	7.213	6.230	1	3.425	4.231	3.161	1	1	40.371	20.175	2.328	7.523
PNG	1.089	3.346	1.172	585	104	304	268	850	924	1.198	1	1.095	228	510	1	1	2.345	5.358	1.442	2.531
SFS	7.157	6.486	1	1	175	692	1	1	1.487	2.826	1	1	575	388	1	1	9.394	10.392	4	4
RIG	1.661	3.198	262	1	158	1.143	70	1	1.556	5.186	1	1	589	791	1	1	3.964	10.318	334	4
MVD	656	400	567	241	181	202	320	370	1	1	1	1	49	12	20	51	887	615	908	663
BUE	12.653	6.557	5.200	6.290	1.067	656	645	846	3.966	5.297	529	1.746	2.355	1.438	1	1	20.041	13.948	6.375	8.883
Total	59.497	33.488	8.322	11.524	5.434	4.931	2.650	3.231	21.757	24.502	1.710	6.849	10.425	7.000	196	195	97.113	69.921	12.878	21.799

Tabela 5.3: Despesas Portuárias em US\$/unidade

US\$ / unidade	Despesa com Movimentação do Contêiner (THC)				Despesa com Entrada e Saída dos Navios				
	Código do Porto	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40
EUR		96,00	120,00	48,00	60,00	5,00	5,00	2,50	2,50
MED		125,00	155,00	62,50	77,50	5,00	5,00	2,50	2,50
AMN		415,00	550,00	207,50	275,00	75,00	100,00	37,50	50,00
CAR		100,00	125,00	50,00	62,50	5,00	5,00	2,50	2,50
FOR		135,91	135,91	67,96	67,96	47,11	47,11	23,56	23,56
SUA		108,94	108,94	54,47	54,47	47,57	47,57	23,79	23,79
SSA		138,40	138,40	69,20	69,20	52,35	52,35	26,18	26,18
RIO		143,67	143,67	71,84	71,84	28,79	28,79	14,40	14,40
SEP		124,93	124,93	62,47	62,47	20,57	20,57	10,29	10,29
SSZ		166,57	166,57	83,29	83,29	27,43	27,43	13,72	13,72
PNG		127,23	127,23	63,62	63,62	52,38	52,38	26,19	26,19
SFS		109,07	109,07	54,54	54,54	40,85	40,85	20,43	20,43
RIG		146,52	146,52	73,26	73,26	37,77	37,77	18,89	18,89
MVD		130,00	150,00	65,00	75,00	15,00	15,00	7,50	7,50
BUÉ		120,00	140,00	60,00	70,00	15,00	15,00	7,50	7,50

Fonte: GEIPOT / CENTRONAVE / ABTP

Tabela 5.4: Distância em Milhas Náuticas entre os Portos

Milhas Náuticas	EUR	MED	AMN	CAR	FOR	SUA	SSA	RIO	SEP	SSZ	PNG	SFS	RIG	MVD	BUE
EUR	***														
MED	-	***													
AMN	-	-	***												
CAR	-	-	-	***											
FOR	3.979	3.824	3.405	3.017	***										
SUA	4.363	4.208	3.789	3.401	384	***									
SSA	4.733	4.578	4.159	3.771	722	370	***								
RIO	5.385	5.201	4.782	4.423	1.377	1.022	656	***							
SEP	5.356	5.230	4.811	4.445	1.428	1.073	707	51	***						
SSZ	5.504	5.349	4.930	4.542	1.525	1.174	804	197	146	***					
PNG	5.657	5.502	5.083	4.695	1.678	1.350	958	354	303	161	***				
SFS	5.702	5.547	5.128	4.740	1.723	1.373	1.003	399	348	206	45	***			
RIG	6.103	5.948	5.529	5.141	2.124	1.772	1.402	765	714	598	449	404	***		
MVD	6.387	6.232	5.813	5.425	2.408	2.080	1.689	1.062	1.011	887	730	685	301	***	
BUE	6.461	6.306	5.887	5.499	2.482	2.157	1.767	1.155	1.104	973	813	759	411	129	***

Fonte: <http://www.distances.com/>

Tabela 5.5: Distância em Quilômetros entre os Portos da Costa Leste da América do Sul

Quilômetros	FOR	SUA	SSA	RIO	SEP	SSZ	PNG	SFS	RIG	MVD	BUE
FOR	***										
SUA	785	***									
SSA	1.164	717	***								
RIO	2.507	2.167	1.491	***							
SEP	2.587	2.247	1.571	80	***						
SSZ	2.864	2.495	1.767	448	368	***					
PNG	3.215	2.805	2.100	804	769	401	***				
SFS	3.326	2.951	2.257	946	866	540	163	***			
RIG	4.190	3.837	3.265	1.838	1.822	1.349	968	845	***		
MVD	4.881	4.541	3.850	2.537	2.503	2.134	1.846	1.792	605	***	
BUE	4.852	4.512	3.821	2.508	2.474	2.105	1.817	1.763	1.279	377	***

Fonte: InfoGuia Rodoviário Brasil 97

Outro parâmetro definido foi o custo por unidade de contêiner transportada entre um *feeder port* e um *hub port* no modal rodoviário (CVU_{F_H}R) como sendo de US\$ 1,00 por quilômetro para todos os tipos de contêiner, segundo informações da HSAC Logística em Dezembro/2000, empresa que contrata serviços de transporte rodoviário nos diversos portos relacionados na tabela 5.5.

Com relação ao fato de não se diferenciar o referido custo por tipo de contêiner, deve-se a utilização do mesmo tipo de veículo para transportar os contêineres de 20 ou 40 pés. No entanto, sabe-se que o mercado de transporte rodoviário de contêineres diferencia o valor do frete em função do peso dos contêineres transportados, isto é, os fretes são diferentes para contêineres cheios e vazios, mas não foi possível obter tal informação com o nível de precisão desejado.

Os parâmetros de custo diário do navio por unidade de contêiner entre o *feeder port* e o *hub port* (CVU_{F_H}M) e entre *hub port* e a região do mundo (CVU_HW) foram considerados a partir da elaboração do gráfico mostrado na figura 5.1 com os dados apresentados em MENTZ DECKER & CO HAMBURG (2001) para o custo diário da embarcação em função da sua capacidade em TEU, incluindo os gastos com combustível durante a viagem.

Observando-se a figura 5.1, têm-se dois conjuntos de dados com suas respectivas linhas de tendência: uma de navios *Gearless* (sem equipamento de bordo) e outra de *Geared* (com equipamentos de bordo). Considerando que os atuais navios em operação na Costa Leste da América do Sul são:

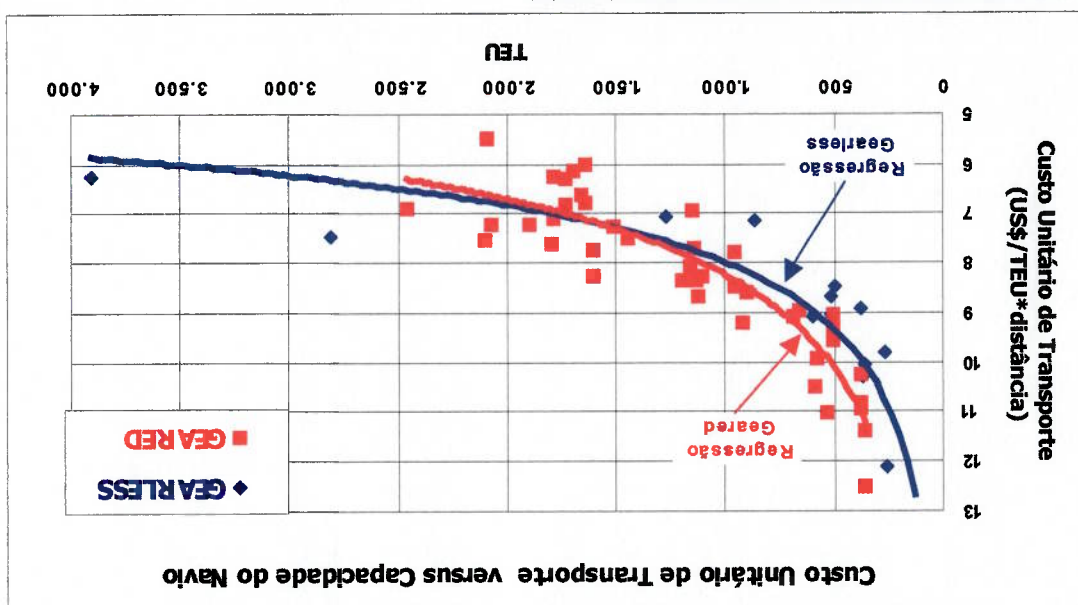
- De 800 a 1.500 TEUs utilizados para a cabotagem na costa brasileira, lembrando que estes navios precisam de equipamento de bordo para

A economia de escala, utilizando navios com maior capacidade, pode ser constatada através da figura 5.1. Ao se comparar o valor de US\$ 8,00 por TEU para um navio Gearless com capacidade de 1.000 TEUs com US\$ 6,00 por TEU para um navio de 3.500 TEUs, tem-se uma economia de 25%.

Deste modo, apresentam-se na tabela 5.6 os parâmetros de custo diário dos navios considerados no modelo do armador, em que o custo do contêiner de 40 pés é o dobro de um de 20 pés. Outra consideração é o fato de que o custo dos contêineres

Figura 5.1: Custo Unitário de Transporte versus Capacidade do Navio

Fonte: MENTZ DECKER & CO HAMBURG (2001)



- Maiores que 1.500 TEUs os utilizados no transporte internacional de longo curso.
- curva denominada *Gared*;
- operarem em alguns portos do Brasil; portanto, deve-se utilizar a

vazios de 20 e 40 pés é igual ao dos contêineres cheios, já que estariam ocupando o mesmo espaço, apesar do peso ser apenas o do contêiner.

Tabela 5.6: Custo Diário do Navio - incluindo gasto combustível em viagem

Capacidade do Navio	Custo Unitário de Transporte (incluindo combustível)				US\$ / unidade * milhas náuticas	Parâmetro
	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40		
800-Geared	8,50	17,00	8,50	17,00	CVU_F_H_M	
1.500-Geared	7,50	15,00	7,50	15,00	CVU_H_W	

Por último, têm-se as velocidades das embarcações inseridas no modelo, a saber:

- VELOC_F_H: velocidade do navio que estará operando entre um *feeder port* e um *hub port* é de 18 nós, isto em função da faixa de navios considerados entre 800 e 1.500 TEUs;
- VELOC_H_W: velocidade do navio que estará operando entre um *hub port* e uma região do mundo é de 20 nós, tendo em vista que foram considerados navios maiores que 1.500 TEUs.

5.3. Análise de Custos

5.3.1. Comparação da Operação Feeder: Rodoviário versus Marítimo

Uma primeira decisão que o modelo realiza, logo na estruturação da função objetivo, é a do transporte *feeder* ser realizado através do modal rodoviário ou

marítimo, através da consideração de que seria de US\$ 1,00 por quilômetro para o primeiro, e de US\$ 8,50 por TFEU de milhas náuticas percorridas para o segundo.

Contudo, é preciso associar ao frete marítimo os custos portuários decorrentes

desta operação, para que se possa efetivamente comparar os modais. Com isso,

buscou-se através da figura 5.2, apresentar tal comparação.

