

DANIEL CHEBAT

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INTEGRAÇÃO ENTRE ROTAS DE
LONGO CURSO E DE CABOTAGEM UTILIZANDO UM MODELO
MATEMÁTICO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenharia de Produção.

São Paulo
2006

DANIEL CHEBAT

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INTEGRAÇÃO ENTRE ROTAS DE
LONGO CURSO E DE CABOTAGEM UTILIZANDO UM MODELO
MATEMÁTICO**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenharia de Produção.

Orientador:
Professor Dr. Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki.

São Paulo
2006

Aos meus pais, Mauricio e Eliana, e ao meu irmão Paulo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Hugo Yoshizaki, pela constante orientação e valiosas dicas.

Aos meus amigos Celso Hino e Gustavo Costa por toda dedicação e apoio, que sem os quais esse trabalho não teria sido desenvolvido.

Ao amigo Enrico Ferri pelas dicas.

A minha namorada, Karime, por toda compreensão e constante apoio.

RESUMO

O presente trabalho versa sobre o transporte marítimo regular de contêineres, em rotas de Longo Curso e de Cabotagem. É proposta uma metodologia que, através da utilização de um modelo matemático de programação linear baseado em margem bruta de contribuição, tem como objetivo avaliar as consequências do transporte conjugado de cargas nacionais e internacionais. Inicialmente é apresentado um panorama da situação atual do setor de transporte por cabotagem no Brasil. A metodologia foi aplicada em um caso real com ênfase na análise dos impactos gerados para uma empresa que atua no setor e na competitividade do modal aquaviário em relação ao rodoviário. Os resultados obtidos demonstram-se promissores no sentido de serem capazes de proporcionar análises consistentes à empresa com objetivo de fundamentar as decisões de mudanças estratégicas e operacionais.

Palavras-Chave: Pesquisa Operacional. Transporte Marítimo. Cabotagem.

ABSTRACT

The following paper is about liner container shipping and cabotage. The proposed methodology uses a linear program model based on gross contribution margin and aims to evaluate the consequences of integrated transport of national and international loads. Firstly, it is presented an overview of the cabotage transport field in Brazil. Secondly, it is made a sensitive analysis using a real case, emphasizing the impacts on the company results and comparing the efficiency of this mean of transport with road transport. The obtained results were very attractive as they can provide to the company solid analysis in order to support its strategic and operational decisions.

Key-words: Operational Research. Liner Shipping. Cabotage.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Introdução	1
1.2 - A empresa	4
1.3 - Diagnóstico da situação atual.....	5
1.4 - Definição do problema.....	7
1.5 - Objetivos da pesquisa	7
1.6 - Relevância do problema	8
1.7 - Realização do trabalho	10
1.8 - Abrangência e Restrições	11
1.9 - Delineamento do trabalho	11
CAPÍTULO 2 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 - Transporte marítimo regular de contêineres.....	13
2.2 - Panorama da cabotagem no Brasil.....	16
2.3 - Análise das metodologias revisadas	18
2.4 - Taxonomia do problema.....	21
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	22
3.1 - Descrição da metodologia	22
3.2 - Levantamento dos dados	24
3.3 - Análise do frete rodoviário.....	26
Considerações do transporte de cargas rodoviário no Brasil	26
Fretes rodoviários praticados.....	27

3.4 - Demanda de Cabotagem.....	32
3.5 - Modelo matemático adaptado	38
3.6 - Descrição do modelo matemático adaptado.....	39
Nomenclatura dos índices.....	39
Nomenclatura dos parâmetros	40
Variáveis de decisão	44
Função objetivo	45
Restrições	46
3.7 - Principais adaptações do modelo matemático	50
Geração automática da matriz de precedência.....	50
Tratamento dos tempos de retorno dos contêineres.....	54
Participação no tipo de carga segundo uma origem e um destino	59
CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS	61
4.1 - Definição dos indicadores de desempenho	61
4.2 - Cenário-base – CB	63
Descrição do cenário-base - CB	63
Resultados do cenário-base – CB	68
4.3 - Análise de cenários.....	73
Variação dos fretes de cabotagem praticados – Série FF.....	74
Variação na capacidade dos navios – Série NN.....	87
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
5.1 - Conclusão.....	93
5.2 - Estudos futuros.....	95
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	96
GLOSSÁRIO	99
ANEXO A	104
ANEXO B	109

ANEXO C	114
----------------------	------------

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema da metodologia utilizada.....	23
Figura 3.2 Frete rodoviário médio para caminhão <i>Truck</i> e carga seca.....	28
Figura 3.3 Frete rodoviário médio para caminhão carreta e carga seca.	28
Figura 3.4 Frete rodoviário médio para caminhão “ <i>Truck</i> ” e carga refrigerada.....	29
Figura 3.5 Frete rodoviário médio para caminhão carreta e carga refrigerada.....	30
Figura 3.6 Regressão dos valores de frete – Carreta – Empresa A.....	31
Figura 3.7 Regressão dos valores de frete – “ <i>Truck</i> ” – Empresa A.	31
Figura 3.8 Regressão dos valores de frete – Carreta – Empresa B.....	32
Figura 3.9 Portos e regiões brasileiras considerados no estudo.....	35
Figura 3.10 Evolução da Movimentação de Contêineres – Navegação de Cabotagem.	36
Figura 3.11 Crescimento do mercado de transporte de contêineres por cabotagem. ...	37
Figura 3.12 Funcionamento do algoritmo gerador da matriz de precedência.	53
Figura 3.13 Exemplo de uma rota genérica.	53
Figura 3.14 Esquema de retorno de contêineres para um tempo total de 13 dias.....	59
Figura 4.1 Esquema ilustrativo da rota analisada.	63
Figura 4.2 Rota considerada no modelo.	64
Figura 4.3 Árvore de Cenários.....	74
Figura 4.4 Variação da Margem bruta de contribuição e da Receita, com a redução dos fretes de cabotagem.	77
Figura 4.5 Composição do custo variável total em cada cenário.	78
Figura 4.6 Participação das cargas de cabotagem em relação à variação dos fretes de cabotagem praticados.	81
Figura 4.7 Comportamento do tamanho da frota de contêineres ao variar os fretes de cabotagem.....	84
Figura 4.8 Comportamento da composição da frota de contêineres ao variar os fretes de cabotagem.	84
Figura 4.9 Comportamento do índice de produtividade de contêineres ao variar os fretes de cabotagem.	85
Figura 4.10 Comportamento do índice de estoque de contêineres vazios ao variar os fretes de cabotagem.	85