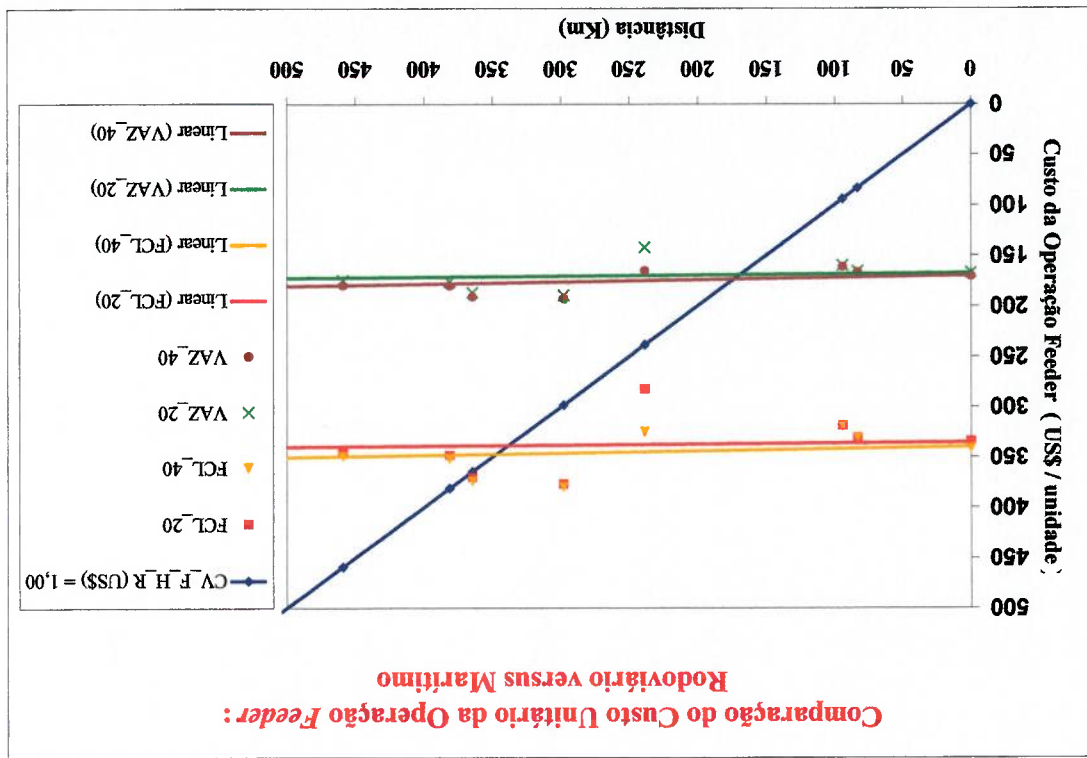


Figura 5.2: Comparação do Custo Unitário da Operação Feeder versus Rodoviário versus Marítimo

Na figura 5.2 o parâmetro $CV_F_H_R$ significa o custo por unidade de contêiner transportada no modal rodoviário, que está representado pela curva diagonal que intercepta a origem do sistema de coordenadas, isto porque se considerou apenas um valor variável para a composição deste parâmetro, ou seja, US\$ 1,00 por quilômetro por unidade transportada.

Nas figuras de 5.3 a 5.6 são mostrados os custos unitários totais do percurso *feeder port - hub port* - região do mundo, tendo como regiões do mundo escolhidas a Europa (EUR) e a América do Norte (AMN), realizados via um dos quatro *hub ports*: Buenos Aires (BUE), Santos (SSZ), Sepetiba (SEP) e Suape (SUA) e todos os *feeder ports* definidos no item 5.2.

5.3.2. Análise do Custo Unitário Total

Ao passo que a representação da composição de custo do modal marítimo resulta em quatro curvas horizontais indicadas pelas respectivas regressões lineares dos pontos indicados por FCL_{20} , FCL_{40} , VAZ_{20} e VAZ_{40} , cujos valores representam a soma dos custos portuários na origem e no destino, bem como o custo da viagem em função da distância percorrida para contêiner cheio de 20 pés, cheio de 40 pés, vazio de 20 pés e vazio de 40 pés, respectivamente. Denota-se que existe uma preponderância dos custos portuários sobre os custos de viagem, uma vez que se observa a horizontalidade das regressões lineares, ou seja, a parcela fixa dada pelos custos portuários são mais significativas do que a parcela variável em função da distância dada pelo custo da viagem marítima. Deste modo, tem-se que, para contêineres cheios (FCL_{20} e 40), é vantajoso realizar o transporte via modal marítimo quando a distância entre dois portos for superior aos 350 quilômetros. Enquanto que, para os contêineres vazios (VAZ_{20} e 40), a vantagem ocorreria quando a distância fosse superior a 170 quilômetros, considerando o frete rodoviário de US\$ 1,00 por quilômetro.

Cabe ressaltar que em todas as quatro referidas figuras os custos unitários totais dos *feeder ports* realizados via Santos são os maiores, exceto quando o porto de Santos, também, é *feeder port*. No entanto, as diferenças de custos unitários entre os *hub ports* Santos e Buenos Aires diminuem significativamente no caso de contêineres de 40 pés (FCL₄₀), isto porque no Porto de Buenos Aires há uma diferenciação nas tarifas para contêineres de 20 e 40 pés, enquanto que no Brasil tal diferenciação não existe tacitamente referenciada.

Outro aspecto a salientar é o da pequena diferença entre os *hub ports* de Suape e Sepetiba, como por exemplo, para Salvador (SSA) que chegam a ser muito próximos como mostrado nas figuras 5.3 e 5.4.

Pode-se, ainda, comparar o valor máximo de custo total unitário apresentado nas figuras 5.3 e 5.4, sendo da ordem de 800 US\$ por unidade para Europa e US\$ 1.200 para a América do Norte, respectivamente. Isto se deve à diferença do custo portuário para FCL₂₀ na Europa ser de US\$ 101 por unidade, enquanto que na América do Norte seria de US\$ 490 por unidade conforme indicado na tabela 5.3.

Analogamente, as figuras 5.5 e 5.6 apresentam valores máximos da ordem de US\$ 900 e US\$ 1.400 por unidade, respectivamente. Nesta comparação a diferença ocorre no custo portuário para contêiner do tipo FCL₄₀, que tem no total das despesas portuárias de US\$ 125 e US\$ 650 por unidade para Europa e América do Norte, respectivamente.

Figura 5.4: Custo Unitário Total do CHFS para América do Norte para FCL_20

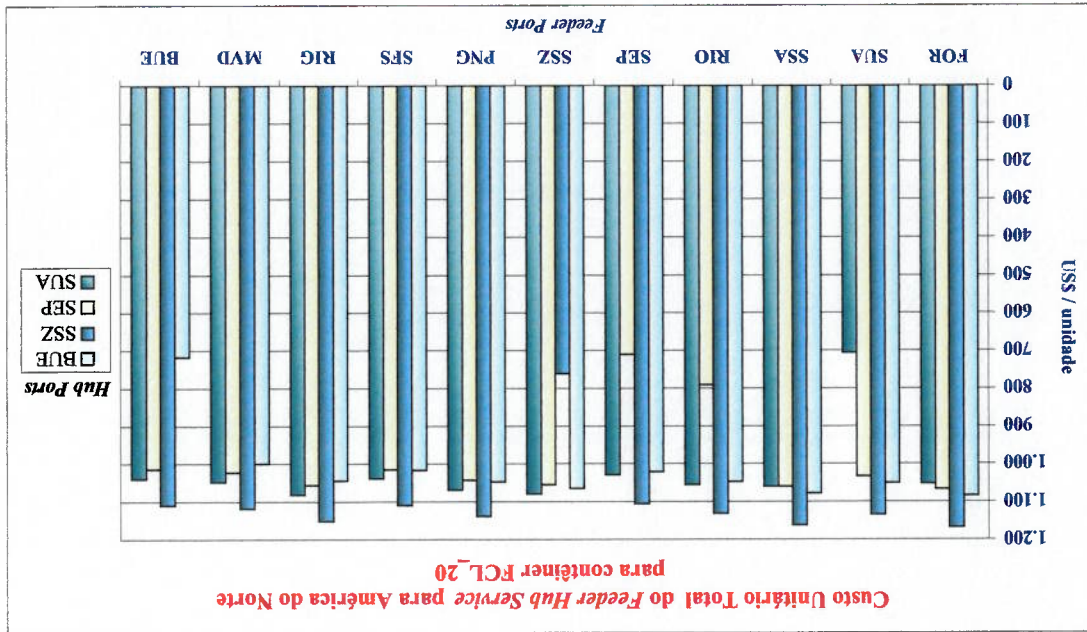


Figura 5.3: Custo Unitário Total do CHFS para Europa para FCL_20

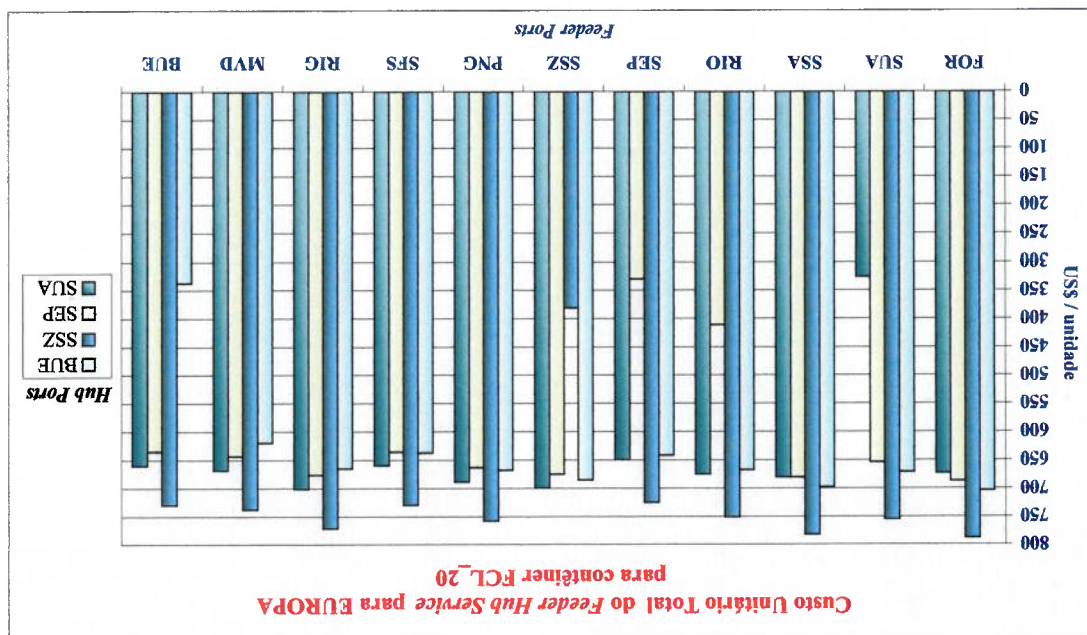


Figura 5.6: Custo Unitário Total do CHFS para América do Norte para FCL_40

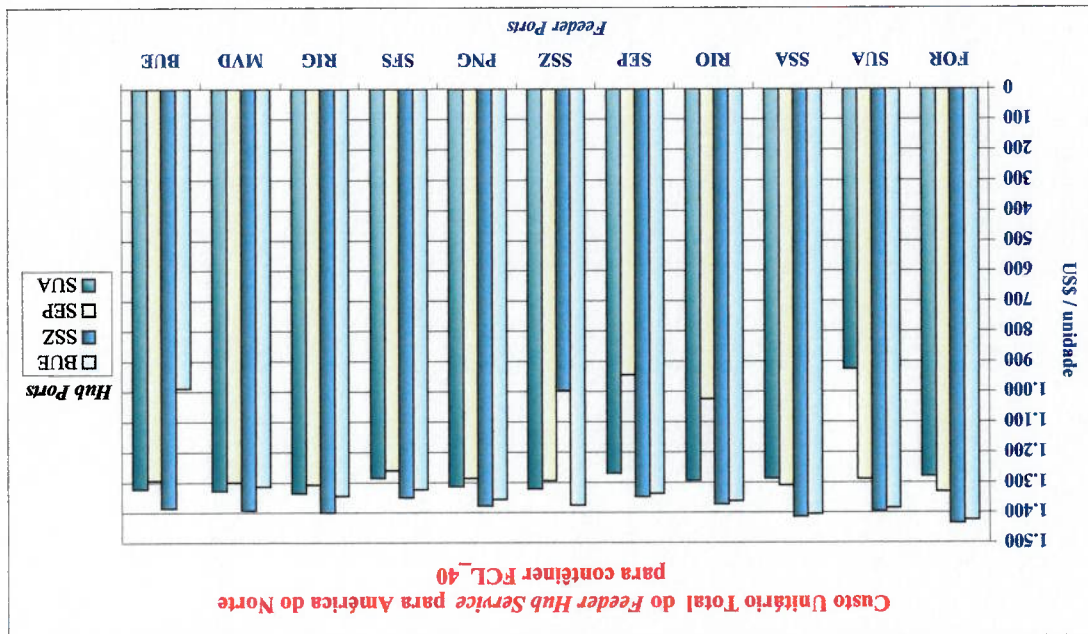
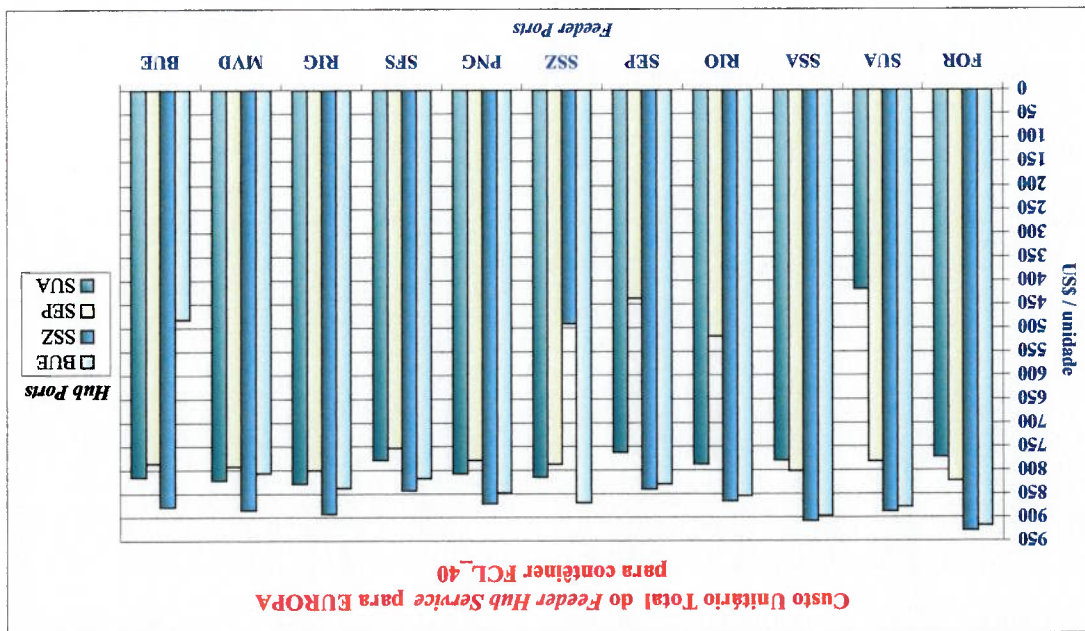