Figura 4.11 Comportamento do índice de reposicionamento de contêineres vazios ao variar os fretes de cabotagem.	86
Figura 0.1 Contêiner para carga seca (esquerda) e para carga refrigerada (direita)... ..	101
Figura 0.2 Navio porta-contêiner.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Taxonomia do Problema.....	21
Tabela 3.1 Levantamento e Validação dos dados.....	25
Tabela 3.2 Distribuição dos fluxos inter-regionais.....	34
Tabela 3.3 Fluxos de cargas, em 2004 – modal rodoviário.....	35
Tabela 3.4 Simulação demanda potencial, em número de TEUs, no ano de 2004, devido à substituição do modal rodoviário.....	36
Tabela 3.5 Movimentação de Contêineres por Cabotagem, em TEUs.....	37
Tabela 3.6 Demanda Potencial Total para o ano de 2005, em TEUs.....	38
Tabela 3.7 Lista de variáveis do algoritmo em VBA.....	52
Tabela 3.8 Exemplo da segunda condição de contorno.....	52
Tabela 3.9 Saída do algoritmo para a rota do exemplo descrito anteriormente.....	54
Tabela 3.10 Descrição dos procedimentos para exportação.....	55
Tabela 3.11 Descrição dos procedimentos para importação.....	55
Tabela 3.12 Tempo de trânsito entre os portos.....	57
Tabela 3.13 Tempo de trânsito + Tempo máximo disponível após desembarque.....	57
Tabela 3.14 Tempo de trânsito + Tempo máximo para disponibilizar contêineres vazios.....	57
Tabela 3.15 Percentual de retorno dos contêineres.....	58
Tabela 4.1 Portos considerados no modelo utilizado.....	64
Tabela 4.2 Tipos de contêineres considerados no modelo.....	65
Tabela 4.3 Características da frota de navios considerada no modelo.....	65
Tabela 4.4 Tipos de cargas consideradas no modelo.....	67
Tabela 4.5 Demanda anual de exportação para cada tipo de carga, em TEUs.....	68
Tabela 4.6 Indicadores Financeiros do cenário-base.....	69
Tabela 4.7 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário-base.....	70
Tabela 4.8 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário-base.....	71
Tabela 4.9 Utilização da capacidade do navio, em relação aos espaços para contêineres de 40 pés, no cenário-base.....	71

Tabela 4.10 Utilização da capacidade do navio, em relação aos “Plugs” para contêineres refrigerados, no cenário-base.	72
Tabela 4.11 Indicadores Logísticos do cenário-base.	73
Tabela 4.12 Descrição dos cenários da série FF.	74
Tabela 4.13 Indicadores Financeiros: comparação CB e FF-00.	76
Tabela 4.14 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário FF-00.	79
Tabela 4.15 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário FF-00.	80
Tabela 4.16 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário FF60.	80
Tabela 4.17 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário FF60.	81
Tabela 4.18 Atendimento às demandas de cabotagem.	82
Tabela 4.19 Indicadores Logísticos: comparação CB e FF00.	83
Tabela 4.20 Descrição do cenário NN2220.	87
Tabela 4.21 Descrição do cenário NN3000.	88
Tabela 4.22 Indicadores Financeiros: comparação FF-60 e Série NN.	88
Tabela 4.23 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário NN-2220.	89
Tabela 4.24 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário NN-2220.	89
Tabela 4.25 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário NN-3000.	90
Tabela 4.26 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário NN-3000.	90
Tabela 4.27 Indicadores Logísticos: comparação FF-60 e Série NN.	91
Tabela 4.28 Aumento do custo da frota de contêineres.	91
Tabela 4.29 Aumento do custo nos cenários da série NN.	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANTT	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
<i>B/L</i>	<i>Bill of Lading</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
<i>CHFS</i>	<i>Container Hub-Feeder Service</i>
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CTMC	Conhecimento de Transporte Multimodal de Cargas
FEU	<i>Forty feet or Equivalent Unit</i>
GPS	Global Positioning System
NVOCC	<i>Non-Vessel Operating Common Carrier</i>
OGMO	Órgão Gestor de Mão-de-Obra
OSRA	<i>Ocean Shipping Reform Act</i>
OTM	Operador de Transporte Multimodal
PD	Preferência Declarada
PIB	Produto Interno Bruto
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
TEU	<i>Twenty feet or Equivalent Unit</i>
VBA	Visual Basic for Applications

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo contextualiza e define o problema, justificando sua relevância e apresentando os objetivos deste trabalho.

1.1 - Introdução

Eficácia e eficiência no sistema de transporte de cargas são fatores importantes que influenciam a estrutura econômica de um país de modo direto. A disponibilidade de um sistema de transporte que seja ao mesmo tempo econômico e consiga satisfazer as necessidades de transporte das empresas contribui para aumentar a concorrência no mercado, elevar as economias de escalas de produção e reduzir os preços das mercadorias.

Uma rede de transporte de qualidade possibilita empresas abranger um mercado consumidor maior, pois os custos, incluindo os de transporte, podem ser competitivos mesmo em mercados mais distantes dos pontos de fabricação. O aumento do mercado demanda uma maior capacidade de produção que pode resultar em custos de produção menores devido às economias de escala.

Além disso, a disponibilidade de um bom sistema de transporte permite a descentralização de mercados e de locais de produção. Isso permite que a produção possa ser instalada onde há vantagens geográficas, como por exemplo: baixos custos de mão-de-obra e incentivos fiscais.

Por fim, sistemas de transportes econômicos contribuem para a redução dos preços dos produtos, não só devido ao aumento da concorrência no mercado, mas também porque o transporte é uma componente do custo do produto final (BALLOU 2001).

Segundo BALLOU (2001), à exceção do custo de bens adquiridos, o transporte absorve, em média, a porcentagem mais elevada de custos do que qualquer outra atividade logística. Além disso, dentro das decisões de transporte mais importantes, uma que merece destaque é a seleção do modal de transporte a ser utilizado pela empresa.

Existem diferentes modos pelos quais empresas podem satisfazer suas necessidades de transporte. Os cinco modais básicos de transporte podem ser classificados como: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário, cada um apresentando suas características intrínsecas, vantagens e desvantagens.

A escolha de um modal de transporte ou de uma combinação de modais é uma decisão muito importante e que terá um impacto relevante nos resultados da maioria das empresas. Os critérios para essa escolha são diversos, podendo variar dependendo das características de cada empresa. Segundo BALLOU et al (2001), os critérios básicos que são levados em conta, na maior parte das empresas, para a escolha dos modais de transporte são: custo, tempo médio em trânsito (velocidade), variabilidade do tempo em trânsito e perdas e danos (confiabilidade).

BALLOU (2001) ressalta dois impactos importantes relativos a essa escolha. Em primeiro lugar, o tomador de decisão deverá levar em conta, para a seleção do modal de transporte, o custo indireto de estoque que está associado com o desempenho do modal selecionado. Ou seja, a velocidade e a confiabilidade do modal, afetam diretamente os níveis de estoque do embarcador¹ e do comprador (estoque da quantidade pedida e estoque de segurança) assim como a quantidade de estoque que está em trânsito entre a localização de um e de outro.

Quanto mais vagarosos e menos confiáveis os serviços de transporte selecionados, mais estoque deverá ser mantido. Portanto, dadas às alternativas de transporte, será favorecida aquela que oferece o custo total mais baixo enquanto satisfaz as metas de serviço ao cliente.

¹ É o interessado e, geralmente, dono da carga a ser transportada. Trata-se do usuário da rede, sendo o gerador da demanda de transporte.

Um segundo impacto importante referente à escolha do modal está associado com a fidelidade que os membros dos canais logísticos recebem pelo desempenho oferecido pelo serviço. A seleção de um modal de transporte pode ser usada com o intuito de criar uma vantagem competitiva para a empresa e aumentar a fidelidade dos clientes (BALLOU 2001).

As estruturas de custos dos modais de transporte são diferentes entre si e os preços dos fretes cobrados no mercado têm tendência a seguir os custos de produção desse serviço de transporte. Para esclarecer melhor esse conceito, serão citados dois exemplos. Classificando os custos em fixos e variáveis, o modal rodoviário apresenta os mais baixos custos fixos quando comparado com os demais modais, pois: as transportadoras não possuem a estrada ao longo da qual operam, a carreta representa uma pequena unidade econômica e as operações dos terminais não exigem equipamentos onerosos (BALLOU 2001).

Por outro lado, os custos variáveis do modal rodoviário tendem a ser mais elevados porque os custos da construção e de manutenção da auto-estrada são cobrados dos usuários na forma de impostos sobre combustível, de pedágios e de taxas sobre peso por quilômetro.

Já no modal aquaviário, o principal investimento está no equipamento de transporte e, em alguns casos, em instalações de terminais. Outro custo fixo importante são as taxas portuárias, cobradas com relação à atracação do navio no porto. Os custos variáveis estão predominantes associados com a operação do equipamento de transporte e normalmente são baixos por causa do arrasto mínimo para movimentação em velocidades lentas.

Ao contrário do que acontece no modal rodoviário, no modal aquaviário não existe os custos dos canais, mares e oceanos, que seriam as estradas do modal rodoviário, para serem repassados ao transportador. Assim, o modal aquaviário apresenta custos de terminal elevados e baixos custos de linha regular, e por isso, os custos de tonelada-quilômetro caem significativamente com a distância e o tamanho do embarque (BALLOU 2001).

Deve-se estar atento ao fato de que a escolha do modal de transporte ocorre em um ambiente muito dinâmico e bastante competitivo e, portanto, deve ser repensada em horizontes de planejamento de médio prazo e considerando o sistema como um todo.

Por exemplo, se uma empresa sofre um forte desaquecimento na demanda de seus produtos por uma determinada razão e se depara com a lotação de seus armazéns. Essa poderia questionar a utilização de um modal de transporte mais lento do que o atual, o qual provavelmente seria mais barato.

Com isso, a empresa conseguiria fazer estoque de uma maior parte dos produtos no próprio modal de transporte, diminuindo a lotação de seus armazéns. Assim, conseguiria reduzir ao mesmo tempo custos de transporte e custos de armazenagem relativos à ampliação dos armazéns. Seria uma alternativa temporária que poderia solucionar o problema da empresa sem custos adicionais.

1.2 - A empresa

O grupo HamburgSüd iniciou suas operações em 1871 no transporte de cargas e passageiros da Europa para a América do Sul. Em 1969 o grupo passou a oferecer serviços de transporte de contêineres², que é atualmente seu foco.

Com aproximadamente 200 escritórios em todo mundo e 4.200 funcionários, o grupo movimentou, em 2005, acima de 1,5 milhões de TEUs³, obtendo um faturamento de 3,04 bilhões de Euros.

Possui uma frota de 144 navios, sendo 101 porta-contêineres⁴, os investimentos do grupo no ano de 2005 somam 387 milhões Euros, sendo aproximadamente 2/3 em navios e 1/3 em contêineres.

O grupo, em 1998, adquiriu a empresa Aliança Navegação e Logísticas, maior empresa brasileira privada de navegação. A Aliança oferece transporte marítimo de contêineres e também o serviço chamado “porta-a-porta”, em que a empresa utiliza-se do

² Caixa de metal, contendo portas e travas para seu fechamento, de modo a proteger a carga colocada em seu interior. Ver glossário.

³ “*Twenty feet or Equivalent Unit*” (unidade de vinte pés ou equivalente). Unidade utilizada para representar o número de contêineres de 20 pés.