Figura 5.5: Custo Unitário Total do CHFS para Europa para FCL_40



5.4. Resultados

O modelo armador foi implementado originalmente no programa *A Modeling Language for Mathematical Programming (AMPL)* com o *solver* ou algoritmo de resolução *CPLEX*, que possui uma interação com usuário bastante amigável, podendo ser utilizada na plataforma do sistema operacional *Windows 98*. Dispõe, também, da facilidade de se apresentar separado em dois arquivos: um, com o modelo propriamente dito, disposto com todos os parâmetros, restrições, variáveis de decisão e *função objetivo*, e um outro arquivo apenas com os dados necessários para a sua resolução, facilitando a geração de diversos cenários para as análises de sensibilidade.

No entanto, a atual versão disponível do *AMPL* com *CPLEX* permite resolver modelos com apenas 300 variáveis e 300 restrições, já que se trata de uma versão educacional. Portanto, foi necessário implementar o modelo no programa *General Algebraic Modeling System (GAMS)* com os algoritmos de resolução *CPLEX* e *OSL*, ainda que bastante robusto, apresenta uma péssima interação com o usuário já na própria definição do modelo.

Os algoritmos de resolução *CPLEX* e *OSL* são indicados para modelos de programação linear, inteira e mista, enquanto que outros algoritmos como *MINOS* são indicados para modelos não-lineares.

O modelo implementado em *AMPL*, bem como a entrada de dados estão disponíveis no ANEXO A. Enquanto que no ANEXO B, dispõe-se o modelo implementado em *GAMS*.

Com o modelo implementado em GAMS para 11 *feeder ports* (FOR, SUA, SSA, RIO, SEP, SSZ, PNG, SFS, RIG, MVD, BUE) e os mesmos *feeder ports* como candidatos a *hub port*, para 4 regiões do mundo (EUR, MED, AMN e CAR), 4 tipos de contêineres (FCL_20, FCL_40, VAZ_20 e VAZ_40) e 2 sentidos de fluxo (importação e exportação), sendo assim totaliza-se 3.883 variáveis de decisão e 4.225 restrições.

Com os dados de entrada definido nas tabelas de 5.1 a 5.6 e o parâmetro N (número de *hub ports* que deverão ser alocados) igual a 1, obteve-se como solução ótima do modelo o Porto de Santos com custo total de US\$ 295,0 milhões.

Tem-se que 30% do Custo Total estão relacionados à parcela do *Custo Feeder*, isto é, a composição dos custos de viagem e os respectivos custos portuários no sistema de portos da Costa Leste da América do Sul. E os outros 70% referem-se aos Custos de *Transferência*, ou seja, o custo de viagem entre o *hub port* e o porto de destino, bem como os custos portuários associados, conforme podem ser observados na tabela 5.7.

Tabela 5.7: Composição dos Custos da Solução Ótima do Modelo

Parcela de Custo		10 ⁶ US\$	%
Custo Portuário dos <i>Feeders</i>		37,3	13%
Custo de Viagem entre <i>Feeder e Hub Port</i>		5,1	2%
Custo Portuário do <i>Hub</i>		45,3	15%
Custo Feeder		87,7	30%
Custo Portuário do <i>Hub</i>		71,3	24%
Custo de Viagem entre <i>Hub Port e Portos do Mundo</i>		48,1	16%
Custo Portuário no Mundo		87,9	30%
Custo Transferência		207,3	70%
Custo Total		295,0	100%

Na tabela 5.7 identifica-se que o Custo Portuário do *Hub* aparece na estrutura do Custo *Feeder*, bem como no Custo de Transferência, com isso esta parcela totaliza 39%, representando a maior parcela na estrutura do Custo Total.

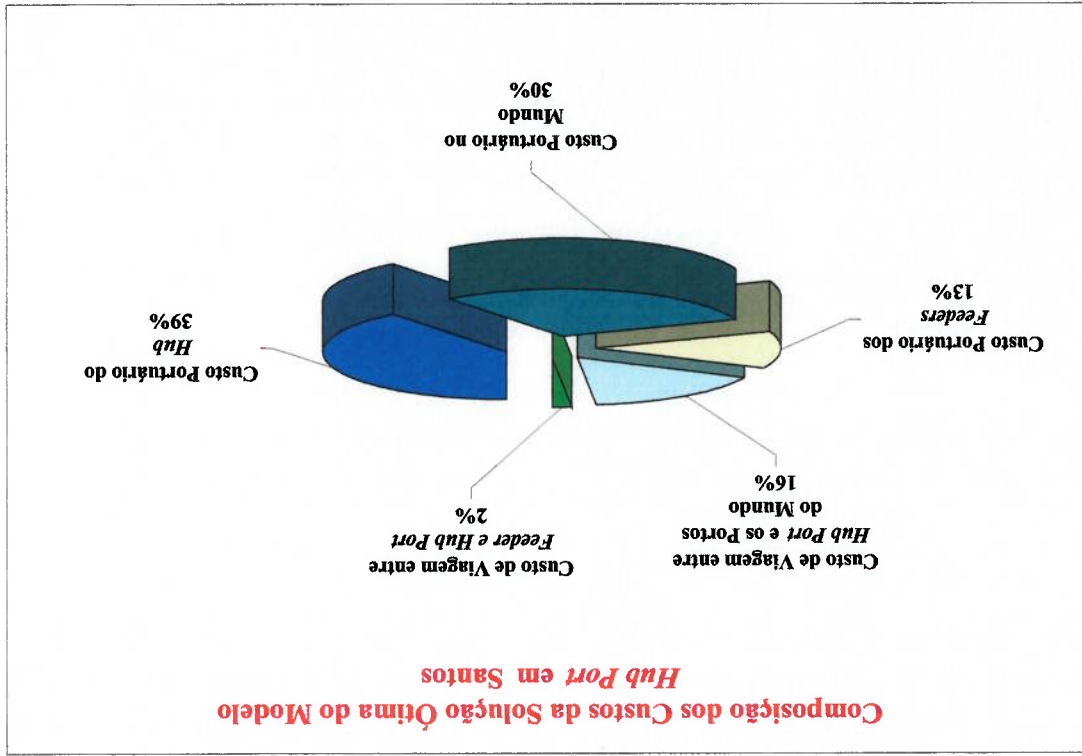


Figura 5.7: Composição dos Custos da Solução Ótima do Modelo com *Hub Port* em Santos

Na figura 5.7 são mostradas as parcelas componentes do Custo Total, tendo como menores parcelas aquelas referentes aos custos de viagem, que, somadas, contabilizam 18%. O Custo Portuário dos *Feeders* e o do *Hub* representam conjuntamente 52%, mostrando o impacto dos custos portuários da operação do *CHFS* na Costa Leste da América do Sul.

5.4.1. Cenários

Buscou-se com este modelo variar o número de *hubs* (N) que poderiam ser

alocados, ou seja, de 1 a 11, obtendo-se os resultados mostrados nas figuras 5.8 e 5.9,

bem como na tabela 5.8, compondo o conjunto de resultados o qual se denominará,

ao longo do presente trabalho, cenário *Atual_1* (solução ótima) para N igual a 1,

Atual_2 para N igual a 2 e assim sucessivamente até *Atual_11* para N igual a 11,

uma vez que os parâmetros definidos das tabelas de 5.1 a 5.6 não são alterados neste

cenário.

Na figura 5.8, pode-se facilmente observar que, quanto maior o número de

hubs alocados no modelo, menor é o *Custo Total*, ou seja, no limite em que se tem 11

hubs, toda a carga do porto de origem é enviada para o porto de destino através do

próprio porto de origem, não havendo, portanto, *hub port* na operação.

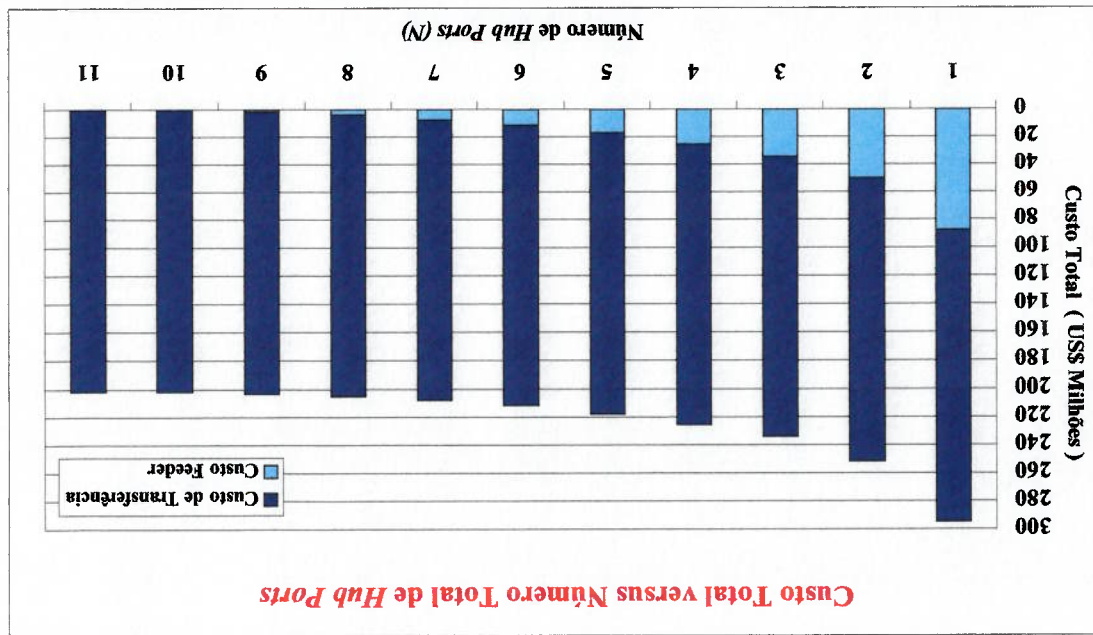


Figura 5.8: Custo Total versus Número Total de Hub Ports

Retomando a consideração de que para o cálculo dos custos de viagem da embarcação, utilizou-se uma regressão em função da capacidade em TEUs parametrizada pela distância em milhas náuticas, que foi apresentada na figura 5.1, tem-se que, ao interpretar o resultado da figura 5.8 para N igual a 11, não se pode dizer categoricamente que seja o valor do Custo Total para o *Multi-Port-Calls*, já que nesta operação o custo de uma viagem entre dois portos é um rateio do custo total da viagem redonda.

Todavia, pode-se considerar que o Custo Total para N igual a 11 seja um valor de referência a ser buscado através da análise de sensibilidade para que se avalie estrategicamente o *Container Hub Feeder Service (CHFS)* ante seu concorrente, o *Multi-Port-Calls*.

Com isso, mostra-se na figura 5.9 o percentual representado para cada alternativa de número de *hub ports* possíveis de serem alocados, isto é, para N igual a 11, tem-se que o Custo Total de US\$ 295,0 milhões é 146% em relação à N igual a 11 de US\$ 201 milhões e, consequentemente, 100%.

Na tabela 5.8, além dos valores e percentuais apresentados nas figuras 5.8 e 5.9, destaca-se a alocação dos *hub ports* para cada um dos 11 cenários, podendo, também, ser identificada a ordem em que os mesmos são alocados a medida que o número de *hub ports* aumenta. Assim sendo, a ordem de alocação dos *hubs* foi Santos (SSZ), Buenos Aires (BUE), São Francisco do Sul (SFS), Rio de Janeiro (RIO), Rio Grande (RIG), Suape (SUA), Salvador (SSA), Paranaguá (PNG), Fortaleza (FOR), Montevideu (MVD) e Sepetiba (SEP).

A tabela 5.9 é resultado da conjugação das tabelas 5.1 e 5.2 no intuito de avaliar a movimentação total de contêineres em TEU num determinado porto da Costa Leste da América do Sul, bem como comparar a ordem decrescente de movimentação desta tabela com a ordem de alocação dos *hub ports*. Deste modo, identifica-se que são diferentes a partir da quarta posição, quando Rio de Janeiro é o quarto para alocação de *hubs* e o sexto em movimentação.

Isto mostra que a alocação do *hub port* é sensível aos parâmetros de movimentação de contêineres e de custo de viagem e, ainda, das despesas portuárias.

Na tabela 5.8 observa-se que a solução ótima, considerando um único *hub port* (N igual a 1), é 46% maior que a solução para N igual a 11, sendo este último tomado como valor base ou de referência. Já para N igual a 2, em relação a N igual a 11, o percentual se reduz para 25%, mostrando uma redução bastante significativa quando comparado com N igual a 1.

Figura 5.9: Percentual do Custo Total com base 100% para N igual a 11

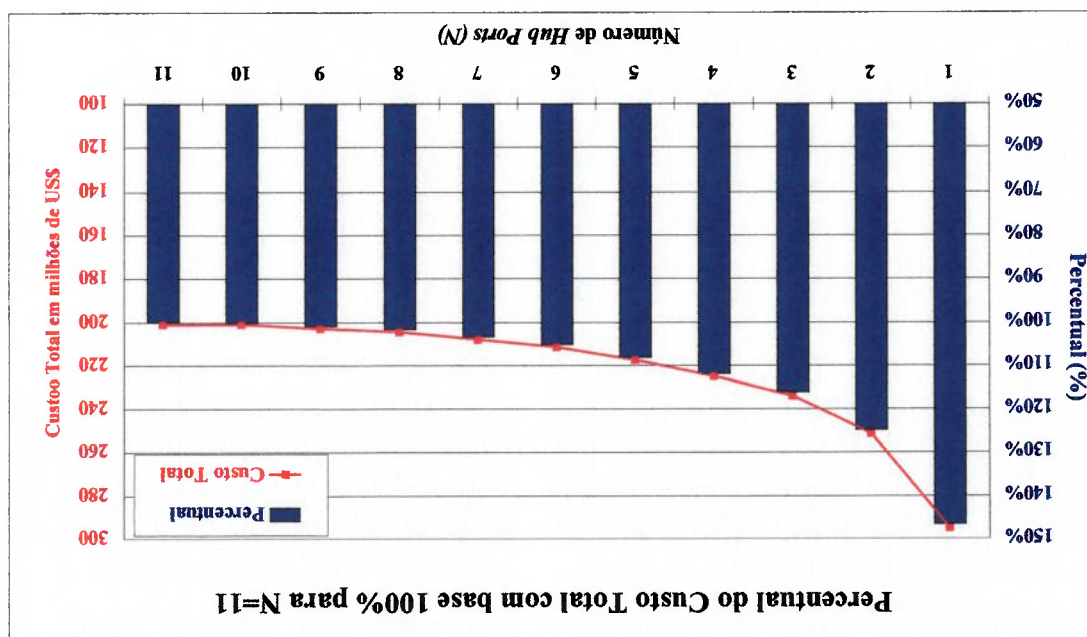


Tabela 5.9: Movimentação de Contêineres nos Portos da Costa Leste da América do Sul

unidades	Importação				Exportação				Cheio		Vazio		Total TEU
	FCL 20	FCL 40	VAZ 20	VAZ 40	FCL 20	FCL 40	VAZ 20	VAZ 40	TEU	TEU	TEU	TEU	
SSZ	41.021	26.037	1.678	1.661	40.371	20.175	2.328	7.523	173.816	22.374	196.190		
BUF	24.885	22.058	1.531	773	20.041	13.948	6.375	8.883	116.938	27.218	144.156		
SFS	5.304	1.958	4.094	8.438	9.394	10.392	4	4	39.398	20.982	60.380		
RIG	3.960	2.005	338	8.317	3.964	10.318	334	4	32.570	17.314	49.884		
PNG	3.635	7.668	152	221	2.345	5.358	1.442	2.531	32.032	7.098	39.130		
RIO	8.517	4.047	2.592	149	10.981	2.155	128	2.041	31.902	7.100	39.002		
SUA	3.779	2.770	328	566	2.802	3.272	1.305	64	18.665	2.893	21.558		
SSA	1.826	1.452	2.300	1.091	4.122	2.539	4	4	13.930	4.494	18.424		
FOR	405	275	1.843	948	2.202	1.145	46	78	5.447	3.941	9.388		
MVD	1.791	1.274	4	4	887	615	908	663	6.456	2.246	8.702		
SEP	4	4	4	4	4	4	4	4	24	24	48		
Total	95.127	69.548	14.864	22.172	97.113	69.921	12.878	21.799	471.178	115.684	586.862		

Buscando atingir o valor de referência de US\$ 201,5 milhões (N igual a 11) procurou-se diminuir os custos portuários e os custos de viagem em relação ao cenário $Atual_1$ (solução ótima) de US\$ 295,0 milhões, gerando um conjunto de cenários descritos na tabela 5.10.

Tabela 5.10: Descrição dos Cenários

Cenário	Descrição
$Atual_*$	$Atual_1, Actual_2, \dots, Actual_{11}$ referem-se aos dados de entrada das tabelas de 5.1 a 5.6.
V^*_I	Diminui-se em torno de 10% os custos de viagem de <i>feeder</i> e de transferência.
V^*_{II}	Diminui-se em torno de 20% os custos de viagem de <i>feeder</i> e de transferência.
VP^*_I	Diminui-se em torno de 10% os custos de viagem de <i>feeder</i> e de transferência e, concomitantemente, os custos portuários até atingir o valor de referência.
VP^*_{II}	Diminui-se em torno de 20% os custos de viagem de <i>feeder</i> e de transferência e, concomitantemente, os custos portuários até atingir o valor de referência.

*** significa o número de *hub ports* a serem alocados (1, 2, ..., 11)

Enfocando-se primeiramente o aspecto do custo de viagem marítima, deve-se retornar a figura 5.1 e a tabela 5.6, em que se avaliou para o cenário atual o custo de 8,50 US\$/TEU * milhas náuticas por TEU, utilizando um navio de 800 TEUs do tipo *Geared*. Entretanto, foi necessário gerar outras opções de custo de viagem marítima, as quais estão apresentadas na tabela 5.11, cujos valores estão sendo aplicados para a presente proposta de análise.

Tabela 5.11: Custos Unitários de Transporte por Tipo de Viagem

Tipo de Viagem	Parâmetro	Custo Unitário de Transporte	Capacidade do Navio	Tipo do Navio	Cenários							
					N=1		N=2		N=11			
<i>Feeder</i>	CVU_F_H_M	US\$/TEU * milhas náuticas	TEU	Geared	Atual_1		Atual_2		Atual_11			
					V_1_I	VP_1_I	V_2_I	VP_2_I	-	-		
					V_1_II	VP_1_II	V_2_II	VP_2_II	-	-		
					7,50	1.500	Geared	Atual_1		Atual_2		Atual_11
					6,75	2.000	Geared	V_1_I	VP_1_I	V_2_I	VP_2_I	-
					7,50	1.500	Geared	V_1_II	VP_1_II	V_2_II	VP_2_II	-
Transferência	CVU_H_W			Gearless	Atual_1		Atual_2		Atual_11			
					V_1_I	VP_1_I	V_2_I	VP_2_I	-	-		
					V_1_II	VP_1_II	V_2_II	VP_2_II	-	-		
		6,50	2.500	Gearless								
		6,00	3.500	Gearless								

Tabela 5.12: Cenários: Influência dos Custos de Viagem e Tarifas Portuárias no Modelo

Cenário	Número de Hubs	Diminuição no Custo Unitário de Transporte		Diminuição no Total das Tarifas Portuárias %	Custo Total US\$ milhões	Decisão Hub Port(s)	Economia %
		Transferência	Feeder				
Atual_1	N=1	-	-	-	295,0	Santos	-
V_1_I	N=1	12%	13%	-	288,1	Santos	2,3%
VP_1_I	N=1	12%	13%	36%	201,1	Santos	31,8%
V_1_II	N=1	21%	20%	-	283,4	Buenos Aires	3,9%
VP_1_II	N=1	21%	20%	34%	202,1	Santos	31,5%
Atual_2	N=2	-	-	-	251,3	Santos Buenos Aires	14,8%
V_2_I	N=2	12%	13%	-	243,9	Santos Buenos Aires	17,3%
VP_2_I	N=2	12%	13%	22%	201,3	Santos Buenos Aires	31,8%
V_2_II	N=2	21%	20%	-	239,7	Santos Buenos Aires	18,7%
VP_2_II	N=2	21%	20%	20%	201,0	Santos Buenos Aires	31,9%
Atual_11	N=11	-	-	-	201,5	todos	31,7%

De posse dos valores a serem testados a partir da tabela 5.11, buscou-se avaliar o impacto tão somente dos custos de viagem marítima no custo total do *CHFS* e, posteriormente, o impacto conjunto destes com o valor que deveria ser descontado das tarifas portuárias com objetivo de atingir o valor de referência (N igual a 1) de US\$ 201,5 milhões, cujos resultados são mostrados na tabela 5.12.

Na tabela 5.12 pode-se observar através do cenário V_{1I} que uma diminuição de 12% e 13% nos custos unitários de transporte de transferência e *feeder*, respectivamente, geram uma economia de apenas 2,3% no custo total do *CHFS*. Além disso, se tais parâmetros de diminuição fossem ainda maiores, ou seja, para 21% e 20%, respectivamente, a economia gerada, ainda, continuaria pequena, sendo de 3,9% como mostrada no cenário V_{1II} . Com isso, pode-se afirmar que a parcela do custo de transporte marítimo e/ou rodoviário no *CHFS* tem pequena representatividade.

Com isso, torna-se imperativo que a diminuição nas tarifas portuárias seja em torno de 35% nos cenários com um único *hub port* (N igual a 1) para que o valor de referência de 201,5 milhões seja atingido.

Analogamente ao desenvolvido para N igual a 1, buscou-se avaliar qual a diminuição necessária nas tarifas portuárias quando se opta por operar com dois *hubs ports* (N igual a 2), já que similarmente ao ocorrido em N igual a 1, a economia no custo total gerada pela diminuição dos custos de viagem marítimos foi bem reduzida, refletindo uma necessidade de redução de 22% e 20% nas tarifas portuárias para os cenários V_{2I} e V_{2II} , respectivamente.

Lembrando que N igual a 2 já acarreta necessariamente uma economia de aproximadamente 15%, uma vez que os contêineres dos portos de Santos e Buenos Aires não são deslocados na operação *feeder*.

5.4.2. Análise de Sensibilidade

A finalidade desta análise é avaliar o impacto na solução ótima do modelo armador a partir da variação nos parâmetros de entrada, principalmente, em três grandes grupos: fluxo de contêineres, despesas portuárias (THC e Entrada e Saída de Navios) e custo de viagem marítima.