⁴ Ver glossário.

transporte intermodal, neste caso uma combinação dos modais: rodoviário, aquaviário e ferroviário, para oferecer aos seus clientes o transporte da carga desde a origem até o destino final.

A aquisição da Aliança permitiu ao grupo HamburgSüd oferecer serviços de transporte marítimo de contêineres por cabotagem⁵, que é um mercado protegido por leis brasileiras, Decretos-lei nº 666/1969 e nº 687/1969, no qual só podem operar empresas nacionais que possuem navios de bandeira brasileira⁶.

Em 1999, a Aliança passou a oferecer o serviço de transporte marítimo de contêineres, disponibilizando dois navios e movimentando um total de 20 mil TEUs. Naquele ano as operações de cabotagem geraram prejuízos, principalmente devido a baixa frequência dos navios e falta de regularidade das escalas nos portos. Tal fato seria revertido em um curto período de tempo.

Acreditando no potencial deste mercado, a empresa realizou investimentos e hoje disponibiliza 10 navios para o transporte de cabotagem na costa brasileira, que foram capazes de movimentar, em 2005, 390 mil TEUs, revertendo fortemente o quadro inicial de prejuízos.

1.3 - Diagnóstico da situação atual

A empresa considerada neste trabalho atua no mercado de transporte marítimo regular de contêineres em âmbito mundial. A empresa opera diversas rotas, que conectam diversas regiões e países, escalando diferentes portos.

⁵ Navegação realizada entre portos interiores do país pelo litoral ou por vias fluviais. Quando se utiliza a expressão “cabotagem” neste trabalho, refere-se, mais especificamente, a navegação realizada entre portos interiores do país pelo litoral.

⁶ Considera-se navio de bandeira brasileira o navio afretado por empresa brasileira devidamente autorizada a funcionar no transporte de longo curso.

Conforme já mencionado no item 1.2, a empresa possui rotas de longo curso⁷ (que atendem somente demandas de transporte de cargas internacionais) e rotas de cabotagem (que atendem somente demandas de transporte de cargas entre portos brasileiros).

Neste serviço de transporte, as rotas são fixas, sendo pré-estabelecidos os portos de escala, a sequência entre eles e a frequência de escala dos navios em cada porto. Para cada rota, a empresa aloca uma determinada quantidade de navios de acordo com as demandas de transporte existentes e o nível de serviço exigido.

A frota de navios em cada rota estabelece a capacidade de transporte entre os portos desta rota, que é fixa em relação ao volume (quantidade máxima de transporte em TEU), e ao peso (“*Deadweight*”⁸ de carga máximo).

A empresa atende diversos clientes que possuem necessidades de transporte diferentes, as quais estão ligadas ao tipo de carga que se deseja embarcar e ao tamanho de cada cliente.

Uma característica importante do serviço de transporte marítimo regular de contêineres é o problema de “*Imbalance*”. Esse problema decorre da diferença entre os fluxos de importações e exportações de carga em um dado porto. Tal característica obriga a empresa transportar contêineres vazios a fim de reposicioná-los em portos com demandas de exportação, que se utilizarão destes contêineres.

Outra característica importante da empresa é seu elevado custo fixo. Uma vez definida uma determinada rota, a empresa deverá incorrer em custos como: custo de combustível, custos de entrada e saída dos portos (atracação, rebocadores, desatracação), etc., independentemente do número de contêineres que o navio está carregando.

Já os principais custos variáveis deste serviço de transporte são:

⁷ Representa a navegação realizada entre portos de diferentes nações. A navegação de longo curso se contrapõe a cabotagem

⁸ Peso que o navio é capaz de transportar, incluindo carga, combustível, mantimentos e tripulação. Normalmente é expresso em toneladas métricas.

- Custos referentes à movimentação de contêineres em terminais portuários:
 - Embarque,
 - Desembarque,
 - Armazenagem,
 - Transporte.

- Custos referentes à atividade logística de contêineres vazios:
 - Reposicionamento,
 - Transporte terrestre,
 - Movimentação em terminais,
 - Manutenção e reparo.

1.4 - Definição do problema

O problema abordado neste trabalho está relacionado com a tomada de decisão, por parte da empresa, relativa à disposição de parte de sua capacidade de transporte para atender demandas de transporte de carga por cabotagem no Brasil.

Dada sua estratégia e estrutura operacional, a empresa deve analisar a viabilidade de oferecer um serviço de transporte marítimo de contêineres na costa brasileira utilizando uma infra-estrutura que hoje opera somente nas rotas de longo curso, ou seja, atendendo demandas de transporte de carga entre países; e avaliar quais os possíveis impactos, positivos e negativos, decorrentes da adoção dessa mudança.

1.5 - Objetivos da pesquisa

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade, para a empresa, de transportar cargas de cabotagem no Brasil utilizando parte da capacidade de transporte de navios que hoje operam em uma rota internacional e atendem somente a demanda de transporte de cargas entre países. O trabalho pretende:

- Fazer uma breve análise do panorama atual do setor de transporte marítimo de contêineres por cabotagem no Brasil;

- Avaliar, através de métodos quantitativos, uma possível sinergia no transporte integrado de cargas nacionais e internacionais, ou seja navios de longo curso utilizando parte da capacidade para transportar cargas de cabotagem;
- Avaliar, através de um modelo matemático, a competitividade do transporte marítimo de contêineres na costa brasileira com relação ao sistema de transporte rodoviário, principalmente no critério preços;
- Avaliar o impacto gerado para a empresa na logística do contêiner vazio devido ao fato de parte da capacidade de transporte dos navios de longo curso ser alocada ao transporte de cabotagem.

1.6 - Relevância do problema

O presente estudo demonstra-se bastante relevante, pois além de proporcionar informações importantes que serão capazes de suportar as decisões da empresa, contribuirá também de modo significativo para que entidades governamentais ligadas aos sistemas de transportes do país possam direcionar seus investimentos de modo mais consistente uma vez que o estudo proporcionará informações relativas à competitividade do modal de transporte marítimo de contêineres por cabotagem no setor de transportes.