Na elaboração dos cenários para a análise de sensibilidade, buscou-se avaliar os valores que deveriam ser alterados para mudar a decisão do(s) *hub(s) port(s)* ou simplesmente para que o custo total pudesse atingir o valor de referência, tomando o custo total de US\$ 201,5 milhões para N igual a 11 no cenário Atual_11 apresentado na tabela 5.8 e figura 5.9 como sendo tal valor.

No cenário atual, a solução ótima definida para um único *hub port* (N igual a 1) foi Santos com um custo total de US\$ 295,0 milhões. A partir desta solução ótima, procurou-se avaliar quais os valores críticos que pudessem modificar a solução ótima, buscando verificar outros portos concorrentes como Buenos Aires, Sepetiba e Suape.

No caso de Buenos Aires, existem pelo menos três fatores que poderiam ser aplicados independentemente para torná-lo *hub port*:

- Aumentar em 5% a demanda definida na tabela 5.9, ou seja, dos atuais 144 mil TEUs para 151 mil TEUs, ressaltando que mesmo com este

- Diminuir em 2% as taxas portuárias de Buenos Aires, o que implica diminuir dos atuais US\$ 135,00 para FCL_20, US\$ 155,00 para FCL_40, US\$ 67,50 para VAZ_20, US\$ 77,50 para VAZ_40, passando para US\$ 132,30, US\$ 151,90, US\$ 66,15 e US\$ 75,95, respectivamente;
 - Diminuir somente a THC em 3%.
- Com referência, desta vez, ao Porto de Sepetiba para que possa ser o único *hub port*, podem-se alterar independentemente os seguintes fatores:
- Aumentar para 41 mil TEUs a movimentação de contêineres cheios, tanto na importação quanto na exportação, colocando o Porto de Sepetiba na quinta colocação de acordo com a tabela 5.9;
 - Diminuir em 1% as taxas portuárias;
 - Diminuir em 13% a THC.
- Já com relação ao Porto de Suape tem-se os seguintes itens para torná-lo único *hub port*:
- Aumentar em 350% a movimentação de todos os tipos de contêineres, refletindo um montante total de 97 mil TEUs, ocupando a terceira de acordo com a ordem da tabela 5.9;
 - Diminuir em 20% as taxas portuárias;
 - Diminuir a THC em 28%.

6. CONCLUSÕES

O *Container Hub Feeder Service (CHFS)* teve seu desenvolvimento tanto na Europa quanto na Ásia através do aumento gradativo da demanda na movimentação de contêineres, ou seja, a concentração de carga surge como decorrência da necessidade de implantação de uma nova sistemática organizacional que busque ganhos econômicos e operacionais justificáveis para tal tipo de serviço.

Segundo ZACHIAL (1993), a previsão de movimentação para 1995 no norte da Europa seria de 17 milhões de TEUs, enquanto que na Ásia para 1994, estima-se que tenham sido movimentados cerca 15,4 milhões de TEUs segundo ROBINSON (1998). Deste modo, ao se comparar aos 4,1 milhões TEUs movimentados em 2000 na Costa Leste da América do Sul pode-se dizer que ainda não há escala suficiente para justificar a implantação do CHFS.

Considerando a taxa de crescimento médio dos portos de Buenos Aires, Montevideu e Santos, no período de 1990 a 2000, de 12,6% ao ano e aplicá-la à movimentação da Costa Leste da América do Sul de 4,1 milhões de TEUs, conclui-se que somente a partir de 2011 poder-se-ia chegar a uma movimentação da ordem de 15 milhões de TEUs.

Retomando a discussão inicial, que motivou a presente pesquisa, a partir da seguinte frase: "NÃO EXISTE HUB PORT POR DECRETO" pode-se argumentar com base na análise quantitativa e qualitativa do capítulo 3, em que um único *hub port* não terá capacidade para realizar toda a movimentação de contêineres de 4,1 milhões de TEUs, muito menos com a previsão de crescimento da ordem de 12,6% ao ano. Deste modo, as somas das capacidades de Santos e Buenos Aires n seriam

suficientes para concentrar os fluxos dos portos da Costa Leste da América do Sul. Com isso, os portos de Sepetiba e Suape surgem como opções para viabilizarem a operação do *CHFS*.

Na revisão bibliográfica desenvolvida no capítulo 4 foram discutidos quatro tipos de modelos de localização aplicados especificamente à localização de *hub* através de programação inteira propostos por CAMPBELL (1994), dentre os quais se escolheu como base o modelo *P-Hub Median (P-HM)*.

Com o modelo *P-HM* escolhido para a resolução, foi necessário, também, definir a abordagem do problema de localização de *hub port*. Segundo ZAN (1999), existem três participantes a serem considerados no mercado de transporte marítimo contorneizado: administração portuária, embarcadores domésticos e transportadores (companhias de navegação regulares), tendo sido escolhido este último para o desenvolvimento da presente dissertação. Lembrando que no capítulo 7 discutem-se as outras duas primeiras abordagens que poderiam ter continuidade na pesquisa acadêmica.

Deste modo, desenvolveu-se ao longo do capítulo 5 o modelo armador, que se baseou na *P-HM* e, sob o enfoque do armador, buscar melhor explicitar a função custo, bem como tratar separadamente fluxos de importação e exportação entre os *feeder ports* e os portos de destino no mundo, realizados via um ou mais *hub ports*. Na comparação direta entre os *hub ports* Buenos Aires e Santos, no caso de um único *hub port*, pode-se afirmar que a decisão é indiferente, uma vez que a análise de sensibilidade mostrou que com um aumento da demanda de 5% ou diminuição da tarifa portuária de 2% de Buenos Aires, este seria o *hub port* preferido ao invés de Santos.

Na análise de sensibilidade da decisão de único *hub port* para Sepetiba e Suape seria necessário que as tarifas portuárias diminuíssem de 11% e 20%, respectivamente. Neste caso, a solução não é de indiferença, mas pode-se afirmar que não seja de difícil obtenção.

Outra questão importante é quanto à decisão do armador de realizar a operação através do *CHFS* com um único *hub port*, em que seria necessário diminuir em torno de 12% os custos e viagem e de 34% dos custos portuários para que seja viável utilizar tal sistemática de operação.

7. RECOMENDAÇÕES

ZAN (1999) mostrou que existem três principais participantes no mercado de

transporte marítimo conteneurizado: administração portuária, transportador e embarcador, sendo que a presente dissertação se desenvolveu a partir da perspectiva do transportador, o que significou elaborar um modelo estratégico sob a ótica do armador.

Entretanto, a pesquisa poderia ter sua continuidade na medida em que se buscaria o seguinte:

✓ **Administração Portuária:** formulação de um modelo matemático que auxilie no estabelecimento das tarifas portuárias com objetivo de tornar o porto e/ou terminal mais competitivo em relação aos outros, considerando a estrutura de custos de manuseio, movimentação, bem como a manutenção do calado nos canais de acesso e bergos de atracação e, ainda, as perspectivas de investimento no aumento de calado e produtividade dos terminais;

✓ **Embarcador:** ao considerar a perspectiva do embarcador, ou seja, o dono da carga, o objetivo poderia ser o de minimizar o custo da operação logística, entendida a partir do despacho do contêiner de sua unidade produtiva até o destino final no cliente, passando pela decisão de escolha do modal e do porto de origem e de destino, englobando desta maneira a definição da rede logística que minimize o custo total da operação, podendo até considerar centros intermodais de carga;

✓ **Transportador:** a pesquisa de mestrado ora apresentada partiu sob o enfoque do armador em suas operações de longo curso, cabendo ressaltar que há um sinergismo com as operações de cabotagem. Portanto, a formulação do atual problema poderia se estender para conjugar não somente um *hub port*, como também as rotas da cabotagem desenvolvidas em ONO (2001), aumentando a demanda no sistema bem como as opções de avaliação da operação do armador.

1. BARCO, B. L. *A logística do contêiner vazio*. São Paulo, 1998. 106p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
2. BRAMEL, J., SIMCHI-LEVI, D. *The Logic of Logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management*. New York, Springer, 1997. p.201-17.
3. BROOKE, A., KENDRIK, D., MEERBAUS, A. *General Algebraic Modeling System - GAMS*. São Paulo, Edgard Blucher, 1997.
4. CAMPBELL, J. F. Integer Programming Formulations of Discrete Hub Location Problems. *European Journal of Operations Research*, v. 72, p. 387-405, 1994.
5. MENTZ DECKER & CO HAMBURG. Charter report. *Containerisation International*, v.34, n.4, p.26-27, Apr. 2001.
6. COSTA, G. A. A. *Brazilian Port Development*. São Paulo, EPUSP, 16 fev. 2001. /Palestra proferida no Depto. de Eng. Naval e Oceânica da EPUSP. Xerocopiado/
7. CRAINIC, T. G., LAPORT G. Planning models for freight transportation. *European Journal of Operations Research*, v. 97, p. 409-38, 1997.
8. HESSEL, R., SCHED, R. Porto brasileiro atinge os custos internacionais: Vantagens não são repassadas a exportadores. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, 30 set. 1999.
9. GEIPOT. *Acompanhamento dos Preços e Desempenho Operacional dos Serviços Portuários*. Brasília, Ministério dos Transportes – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, 2000. Disponível em:

8. BIBLIOGRAFIA

- <http://www.geipot.gov.br/estudos_realizados/servicosportuarios/relatorio_final.doc>. Acesso em 4 abr. 2001.
10. Fleming, D. K. World container port rankings. *Maritime Policy Management*, v.24, n.2, p. 175-81, 1997.
11. FOURER, R., GAY D. M., KERNGHAN B. W. *A Modeling Language for Mathematical Programming*: AMPL. Belmont, Duxbury, 1997.
12. MARTOS, A. C. *Projeto de redes logísticas com consideração de estoques e modais: aplicação de programação linear inteira mista à indústria petroquímica*. São Paulo, 2000. 98p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
13. MEDINA, A. C. *Modelos para dimensionamento de frota e localização de embarcações para atendimento de acidentes marítimos*. São Paulo, 1996. 240p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
14. ONO, R. T. *Estudo de viabilidade de transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira*. São Paulo, 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
15. REVISTA PORTOS E NAVIOS. *Especial Sepetiba*. Rio de Janeiro, v.449, jun. 1998. Suplemento Especial.
16. ROBINSON, R. Asian Hub / Feeder Nets: The Dynamics of Restructuring. *Maritime Policy Management*, v. 25, p. 21-40, 1998.
17. SGT, M. *La Evolucion Reciente y El Futuro Del Puerto de Buenos Aires*. Buenos Aires, Asociacion de Puertos Privados MERCOSUR, 1999. /Xerocopiado/

18. ZACHIAL, M. Assessment of Land/Sea Feeder Traffic Flows in Europe. In: First European Research Roundtable Conference on Shortsea Shipping, 1, Technical University Delft, The Netherlands, 26-27 nov. 1992. *European Shortsea Shipping*. London, Lloyd's, 1993. p.316-27.
19. ZAN, YANG. Analysis of container port policy by the reaction of an equilibrium shipping market. *Maritime Policy Management*, v. 26, p. 369-81, 1999.
20. ZANCANER, A. Cadé o Contêiner ? *Revista Trade and Transport*, v.45, p. 6-20, fev. 2001.

ANEXO A: MODELO ARMADOR EM AMPL

Modelo Armador na linguagem AMPL

```
# Conjuntos
set AM_SUL; # portos feeder da America do Sul f
set MUNDO; # portos do Mundo m
set HUB; # candidatos a hub k
set CONTAINER; # tipos de container c
set FLUXO; # sentido do fluxo s do container c: importacao e
exportacao

# Parametros
param N >= 0; # numero de hubs
param W {AM_SUL, MUNDO, CONTAINER, FLUXO} >= 0; # fluxo de
exportacao do feeder f para destino no mundo m do container c
param DELTA_D >= 0; # variacao na demanda
param BETA_C_F {AM_SUL} >= 0; # variacao no custo de movimentacao do
container no feeder f
param BETA_N_F {AM_SUL} >= 0; # variacao no custo de entrada/saida
do navio no feeder f
param CP_C_F {AM_SUL, CONTAINER} >= 0; # custo unitario de
movimentacao no feeder f do container c
param CP_N_F {AM_SUL, CONTAINER} >= 0; # custo unitario de
entrada/saida no feeder f do container c
param BETA_C_H {HUB} >= 0; # variacao no custo de movimentacao do
container no hub k
param BETA_N_H {HUB} >= 0; # variacao no custo de entrada/saida do
navio no hub k
param CP_C_H {HUB, CONTAINER} >= 0; # custo unitario de movimentacao
no hub k do container c
param CP_N_H {HUB, CONTAINER} >= 0; # custo unitario de
entrada/saida no hub k do container c
param BETA_C_W {MUNDO} >= 0; # variacao no custo de movimentacao do
container no mundo m
param BETA_N_W {MUNDO} >= 0; # variacao no custo de entrada/saida do
navio no mundo m
```

```

param CP_C_W {MUNDO, CONTAINER} >= 0; # custo unitario de
movimentacao no mundo m do container c
param CP_N_W {MUNDO, CONTAINER} >= 0; # custo unitario de
entrada/saida no mundo m do container c
param ALFA_F_H_M >= 0, <= 1; # economia de escala no trecho entre os
portos feeders e o(s) hub(s) pelo modal maritimo
param CVU_F_H_M {CONTAINER} >= 0; # custo unitario do navio por dia
por container c entre os portos # feeders e o(s) hub(s)
param VELOC_F_H >= 0; # velocidade em knots da embarcacao considerada
no transporte feeder
param DIST_F_H_M {AM_SUL, HUB} >= 0; # distancia em MIN entre os
portos feeders f e o hub k
param ALFA_F_H_R >= 0, <= 1; # economia de escala no trecho entre os
portos feeders e o(s) hub(s) # pelo modal rodoviario
param CVU_F_H_R >= 0; # custo unitario em km
param DIST_F_H_R {AM_SUL, HUB} >= 0; # distancia em km entre os
portos feeders f e o hub k
param ALFA_H_W >= 0, <= 1; # economia de escala no trecho entre
o(s) hub(s) e os portos do mundo m
param CVU_H_W {CONTAINER} >= 0; # custo unitario do navio por dia
por container c
param VELOC_H_W >= 0; # velocidade em knots da embarcacao considerada
do mundo m
param DIST_H_W {HUB, MUNDO} >= 0; # distancia entre o hub k e o porto
do mundo m
# Variaveis de Decisao
var Y {HUB} binary; # se o candidato a hub k e alocado
var X {AM_SUL, HUB, MUNDO, CONTAINER, FLUXO} >= 0, <= 1; # fraccao do
fluxo do feeder f para o mundo m passando pelo hub k com o container
c com o sentido do fluxo s
# Funcao Objetivo
minimize total_cost:
sum {f in AM_SUL, k in HUB, m in MUNDO, c in CONTAINER, s in FLUXO}
((min (((BETA_C[f,f] * CP_C[f,c] + BETA_N[f,f] * CP_N[f,c]) +
(ALFA_F_H_M * CVU_F_H_M[c] * (DIST_F_H_M[f,k])/(24 *
VELOC_F_H))))))

```

```

(BETA_C_H[k] * CP_C_H[k,c] + BETA_N_H[k] * CP_N_H[k,c])) +
, (ALFA_F_H_R * CVU_F_H_R * DIST_F_H_R [f,k])) +
(BETA_C_H[k] * CP_C_H[k,c] + BETA_N_H[k] * CP_N_H[k,c]) +
(ALFA_H_W * CVU_H_W[c] * (DIST_H_W[k, m]/(24 * VELOC_H_W))) +
(BETA_C_W[m] * CP_C_W[m,c] + BETA_N_W[m] * CP_N_W[m,c]))
* X[f,k,m,c,s] * round(DELTA_D * W[f,m,c,s]);

# Restricoes
subject to Total_Hubs:
sum {k in HUB} Y [k] = N;
subject to Fluxo {f in AM_SUL, m in MUNDO, c in CONTEINER, s in
FLUXO}:
sum {k in HUB} X[f,k,m,c,s] = 1;
subject to Alocacao_Hub_Feeder {f in AM_SUL, k in HUB, m in MUNDO, c
in CONTEINER, s in FLUXO}:
X[f,k,m,c,s] <= Y [k];

```

Base de Dados do Modelo Armador na linguagem AMPL

```

set AM_SUL :=
SUA
SSA
RIO
SSZ
PNG
SFS
RIG
MVD
BUE;

set MUNDO :=
EUR
AMN;

set HUB :=
SEP
SSZ
BUE;

set CONTEINER :=
FCL_20
FCL_40;

```

set FLUXO :=

EXP

IMP

;

param N := 3;

param W :=

SUA	AMN	FCL_20	EXP	526
SUA	EUR	FCL_20	EXP	1801
SSA	AMN	FCL_20	EXP	477
SSA	EUR	FCL_20	EXP	2731
RIO	AMN	FCL_20	EXP	4349
RIO	EUR	FCL_20	EXP	4152
SSZ	AMN	FCL_20	EXP	7213
SSZ	EUR	FCL_20	EXP	26818
PNG	AMN	FCL_20	EXP	924
PNG	EUR	FCL_20	EXP	1089
SFS	AMN	FCL_20	EXP	1487
SFS	EUR	FCL_20	EXP	7157
RIG	AMN	FCL_20	EXP	1556
RIG	EUR	FCL_20	EXP	1661
MVD	AMN	FCL_20	EXP	0
MVD	EUR	FCL_20	EXP	656
BUE	AMN	FCL_20	EXP	3966
BUE	EUR	FCL_20	EXP	12653
SUA	AMN	FCL_40	EXP	1702
SUA	EUR	FCL_40	EXP	1437
SSA	AMN	FCL_40	EXP	456
SSA	EUR	FCL_40	EXP	1483
RIO	AMN	FCL_40	EXP	797
RIO	EUR	FCL_40	EXP	616
SSZ	AMN	FCL_40	EXP	6230
SSZ	EUR	FCL_40	EXP	9777
PNG	AMN	FCL_40	EXP	1198
PNG	EUR	FCL_40	EXP	3346
SFS	AMN	FCL_40	EXP	2826
SFS	EUR	FCL_40	EXP	6486
RIG	AMN	FCL_40	EXP	5186
RIG	EUR	FCL_40	EXP	3198
MVD	AMN	FCL_40	EXP	0
MVD	EUR	FCL_40	EXP	400
BUE	AMN	FCL_40	EXP	5297
BUE	EUR	FCL_40	EXP	6557
SUA	AMN	FCL_20	IMP	1697
SUA	EUR	FCL_20	IMP	1931
SSA	AMN	FCL_20	IMP	258
SSA	EUR	FCL_20	IMP	1301
RIO	AMN	FCL_20	IMP	2503
RIO	EUR	FCL_20	IMP	3757
SSZ	AMN	FCL_20	IMP	6365
SSZ	EUR	FCL_20	IMP	27802
PNG	AMN	FCL_20	IMP	837
PNG	EUR	FCL_20	IMP	2260
SFS	AMN	FCL_20	IMP	256
SFS	EUR	FCL_20	IMP	4686
RIG	AMN	FCL_20	IMP	1290
RIG	EUR	FCL_20	IMP	1922

```

param CP_C_F :=
SUA FCL_20 108.94
SSA FCL_20 138.40
RIO FCL_20 143.67
SSZ FCL_20 166.57
PNG FCL_20 127.23
SFS FCL_20 109.07
RIG FCL_20 146.52

```

```

;
SUA 1
SSA 1
RIO 1
SSZ 1
PNG 1
SFS 1
RIG 1
MVD 1
BUE 1
;
param BETA_N_F :=

```

```

SUA 1
SSA 1
RIO 1
SSZ 1
PNG 1
SFS 1
RIG 1
MVD 1
BUE 1
;
param BETA_C_F :=

```

```

param DELTA_D := 1;

```

```

MVD AMN FCL_20 0
MVD EUR FCL_20 1222
BUE AMN FCL_20 4494
BUE EUR FCL_20 17852
SUA AMN FCL_40 1246
SUA EUR FCL_40 1331
SSA AMN FCL_40 266
SSA EUR FCL_40 924
RIO AMN FCL_40 1372
RIO EUR FCL_40 1858
SSZ AMN FCL_40 9654
SSZ EUR FCL_40 12935
PNG AMN FCL_40 2292
PNG EUR FCL_40 3930
SFS AMN FCL_40 376
SFS EUR FCL_40 1406
RIG AMN FCL_40 1174
RIG EUR FCL_40 549
MVD AMN FCL_40 0
MVD EUR FCL_40 640
BUE AMN FCL_40 7042
BUE EUR FCL_40 12846

```

```

param CP_N_H :=
  SEP FCL_20 20.57
  SSZ FCL_20 27.43

```

```

param CP_C_H :=
  SEP FCL_20 124.93
  SSZ FCL_20 166.57
  BUE FCL_20 120.00
  SEP FCL_40 124.93
  SSZ FCL_40 166.57
  BUE FCL_40 140.00

```

```

param BETA_N_H :=
  SEP 1
  SSZ 1
  BUE 1

```

```

param BETA_C_H :=
  SEP 1
  SSZ 1
  BUE 1

```

```

param CP_N_F :=
  SUA FCL_20 47.57
  SSA FCL_20 52.35
  RIO FCL_20 28.79
  SSZ FCL_20 27.43
  PNG FCL_20 52.38
  SFS FCL_20 40.85
  RIG FCL_20 37.77
  MVD FCL_20 15.00
  BUE FCL_20 15.00
  SUA FCL_40 47.57
  SSA FCL_40 52.35
  RIO FCL_40 28.79
  SSZ FCL_40 27.43
  PNG FCL_40 52.38
  SFS FCL_40 40.85
  RIG FCL_40 37.77
  MVD FCL_40 15.00
  BUE FCL_40 15.00

```

```

MVD FCL_20 130.00
BUE FCL_20 120.00
SUA FCL_40 108.94
SSA FCL_40 138.40
RIO FCL_40 143.67
SSZ FCL_40 166.57
PNG FCL_40 127.23
SFS FCL_40 109.07
RIG FCL_40 146.52
MVD FCL_40 150.00
BUE FCL_40 140.00

```

```

RIG 411 BUE
RIG 598 SSZ
RIG 714 SEP
SFS 759 BUE
SFS 206 SSZ
SFS 348 SEP
PNG 813 BUE
PNG 161 SSZ
PNG 303 SEP
SSZ 973 BUE
SSZ 0
SSZ 146 SEP
RIO 1155 BUE
RIO 197 SSZ
RIO 51 SEP
SSA 1767 BUE
SSA 804 SSZ
SSA 707 SEP
SUA 2157 BUE
SUA 1174 SSZ
SUA SEP 1073
param VELOC_F_H_M := 20.0;
;
FCL_40 17.0
FCL_20 8.5
param CVU_F_H_M :=
param ALFA_F_H_M := 1;
;
AMN FCL_40 5.00
EUR FCL_40 5.00
AMN FCL_20 5.00
EUR FCL_20 5.00
param CP_N_W :=
;
AMN FCL_40 150.00
EUR FCL_40 120.00
AMN FCL_20 120.00
EUR FCL_20 96.00
param CP_C_W :=
;
AMN 1
EUR 1
param BETA_N_W :=
;
AMN 1
EUR 1
param BETA_C_W :=
;
BUE FCL_20 15.00
SSZ FCL_40 27.43
SEP FCL_40 20.57
BUE FCL_40 15.00

```



```

param VELOC_H W := 20;
param DIST_H W :=
SEP EUR 5385
SEP AMN 4811
SSZ EUR 5504
SSZ AMN 4930
BUE EUR 6461
BUE AMN 5887
;
```

```

param ALFA_H W := 1;
param CVU_H W :=
FCL_20 7.50
FCL_40 15.00
;
```

```

param ALFA_F_H R := 1;
param CVU_F_H R := 1;
param DIST_F_H R :=
SUA SEP 2378
SUA SSZ 2692
SUA BUE 4795
SSA SEP 1729
SSA SSZ 2034
SSA BUE 4182
RIO SEP 80
RIO SSZ 501
RIO BUE 2644
SSZ SEP 421
SSZ SSZ 0
SSZ BUE 2277
PNG SEP 801
PNG SSZ 514
PNG BUE 1817
SFS SEP 866
SFS SSZ 540
SFS BUE 1763
RIG SEP 1758
RIG SSZ 1349
RIG BUE 1279
MVD SEP 2593
MVD SSZ 2306
MVD BUE 377
BUE SEP 2564
BUE SSZ 2277
BUE BUE 0
;
```

```

MVD SEP 1011
MVD SSZ 887
MVD BUE 129
BUE SEP 1104
BUE SSZ 973
BUE BUE 0
;
```