A infra-estrutura de transportes do país é um componente de extrema relevância para a sustentação do desenvolvimento econômico nacional de longo prazo e para o aumento da competitividade do Brasil em relação aos outros países.

No entanto, “o transporte de cargas no Brasil revelou o retrato de um setor em estado crítico, insustentável a longo prazo, precisando, portanto, de ações urgentes para que essa situação possa ser revertida” (COPPEAD, 2004). Segundo o ministério dos transportes, ao longo das últimas décadas, o setor de transportes recebeu investimentos proporcionalmente decrescentes quando mensurado em relação ao PIB — aproximadamente 3% nos anos 70; 1,5% nos anos 80; e, 0,7% nos anos 90 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2006).

Segundo estudo realizado pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI), os principais gargalos identificados em relação à infra-estrutura de transportes são:

- Falta coordenação entre modais - eliminação de custos de estadia e demoras no transbordo;
- Excessiva regulamentação interrompe os fluxos das mercadorias provocando demoras na logística;
- Modal Rodo-Ferroviário - fluxos de exportação prevalecem sobre os fluxos internos;
- Conflitos entre legislações federal, estadual e municipal impedem implantação de novos empreendimentos.

(CNI, 2005).

Propostas de melhoria

- Aumentar a oferta no transporte marítimo de cabotagem e eliminar os obstáculos à maior competição no sistema marítimo;
- Reduzir as limitações ao afretamento de embarcações, impostos às empresas brasileiras de navegação de cabotagem;
- Estabelecer cronograma para abertura do mercado marítimo Brasil- Argentina;
- Alterar a Lei nº 10.233/2001 com a redação dada pela Medida Provisória nº 2.217-3/2001, para eliminar a necessidade de autorização regulatória para empresas de navegação marítima.

(CNI, 2005).

Nosso país necessita de uma infra-estrutura de transportes eficiente, flexível e integrada. Desta forma, com objetivo de implantar novos projetos e eliminar os gargalos apresentados é imprescindível definir quais serão as fontes de recursos. O governo necessita criar um ambiente favorável e seguro para que a iniciativa privada substitua o Estado nos investimentos com retorno financeiro positivo, aproveitando a vocação empreendedora deste setor.

Para tanto, no setor aquaviário, é preciso estimular políticas que conduzam ao aumento da competitividade da frota mercante nacional, flexibilizar a reserva de mercado dos

armadores⁹ nacionais no transporte marítimo de cabotagem de mercadorias, eliminar a reserva de carga dos armadores regionais e encontrar padrões adequados para o financiamento da renovação da frota mercante (CNI, 2005).

Do ponto de vista da competitividade o fundamental é integrar os corredores de exportação aos portos, através acessos melhorados e uso eficiente dos diversos modais e dos serviços de navegação, de sorte que a indústria possa competir globalmente (CNI, 2005).

Para os investimentos sem retorno financeiro, o Modelo da Parceria Público-Privada, que é o investimento simultâneo do governo e da iniciativa privada em um mesmo projeto, é uma alternativa muito atraente atualmente. O Governo dispõe de instrumentos adequados para atingir este objetivo, tais como o BNDES, Fundos constitucionais, Fundos regionais e incentivos fiscais (TREVISAN, 2006).

Com o intuito de promover a expansão dos investimentos em infra-estrutura de transportes, um dos aspectos mais relevante é o estabelecimento de um marco regulatório bem definido para o estabelecimento de parcerias entre o setor público e o setor privado.

O setor de cabotagem possui grande importância para o desenvolvimento e otimização da infra-estrutura de transportes do país. Desta forma, pretende-se realizar um recorte da evolução deste modal no Brasil com objetivo de apresentar o grande potencial do transporte de cabotagem, evidenciar os entraves existentes para seu desenvolvimento e expor quais são as medidas adotadas e que deverão ser empreendidas para o aproveitamento de todo o potencial existente.

1.7 - Realização do trabalho

Este trabalho foi iniciado no segundo semestre de 2005 e desenvolvido para a empresa HamburgSüd. O engenheiro Gustavo Costa, orientou o autor deste trabalho com relação ao funcionamento e as operações da empresa e disponibilizou maior parte dos dados que serviram de suporte para a realização deste estudo.

⁹ Ver glossário.

No ano de 2005, o autor teve participação em um projeto, cujo gerente de projeto era o engenheiro Gustavo Costa, que tinha como escopo a elaboração de um modelo matemático de otimização da margem bruta de contribuição de uma empresa que opera na indústria de transporte marítimo regular de contêineres. Ao termino deste projeto, o autor, interessado pelo tema, decidiu dar continuidade ao estudo e elaborar este trabalho.

1.8 - Abrangência e Restrições

O presente estudo considera somente uma determinada rota de longo curso da empresa. A descrição detalhada das características relacionadas especificamente a rota que será analisada neste trabalho, será descrita no item 4.2 – Cenário-Base.

As configurações da rota analisada são tais que possibilitam a inclusão de transporte de cargas por cabotagem, pois nesta são escalados diferentes portos brasileiros.

Considerou-se a demanda de transporte relativo ao tipo de carga. Todos os clientes que transportam o mesmo tipo de carga foram agrupados e suas demandas de transporte foram somadas. Adotou-se esta estratégia com o objetivo de reduzir o tamanho do modelo matemático e obter menores tempos de processamento.

O modelo matemático utilizado não considera o custo fixo total da empresa. Como este modelo é baseado na margem bruta de contribuição, custos fixos como: frota de contêineres, sistemas de informação, administrativos, navios, etc., não são considerados neste estudo.

1.9 - Delineamento do trabalho

O presente trabalho possui cinco capítulos.

No Capítulo 1 apresentam-se a descrição do problema e o tema proposto a este trabalho.

No Capítulo 2 está estruturada a referência bibliográfica: panorama atual da infraestrutura de transportes no país, demonstrando-se os principais aspectos do transporte por cabotagem, avaliação dos possíveis modelos matemáticos que poderão ser utilizados. Taxonomia do problema.

Capítulo 3 descreve a metodologia que será utilizada neste trabalho e apresenta as principais adaptações feitas no modelo matemático.

Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do modelo e descreve algumas considerações sobre esses resultados.

Capítulo 5 descreve a conclusão do trabalho e apresenta sugestões para estudos futuros.

CAPÍTULO 2 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados estudos e conhecimentos que servirão de base para o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1 - Transporte marítimo regular de contêineres

Em meados de 1860-1870 surgiram as primeiras embarcações a vapor que possibilitaram, algumas décadas mais tarde, o início do transporte marítimo regular de contêineres. Antes disso, as embarcações a vela, que possuíam uma grande dependência das condições climáticas e dos ventos, não eram capazes de cumprir com confiabilidade e previsibilidade as suas programações de escalas nos portos. Esses serviços regulares de transporte foram organizados em Conferências de Fretes, criando mecanismos para a estabilização da concorrência por berços de atracação e certo controle no nível de fretes (COSTA, 2006).

Conferências de Frete são associações de armadores servindo uma rota específica, ou mercado específico, para as quais existem acordos cobrindo taxas de fretes comuns, sendo que estes acordos podem ser estendidos para a provisão dos serviços na rota. As Conferências que apenas determinam taxas de fretes e que não restringem a associação de novos membros são conhecidas como Conferências Abertas. Já as Conferências que impõem limites à associação de novos membros e à provisão de capacidade é conhecida como Fechada (GRAHAM e HUGHES, 1985).

O movimento de frete containerizado começou em 1956, quando Malcom McClean movimentou, pela primeira vez, o frete rebocado por um navio-tanque da II Guerra Mundial que navegou de Newark, New Jersey, até Houston, Texas. Logo após, um navio foi

especialmente convertido para empilhar caixas do tamanho de “*vans*” em seu porto. O serviço containerizado espalhou-se de Porto Rico até a Europa pelo Pacífico. Sua idéia diminuiu o tempo de manuseio nos terminais, os furtos e os custos de seguro. (BALLOU, 2001).

A partir da década de 1980, o transporte marítimo regular de contêineres tornou-se a indústria dominante no transporte internacional de cargas gerais. Esse novo modal transformou significativamente o transporte de cargas devido às vantagens competitivas geradas pela utilização de cargas em contêineres, como: menor manuseio da carga, menor nível de avarias, total mobilidade em diferentes modos de transporte e menor custo total (COSTA, 2006). Atualmente, 75% das trocas de mercadorias dos oceanos dos Estados Unidos com o resto do mundo são puxadas em grandes contêineres em vez dos engradados, tubos, sacos e caixas usadas anteriormente (BALLOU, 2001).

Segundo COSTA (2006), após o surgimento da containerização¹⁰, houve uma diminuição significativa da quantidade de cargas transportadas em navios convencionais para carga geral. Ao mesmo tempo, houve uma adequação dos portos aos efeitos da containerização. Em um primeiro momento, os portos sofreram adaptações com relação a equipamentos para movimentação de contêineres e maior profundidade. Aqueles que não se adequaram à movimentação de contêineres tornaram-se obsoletos.

Em um segundo momento, os portos evoluíram para estarem conectados às malhas ferroviárias e rodoviárias, devido às características do sistema multimodal que demanda melhores acessos ferroviários e rodoviários às interfaces portuárias (COSTA, 2006). Mesmo os terminais originariamente projetados para movimentação de contêineres sofreram profundas alterações para se adequarem aos novos navios e ao nível de movimentação e de produtividade por eles exigidos (HAYUTH, 1987).

COSTA (2006) conclui que o crescimento da atividade econômica mundial, e conseqüentemente na demanda de transporte, exige maiores investimentos por parte dos armadores para adequação da oferta de capacidade de transporte e de rotas, aumentando a competição entre os mesmos. O autor considera ainda os processos de globalização,

¹⁰ Ver glossário.

desregulamentação e de concentração como principais causas para o aumento da competitividade na indústria de transporte marítimo regular de contêineres.

COSTA (2006) argumenta que o processo de concentração não diminuiu a competição na indústria e sim a aumentou principalmente devido à expansão das atividades dos maiores armadores em outras rotas e mercados que não os seus tradicionais. Por exemplo, pode-se verificar a crescente participação de armadores asiáticos nas rotas transatlânticas e nas rotas norte-sul.

Outro fator importante que o autor ressalta que contribuiu para o aumento da competitividade nesta indústria foi a desregulamentação. A publicação pelo Congresso norte-americano, em Novembro de 1998, da Lei da Reforma do Embarque Oceânico (OSRA) que altera o relacionamento entre as empresas de transporte marítimo regular de contêineres e seus clientes, diminuindo o poder das Conferências de Fretes e aumentando a utilização de contratos confidenciais entre as partes. Os efeitos da OSRA não ficaram restritos ao tráfego americano e afetaram o modo com que as Conferências de Fretes ou Acordos de Discussão entre os armadores determinavam o nível de concorrência entre estes.

A demanda de transporte é representada pelo momento de transporte, que é normalmente definido como o produto da tonelagem de carga transportada pela distância percorrida entre a origem e o destino da carga. COSTA (2006) argumenta que aumento do momento de transporte não possuiu a contrapartida na oferta de capacidade de transporte por parte dos armadores devido ao fato de já estarem operando em um nível de utilização próximo a 100% durante o ano de 2004. O elevado nível de utilização é decorrente da adequação da oferta de capacidade de transporte ao aumento da demanda de transporte ocorrida em 2003, após dois anos de estagnação no comércio internacional em 2001 e 2002.

Segundo o autor os efeitos deste vertiginoso crescimento na demanda foram refletidos nos três principais indicadores da indústria de transporte marítimo regular de contêineres: aumento nos pedidos de construção de novos navios; aumento nos valores dos afretamentos e nos prazos dos contratos de afretamento.

2.2 - Panorama da cabotagem no Brasil

ONO (2001) destaca o grande potencial para o desenvolvimento do transporte marítimo de containeres por cabotagem no Brasil, ressaltando a extensão costeira do país e o fato de as principais cidades, pólos industriais e centros consumidores estarem concentrados no litoral ou próximos a ele.