ANEXO B: MODELO ARMADOR EM GAMS

```
$ TITLE Modelo AVERSA (AVERSA , SEQ=1)
$ OFFUPPER
=====
*
*
* DATA : 21 de MAIO de 2001. versao 1.0
*
*
*
*
* Minimiza o tamanho do arquivo de saída
*
=====
*
*
* $offlisting
* $oftsymxref oftymlist
* option limrow = 0;
* option limcol = 0;
* option solprint = off;
* option sysout = off;
*
* INDICES
*
=====
*
*
* SETS
* AM_SUL portos feeder da America do Sul(F)
  / FORF , SUAF , SSAF , RIOF , SEPF , SSZF , PNGF , SFSF ,
  RIGF , MWDF , BUZF /
* HUB candidatos a hub(k)
  / FOR , SUA , SSA , RIO , SEF , SSZ , PNG , SFS , RIG ,
  MVD , BUE /
* MUNDO portos do Mundo(m)
  / EUR , MED , AMN , CAR /
* CONTAINER tipos de container(c)
  / FCL_20 , FCL_40 , VAZ_20 , VAZ_40 /
* FLUXO sentido do Fluxo s do container c : importacao e exportacao
  / EXP , IMPO /
*
* ALIAS (f , AM_SUL):
```

ALIAS (k, HUB);
 ALIAS (m, MUNDO);
 ALIAS (c, CONTAINER);
 ALIAS (s, FLUXO);

* PARAMETROS

=====
 *
 =====

SCALAR N numero de hubs;
 N = 1.0;

TABLE W(AM_SUL, MUNDO, CONTAINER, FLUXO) fluxo de exportacao do
 feeder f para destino no mundo m do container c
 \$include "D_w.prn"
 ;

TABLE DELTA D(AM_SUL, CONTAINER) variacao na demanda por feeder
 port f por tipo de container c

	FCL_20	FCL_40	VAZ_20	VAZ_40
FORF	1.00	1.00	1.00	1.00
SUAF	1.00	1.00	1.00	1.00
SSAF	1.00	1.00	1.00	1.00
RIOF	1.00	1.00	1.00	1.00
SEPF	1.00	1.00	1.00	1.00
SSZF	1.00	1.00	1.00	1.00
PNGF	1.00	1.00	1.00	1.00
SFSF	1.00	1.00	1.00	1.00
RIGF	1.00	1.00	1.00	1.00
MVDF	1.00	1.00	1.00	1.00
BUFF	1.00	1.00	1.00	1.00

PARAMETER BETA_C F(AM_SUL) variacao no custo de movimentacao do
 container no feeder f

/ FORF = 1.0

SUAF = 1.0

SSAF = 1.0

RIOF = 1.0

SEPF = 1.0

SSZF = 1.0

PNGF = 1.0

SFSF = 1.0

RIGF = 1.0

MVDF = 1.0

BUFF = 1.0 /;

PARAMETER BETA_N F(AM_SUL) variacao no custo de entrada saida do
 navio no feeder f

/ FORF = 1.0

SUAF = 1.0

SSAF = 1.0

RIOF = 1.0

SEPF = 1.0

```

SSZF = 1.0
PNGF = 1.0
SFSF = 1.0
RIGF = 1.0
MVDI = 1.0
BUFI = 1.0 /;

TABLE CP_C_F(AM_SUL, CONTAINER) custo unitario de movimentacao no
feeder f do container c
$include "CP_C_F.prn"
;

TABLE CP_N_F(AM_SUL, CONTAINER) custo unitario de entrada saida no
feeder f do container c
$include "CP_N_F.prn"
;

PARAMETER BETA_C_H(HUB) variacao no custo de movimentacao do
container no hub k
/ FOR = 1.0
SUA = 1.0
SSA = 1.0
RIO = 1.0
SEP = 1.0
SSZ = 1.0
PNG = 1.0
SFS = 1.0
RIG = 1.0
MVD = 1.0
BUE = 1.0 /;

PARAMETER BETA_N_H(HUB) variacao no custo de entrada saida do navio
no hub k
/ FOR = 1.0
SUA = 1.0
SSA = 1.0
RIO = 1.0
SEP = 1.0
SSZ = 1.0
PNG = 1.0
SFS = 1.0
RIG = 1.0
MVD = 1.0
BUE = 1.0 /;

TABLE CP_C_H(HUB, CONTAINER) custo unitario de movimentacao no hub k
do container c
$include "CP_C_H.prn"
;

TABLE CP_N_H(HUB, CONTAINER) custo unitario de entrada saida no hub
k do container c
$include "CP_N_H.prn"
;

PARAMETER BETA_C_W(MUNDO) variacao no custo de movimentacao do
container no mundo m
/ EUR = 1.0

```

```

PARAMETER BETA_N(W(MUNDO)) variacao no custo de entrada saida do
navio no mundo m
MED = 1.0
AMN = 1.0
CAR = 1.0 /;

PARAMETER BETA_W(W(MUNDO), CONTAINER) custo unitario de movimentacao no
mundo m do container c
$include "CP_C.W.prn"

TABLE CP_N(W(MUNDO), CONTAINER) custo unitario de entrada saida no
mundo m do container c
$include "CP_N.W.prn"

SCALAR ALFA_F_H_M = 1.0;
PARAMETER CVU_F_H_M(CONTEINER)
/ FCL_20 = 8.5
FCL_40 = 17.0
VAZ_20 = 8.5
VAZ_40 = 17.0 /;
SCALAR VELOC_F_H;
VELOC_F_H = 18.0;

TABLE D_F_H_M(AM_SUL, HUB) distancia em Min entre os portos feeders
f e o hub k
$include "D_F_H_M.prn"

SCALAR ALFA_F_H_R = 1.0;
PARAMETER CVU_F_H_R(CONTEINER)
/ FCL_20 = 1.0
FCL_40 = 1.0
VAZ_20 = 1.0
VAZ_40 = 1.0 /;
TABLE D_F_H_R(AM_SUL, HUB) distancia entre os portos feeders f e o
hub k
$include "D_F_H_R.prn"

SCALAR ALFA_H_W = 1.0;
PARAMETER CVU_H_W(CONTEINER)
/ FCL_20 = 7.5
FCL_40 = 15.0

```

```

VAX_20 = 7.5
VAX_40 = 15.0 /;
SCALAR VELOC_H W;
VELOC_H W = 20.0;

TABLE DIST_H W(HUB, MUNDO)
$include "DIST_H W.prn"

*
*
* VARIAVEIS
*
*
=====
VARIABLES
Y(HUB)
X(AM_SUL, HUB, MUNDO, CONTAINER, FLUXO)
TC

*
*
* POSITIVE VARIABLE X;
* BINARY VARIABLE Y;
* EQUACOES
*
*
=====
*
=====
EQUATIONS
FOBJ
funcao objetivo
Total_Hubs
Fluxo(f,m,c,s)
Aloca(f,k,m,c,s)

;

FOBJ ..
TC
=E=
sum ( (f,k,m,c,s) ,
((min ((BETA_C F(f) * CP_C F(f,c) + BETA_N F(f) *
CP_N F(f,c)) +
(ALFA_F_H M * CVU_F_H M(c) * D_F_H M (f,k))/(24 *
VELOC_F_H))) +
(BETA_C H(k) * CP_C H(k,c) + BETA_N H(k) * CP_N H(k,c)))
+
(ALFA_F_H R * CVU_F_H R(c) * D_F_H R (f,k))) +
(BETA_C H(k) * CP_C H(k,c) + BETA_N H(k) * CP_N H(k,c)) +
(ALFA_H W * CVU_H W(c) * (DIST_H W(k, m)/(24 * VELOC_H W))) +
(BETA_C W(m) * CP_C W(m,c) + BETA_N W(m) * CP_N W(m,c)))
* X(f,k,m,c,s) * round(DELTA_D(f,c) * W(f,m,c,s))

;

Total_Hubs ..
SUM ( (k) , Y(k) )
=E=
N
;

```

```

RFLUXO(F,m,c,s) ..
SUM ( ( k) , X(F,k,m,c,s) )
=E=
1
;
Aloca(F,k,m,c,s) ..
X(F,k,m,c,s)
=L=
Y(k)
;
* MODEL E SOLVE
=====
*
MODEL AVERSA /ATL/ ;
OPTION MIP = OSL ;
OPTION OPTCR = 0.000001 ;
OPTION RESLIM = 100000 ;
OPTION ITERLIM = 100000 ;
* Y.FX('FOR') = 0 ;
* Y.FX('SSZ') = 0 ;
* Y.FX('BUE') = 0 ;
* Y.FX('SES') = 0 ;
SOLVE AVERSA USING MIP MINIMIZING TC ;
*
* Variaveis
=====
*
Saída variavel Y
FILE AA_varY ;
PUT AA_varY ;
PUT 'TOTAL';
PUT @10 , TC.L:0:2;
PUT /;
LOOP (HUB,
PUT
HUB.TL ;
PUT @10 , Y.L(HUB):0:2 /;
);
*
=====
*
Saída variavel X
FILE AA_varX ;
PUT AA_varX ;
LOOP (F,
LOOP (k,
LOOP (m,

```


\$!include "D_W.prn"

TABELAS DO TIPO "\$ INCLUDE":

```

LOOP (c,
  LOOP (s,
    PUT
    PUT @10 , k.TL ;
    PUT @20 , m.TL ;
    PUT @30 , c.TL ;
    PUT @40 , s.TL ;
    PUT @50 , X.L(F,k,m,c,s):0:2 / ;
  ) ;
) ;
) ;
) ;
) ;
) ;

```

EXP	IMP	VALOR	TIPO	TIPO	TIPO
3966	4494	FCL_20	AMN	AMN	AMN
5297	7042	FCL_40	AMN	AMN	AMN
529	1	VAZ_20	AMN	AMN	AMN
1746	1	VAZ_40	AMN	AMN	AMN
2355	828	FCL_20	CAR	CAR	CAR
1438	669	FCL_40	CAR	CAR	CAR
1	1528	VAZ_20	CAR	CAR	CAR
1	770	VAZ_40	CAR	CAR	CAR
12653	17852	FCL_20	EUR	EUR	EUR
6557	12846	FCL_40	EUR	EUR	EUR
5200	1	VAZ_20	EUR	EUR	EUR
6290	1	VAZ_40	EUR	EUR	EUR
1067	1711	FCL_20	MED	MED	MED
656	1501	FCL_40	MED	MED	MED
645	1	VAZ_20	MED	MED	MED
846	1	VAZ_40	MED	MED	MED
1257	106	FCL_20	AMN	AMN	AMN
808	60	FCL_40	AMN	AMN	AMN
1	1152	VAZ_20	AMN	AMN	AMN
1	749	VAZ_40	AMN	AMN	AMN
18	60	FCL_20	CAR	CAR	CAR
7	81	FCL_40	CAR	CAR	CAR
43	1	VAZ_20	CAR	CAR	CAR
75	1	VAZ_40	CAR	CAR	CAR
778	222	FCL_20	EUR	EUR	EUR
187	26	FCL_40	EUR	EUR	EUR
1	557	VAZ_20	EUR	EUR	EUR
1	162	VAZ_40	EUR	EUR	EUR
149	17	FCL_20	MED	MED	MED
143	108	FCL_40	MED	MED	MED
1	133	VAZ_20	MED	MED	MED
1	36	VAZ_40	MED	MED	MED
1	1	FCL_20	AMN	AMN	AMN
1	1	FCL_40	AMN	AMN	AMN

1	1243	VAZ_40	EUR	RIOT
396	1	VAZ_20	EUR	RIOT
1858	616	FCL_40	EUR	RIOT
3757	4152	FCL_20	EUR	RIOT
146	1	VAZ_40	CAR	RIOT
1	125	VAZ_20	CAR	RIOT
255	400	FCL_40	CAR	RIOT
1647	1523	FCL_20	CAR	RIOT
1	576	VAZ_40	AMN	RIOT
1847	1	VAZ_20	AMN	RIOT
1372	797	FCL_40	AMN	RIOT
2503	4349	FCL_20	AMN	RIOT
1026	1	VAZ_40	MED	RIGF
1	70	VAZ_20	MED	RIGF
118	1143	FCL_40	MED	RIGF
227	158	FCL_20	MED	RIGF
2650	1	VAZ_40	EUR	RIGF
1	262	VAZ_20	EUR	RIGF
549	3198	FCL_40	EUR	RIGF
1922	1661	FCL_20	EUR	RIGF
628	1	VAZ_40	CAR	RIGF
69	1	VAZ_20	CAR	RIGF
164	791	FCL_40	CAR	RIGF
521	589	FCL_20	CAR	RIGF
4013	1	VAZ_40	AMN	RIGF
267	1	VAZ_20	AMN	RIGF
1174	5186	FCL_40	AMN	RIGF
1290	1556	FCL_20	AMN	RIGF
1	850	VAZ_40	MED	PNGF
1	268	VAZ_20	MED	PNGF
1153	304	FCL_40	MED	PNGF
371	104	FCL_20	MED	PNGF
1	585	VAZ_40	EUR	PNGF
1	1172	VAZ_20	EUR	PNGF
3930	3346	FCL_40	EUR	PNGF
2260	1089	FCL_20	EUR	PNGF
218	1	VAZ_40	CAR	PNGF
62	1	VAZ_20	CAR	PNGF
293	510	FCL_40	CAR	PNGF
167	228	FCL_20	CAR	PNGF
1	1095	VAZ_40	AMN	PNGF
88	1	VAZ_20	AMN	PNGF
2292	1198	FCL_40	AMN	PNGF
837	924	FCL_20	AMN	PNGF
1	370	VAZ_40	MED	MVDF
1	320	VAZ_20	MED	MVDF
571	202	FCL_40	MED	MVDF
500	181	FCL_20	MED	MVDF
1	241	VAZ_40	EUR	MVDF
1	567	VAZ_20	EUR	MVDF
640	400	FCL_40	EUR	MVDF
1222	656	FCL_20	EUR	MVDF
1	51	VAZ_40	CAR	MVDF
1	20	VAZ_20	CAR	MVDF
62	12	FCL_40	CAR	MVDF
68	49	FCL_20	CAR	MVDF
1	1	VAZ_40	AMN	MVDF
1	1	VAZ_20	AMN	MVDF

1504	3161	FCL_40	CAR	SSZF
3405	4231	FCL_20	CAR	SSZF
1	3425	VAZ_40	AMN	SSZF
849	1	VAZ_20	AMN	SSZF
9654	6230	FCL_40	AMN	SSZF
6365	7213	FCL_20	AMN	SSZF
248	1	VAZ_40	MED	SSAF
367	1	VAZ_20	MED	SSAF
193	440	FCL_40	MED	SSAF
166	532	FCL_20	MED	SSAF
560	1	VAZ_40	EUR	SSAF
1431	1	VAZ_20	EUR	SSAF
924	1483	FCL_40	EUR	SSAF
1301	2731	FCL_20	EUR	SSAF
92	1	VAZ_40	CAR	SSAF
282	1	VAZ_20	CAR	SSAF
69	160	FCL_40	CAR	SSAF
101	382	FCL_20	CAR	SSAF
191	1	VAZ_40	AMN	SSAF
220	1	VAZ_20	AMN	SSAF
266	456	FCL_40	AMN	SSAF
258	477	FCL_20	AMN	SSAF
599	1	VAZ_40	MED	SFSF
125	1	VAZ_20	MED	SFSF
94	692	FCL_40	MED	SFSF
51	175	FCL_20	MED	SFSF
5081	1	VAZ_40	EUR	SFSF
2472	1	VAZ_20	EUR	SFSF
1406	6486	FCL_40	EUR	SFSF
4686	7157	FCL_20	EUR	SFSF
307	1	VAZ_40	CAR	SFSF
265	1	VAZ_20	CAR	SFSF
82	388	FCL_40	CAR	SFSF
311	575	FCL_20	CAR	SFSF
2451	1	VAZ_40	AMN	SFSF
1232	1	VAZ_20	AMN	SFSF
376	2826	FCL_40	AMN	SFSF
256	1487	FCL_20	AMN	SFSF
1	1	VAZ_40	MED	SEPF
1	1	VAZ_20	MED	SEPF
1	1	FCL_40	MED	SEPF
1	1	FCL_20	MED	SEPF
1	1	VAZ_40	EUR	SEPF
1	1	VAZ_20	EUR	SEPF
1	1	FCL_40	EUR	SEPF
1	1	FCL_20	EUR	SEPF
1	1	VAZ_40	CAR	SEPF
1	1	VAZ_20	CAR	SEPF
1	1	FCL_40	CAR	SEPF
1	1	FCL_20	CAR	SEPF
1	1	VAZ_40	AMN	SEPF
1	1	VAZ_20	AMN	SEPF
1	1	FCL_40	AMN	SEPF
1	1	FCL_20	AMN	SEPF
1	221	VAZ_40	MED	RIOF
348	1	VAZ_20	MED	RIOF
562	342	FCL_40	MED	RIOF
610	957	FCL_20	MED	RIOF

\$include "CP_C_H.prn"	FCL_20	120.00	BUE	120.00	FCL_20	140.00	VAZ_20	60.00	VAZ_40	70.00
	SUAF	47.57		47.57	SUAF	47.57		23.79	23.79	
	SSZF	27.43		27.43	SSZF	27.43		13.72	13.72	
	SSAF	52.35		52.35	SSAF	52.35		26.18	26.18	
	SFSF	40.85		40.85	SFSF	40.85		20.43	20.43	
	SEPF	20.57		20.57	SEPF	20.57		10.29	10.29	
	RIOF	28.79		28.79	RIOF	28.79		14.40	14.40	
	RIGF	37.77		37.77	RIGF	37.77		18.89	18.89	
	PNGF	52.38		52.38	PNGF	52.38		26.19	26.19	
	MVDF	15.00		15.00	MVDF	15.00		7.50	7.50	
	FORF	47.11		47.11	FORF	47.11		23.56	23.56	
	BUEF	15.00		15.00	BUEF	15.00		7.50	7.50	
\$include "CP_N_F.prn"	FCL_20	108.94		108.94	FCL_40	140.00	VAZ_20	60.00	VAZ_40	70.00
	SUAF	166.57		166.57	SUAF	108.94		54.47	54.47	
	SSZF	138.40		138.40	SSZF	166.57		83.29	83.29	
	SSAF	109.07		109.07	SSAF	138.40		69.20	69.20	
	SFSF	124.93		124.93	SFSF	109.07		54.54	54.54	
	SEPF	143.67		124.93	SEPF	124.93		62.47	62.47	
	RIOF	146.52		143.67	RIOF	143.67		71.84	71.84	
	RIGF	127.23		146.52	RIGF	146.52		73.26	73.26	
	PNGF	130.00		127.23	PNGF	127.23		63.62	63.62	
	MVDF	135.91		150.00	MVDF	150.00		65.00	65.00	
	FORF	120.00		135.91	FORF	135.91		67.96	67.96	
	BUEF	140.00		140.00	BUEF	140.00		70.00	70.00	
\$include "CP_C_F.prn"	FCL_20				FCL_40		VAZ_20		VAZ_40	
	SUAF				VAZ_40					
	SUAF				VAZ_20					
	SUAF				FCL_40					
	SUAF				FCL_20					
	SUAF				VAZ_40				107	
	SUAF				VAZ_20			131	1	
	SUAF				FCL_40			1437	1331	
	SUAF				FCL_20			1801	1931	
	SUAF				VAZ_40			61	1	
	SUAF				VAZ_20			1	325	
	SUAF				FCL_40			132	192	
	SUAF				FCL_20			474	150	
	SUAF				VAZ_40			1	457	
	SUAF				VAZ_20			1172	1	
	SUAF				FCL_40			1702	1246	
	SUAF				FCL_20			526	1697	
	SSZF				VAZ_40			938	1	
	SSZF				VAZ_20			1341	1	
	SSZF				FCL_40			1007	1944	
	SSZF				FCL_20			2109	3449	
	SSZF				VAZ_40			3159	1	
	SSZF				VAZ_20			985	1	
	SSZF				FCL_40			9777	12935	
	SSZF				FCL_20			26818	27802	
	SSZF				VAZ_40			1	1658	
	SSZF				VAZ_20			1	827	

FOR	135.91	135.91	135.91	135.91
MVD	130.00	130.00	130.00	130.00
PNG	127.23	127.23	127.23	127.23
RIG	146.52	146.52	146.52	146.52
RIO	143.67	143.67	143.67	143.67
SEP	124.93	124.93	124.93	124.93
SFS	109.07	109.07	109.07	109.07
SSA	138.40	138.40	138.40	138.40
SSZ	166.57	166.57	166.57	166.57
SUA	108.94	108.94	108.94	108.94
\$include "CF_N_H.prn"				
FCL_20	15.00	15.00	15.00	15.00
BUE	15.00	15.00	15.00	15.00
FOR	47.11	47.11	47.11	47.11
MVD	15.00	15.00	15.00	15.00
PNG	52.38	52.38	52.38	52.38
RIG	37.77	37.77	37.77	37.77
RIO	28.79	28.79	28.79	28.79
SEP	20.57	20.57	20.57	20.57
SFS	40.85	40.85	40.85	40.85
SSA	52.35	52.35	52.35	52.35
SSZ	27.43	27.43	27.43	27.43
SUA	47.57	47.57	47.57	47.57
\$include "CF_C_W.prn"				
FCL_40	550.00	550.00	550.00	550.00
AMN	415.00	415.00	415.00	415.00
CAR	100.00	100.00	100.00	100.00
EUR	96.00	96.00	96.00	96.00
MED	125.00	125.00	125.00	125.00
\$include "CF_N_W.prn"				
FCL_20	75.00	100.00	100.00	100.00
AMN	75.00	100.00	100.00	100.00
CAR	5.00	5.00	5.00	5.00
EUR	5.00	5.00	5.00	5.00
MED	5.00	5.00	5.00	5.00
\$include "D_F_H_M.prn"				
BUE	0 2482	129 813	411 1155	1104 759
FOR	2482	0 2408	1678 2124	1377 1428
MVD	129 2408	0 730	301 1062	1011 685
PNG	813 1678	730 0	449 354	303 45
RIG	411 2124	301 449	0 765	714 303
RIO	1155 1377	1062 354	765 0	51 399
SEP	1104 1428	1104 303	714 51	0 348
SFS	759 1723	685 45	404 399	348 0
SSA	1767 722	1689 958	1402 656	707 1003
SSZ	973 1525	887 161	598 197	146 206
SUA	2157 384	2080 1350	1772 1022	1073 1373
\$include "D_F_H_R.prn"				
BUE	0 4852	377 1817	1279 2508	2474 1763
FOR	4852	0 4881	3215 4190	2507 3326
MVD	377 4881	0 1846	605 2537	2503 1792
PNG	0 4852	377 1817	1279 2508	2474 1763
RIG	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508
RIO	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508
SEP	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508
SFS	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508
SSA	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508
SSZ	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508
SUA	1279 2508	1279 2508	1279 2508	1279 2508

```

PNGF 1817 3215 1846 0 968 804 769 163 2100 401 2805
RIGF 1279 4190 605 968 0 1838 1822 845 3265 1349 3837
RIOF 2508 2507 2537 804 1838 0 80 946 1491 448 2167
SEPF 2474 2587 2503 769 1822 80 866 1571 368 2247
SFSE 1763 3326 1792 163 845 946 866 0 2257 540 2951
SSAF 3821 1164 3850 2100 3265 1491 1571 2257 0 1767 717
SSZF 2105 2864 2134 401 1349 448 368 540 1767 0 2495
SUAF 4512 785 4541 2805 3837 2167 2247 2951 717 2495 0

$include "DIST_H_W.prn"
AMN
CAR 5499 6461 6306
EUR 4363 5504 4578
MED 4208 5349 4578
BUE 5887 3405 3824
FOR 3017 3979 3824
MVD 5813 5425 6387
PNG 5083 4695 5502
RIG 5529 5141 5948
RIO 4782 4423 5201
SEP 4811 4445 5230
SFS 5128 4740 5547
SSA 4159 3771 4578
SSZ 4930 4542 5349
SUA 3789 3401 4363

```