O autor apresenta algumas medidas que contribuíram para o aumento da competitividade deste modal de transporte como: a aprovação da Lei Federal nº 8.630, de 25/02/93, conhecida como Lei de Modernização dos Portos.

ONO (2001) faz referencia ao Decreto nº 3.411/2000, que regulamenta a Lei nº 9.611/98, que dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas¹¹ (OTM) permitindo que o embarcador se beneficie dos recursos logísticos de forma mais eficiente e barata. Trata-se de um documento que permite a oferta de serviços porta a porta no país, independentemente do modal utilizado com apenas um único conhecimento de transporte. A lei tem como principal objetivo reduzir os custos e o tempo de trânsito da carga, principalmente na questão fiscal, permitindo uma economia significativa para o embarcador.

Por outro lado, o autor ressalta como barreiras ao transporte por cabotagem no Brasil a falta de regularidade e frequência dos navios em suas rotas e a ineficiência dos portos, que apesar da melhora proveniente da Lei de Modernização dos Portos ainda encontram-se problemas de superdimensionamento de trabalhadores nas escalas previstas devido ao Órgão Gestor de Mão-de-Obra (OGMO) que obriga os operadores a manterem as escalas de trabalhos.

Já em 2002 uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional dos Transportes ressalta como principal problema enfrentado pelo setor aquaviário o elevado custo de estiva, possuindo uma avaliação realizada pelos agentes do setor entre grave e muito grave superior a 62,6%. O segundo maior problema evidenciado é o excesso de burocracia (61,8% das respostas entre grave e muito grave), seguido pela falta de financiamento para o setor e a ineficiência no setor portuário, com, respectivamente 39,7% e 35,9% das avaliações entre

¹¹ Ver glossário.

grave e muito grave. A carência de linhas regulares também é evidenciada, porém, como um problema menor, sendo citada por apenas 3,1% dos entrevistados como um problema muito grave e 17,6% como um problema grave. (CNT, 2002)

Desta forma, com objetivo de proporcionar uma infra-estrutura para o setor de cabotagem no Brasil, deve-se fazer valer a legislação que estabelece requisitos mínimos para operar na cabotagem e a legislação que estabelece isonomia no preço do combustível para navios nacionais e internacionais. (COPPEAD, 2004)

Além disso, outros aspectos devem ser levados em consideração, tais como: a redução do excedente de mão-de-obra nos portos e regionalização da administração destes; a uniformização dos procedimentos da Secretaria da Fazenda nos portos; a definição do procedimento alfandegário simplificado para redespacho em navios “*feeder*”¹² e finalmente a viabilização da transmissão eletrônica do “*Bill of Lading*”¹³ (COPPEAD, 2004).

Devido à implementação de alguns dos pontos supracitados, pode-se evidenciar um aumento significativo do transporte por cabotagem a partir de 2001. As tarifas da cabotagem tornaram-se mais competitivas e representam um custo menor no transporte da carga. Os fretes praticados atualmente são acessíveis e atrativos para o aumento de demanda. Desta forma, os benefícios diretos para o país são: economia de combustível e diminuição do número de caminhões nas estradas (ANTAQ, 2004a).

Segundo o diretor executivo da Aliança Navegação, Cristovão Balau, atualmente, cerca de 70% dos produtos produzidos na Zona Franca de Manaus são transportados pela cabotagem e a única diferença do transporte rodoviário para a cabotagem é que o caminhão tem saídas diárias e o navio apenas uma vez por semana.

A demanda pelo modal de cabotagem tem sido maior do que a oferta existente no mercado brasileiro. Desta forma, por meio do Decreto nº 2.256/97 que regulamenta a lei nº 9.432/97 o Governo Federal autoriza, em determinadas condições, empresas com navios

¹² Ver glossário em Serviço Concentrador-Alimentador de contêineres.

¹³ Ver glossário.

estrangeiros a utilizarem parte de seus compartimentos de carga (“*Slots*”) para o transporte de cargas de cabotagem.

O transporte por cabotagem apresenta um grande potencial de crescimento e contribuirá significativamente para a diminuição do custo total do transporte no Brasil, proporcionando um ambiente favorável para o aumento da competitividade do país.

2.3 - Análise das metodologias revisadas

ONO (2001) desenvolve uma ferramenta de suporte a decisão que se propõe a dimensionar e fazer a programação dos navios estabelecendo rotas e escalas nos portos que configuram esse cenário.

O modelo desenvolvido pode ser dividido em duas partes, sendo que na primeira, dado um conjunto de portos, são geradas todas as rotas viáveis que podem ser formadas através desse conjunto; enquanto na segunda parte, o modelo é capaz de escolher, dentre as rotas geradas anteriormente, aquela de menor custo do ponto de vista do Armador, ou seja, o modelo escolhe qual deve ser a programação do navio (seqüência de portos) para que o Armador consiga suprir sua demanda, mantendo um dado nível de serviço requerido, ao menor custo operacional.

ONO (2001) utiliza o modelo desenvolvido para avaliar o impacto da variação da demanda na ocupação média da frota e no nível de serviço oferecido (intervalo médio de atendimento nos portos). Para casos em que o número de portos e de navios considerados era alto (acima de nove portos), o modelo apresentou dificuldade computacional, gastando muito tempo para atingir soluções ótimas.

COSTA (2006) propõe uma ferramenta de apoio à decisão baseada em um modelo de programação linear que tem como objetivo maximizar a margem de contribuição relativa aos fretes e as taxas de armadores que operam na indústria de Transporte Marítimo Regular de Contêineres.

O modelo matemático proposto considera como dados de entrada: as demandas, os custos, as capacidades e as receitas. Essa dada configuração, representada pelos dados, é submetida às restrições comerciais e operacionais do armador e o modelo fornece como resultado dessa análise a relação de cargas e quantidades de contêineres movimentados por par de portos.

O modelo proposto por COSTA (2006) é capaz de analisar quais cargas geram maior impacto na margem de contribuição do armador e como está relacionada à logística do contêiner vazio com o resultado comercial do armador. Ou seja, através desse modelo, um armador é capaz de planejar suas atividades de vendas de forma centralizada, considerando a influência de um determinado cliente (que transporta um determinado tipo de carga) em todo o sistema e não só a receita que ele pode gerar. Por exemplo, para verificar se um dado cliente gera uma boa margem de contribuição para o armador é levado em conta também o potencial custo de retorno do contêiner vazio que pode ser gerado em um futuro próximo devido à carga que esse cliente esteja embarcando.

TING e TZENG (2002) desenvolvem um modelo baseado em lógica “fuzzy” que auxilia empresas que operam no transporte marítimo regular de contêineres a alocar suas capacidades de transporte segundo um método de gerenciamento de receitas.

O modelo apresenta duas funções objetivo, a primeira relacionada à maximização da margem de contribuição e a segunda relacionada à maximização do grau de satisfação dos Agentes.

O modelo considera tarifas de fretes e custos variáveis médios, demandas de transporte mínimas e máximas e 4 tipos diferentes de contêineres. As principais restrições consideradas pelo modelo são: capacidades dos navios, atendimento das demandas e custo de reposicionamento de contêineres.

Para modelar o grau de satisfação dos Agentes, os autores definem três funções que são utilizadas de acordo com a categoria de cada Agente, são elas: moderado, conservador e agressivo.

Para finalizar, os autores apresentam um estudo de caso em que consideram uma rota Ásia-Europa, operando com 8 navios com capacidade de 3.350 TEUs cada. Os autores consideram os resultados do modelo satisfatórios e ressaltam os benefícios atingidos, como: diminuição nos custos de reposicionamento de contêineres, aumento das margens de contribuição e satisfação dos Agentes e também uma melhor utilização dos navios.

RORATO (2003) apresenta um estudo em que avalia as vantagens econômicas que resultam do transporte intermodal rodo-hidroviário de contêineres e do uso de caminhões com capacidades diversas, em especial para o transporte de cargas frigoríficas.

Com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica o autor dimensiona a frota e elabora um modelo de custos de transporte na rede de rotas para diversos cenários alternativos.

O autor apresenta um estudo detalhado sobre a composição de custos tanto do modal rodoviário como do modal marítimo e propõe um modelo para a escolha do modo de transporte mais econômico, dada uma determinada rede de transporte.

Por último, RORATO (2003) desenvolve um estudo de caso em que compara o custo de três tecnologias de transporte diferentes, duas utilizando somente o modal rodoviário, cada uma com um tipo de caminhão, e uma terceira utilizando o modal hidro-rodoviário. O autor conclui que o modelo é capaz de selecionar o modal de transporte mais econômico e fazer análises de sensibilidade consistentes.

STANTON (2002) desenvolve um estudo relacionado à pesquisa de mercado no setor de transportes. O autor utiliza-se de duas técnicas, “*Quality Function Deployment*” (QFD) e Preferência Declarada (PD). A primeira, com o objetivo de analisar as necessidades de transporte dos consumidores e a segunda quanto eles estão dispostos a desembolsar para satisfazer essa necessidade.

O estudo leva em consideração apenas os modais: rodoviário e aquaviário, e faz uma análise sobre a concorrência entre o transporte rodoviário e o transporte por cabotagem no Brasil.

Um das conclusões deste estudo são as qualidades demandadas pelos consumidores no serviço de transporte por cabotagem. O autor apresenta as cinco primeiras na seguinte ordem: Disponibilidade de serviço porta a porta, Cumprimento do prazo de entrega, Oferecer serviço multimodal, Maior frequência de saída dos navios e Cumprimento da programação dos navios.

Posteriormente o autor analisa quais atributos possuem maior impacto no sentido de aumentar o volume transportado por cabotagem. STANTON (2002) conclui que os três atributos mais importantes, pela ordem apresentada, são: Cumprimento do prazo de entrega, Preço do serviço (Frete de cabotagem praticados) e Gerenciamento de risco (seguro de responsabilidade civil e desaparecimento de carga, escolta e GPS).

Finalmente o autor conclui que alterando-se apenas os atributos de Cumprimento de prazo de entrega e Gerenciamento de Risco de modo a proporcionar maior satisfação dos usuários, o serviço de transporte por cabotagem seria capaz de atrair 15,8% do volume transportado pelo modal rodoviário.

2.4 - Taxonomia do problema

A Tabela 2.2 apresenta uma comparação entre os autores estudados, evidenciando os temas abordados por cada um deles. Na última linha da Tabela é mostrado como o presente trabalho se enquadra nestes temas.

Tabela 2.1 Taxonomia do Problema.

Autor	Modelo Quantitativo baseado em Custos	Modelo Quantitativo baseado em Margem de Contribuição	Modelo Qualitativo + Modelo Quantitativo	Modal de Transporte Rodoviário	Modal de Transporte Aquaviário	Rotas de Longo Curso	Rotas de Cabotagem
ONO	✓				✓		✓
COSTA		✓			✓	✓	
TING e TZENG		✓			✓	✓	
RORATO	✓			✓	✓		✓
STANTON			✓	✓	✓		✓
Presente Trabalho		✓		✓	✓	✓	✓

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Este capítulo define e apresenta a metodologia que será utilizada para atingir os objetivos propostos neste estudo. Serão discutidas as adaptações realizadas no modelo matemático de otimização que será utilizado. A forma de cálculo e levantamento dos parâmetros é mostrada, assim como as hipóteses implícitas ao modelo.

3.1 - Descrição da metodologia

A metodologia desenvolvida neste trabalho pretende analisar a competitividade, principalmente em relação ao preço, entre o modal de transporte aquaviário –marítimo e o rodoviário, para determinadas viagens. Através disto, o estudo será capaz de responder se é viável a empresa disponibilizar parte da capacidade de transporte dos seus navios de longo curso para atender demandas de transporte de carga por cabotagem.

A metodologia é composta de três fases:

A primeira tem como objetivo fazer uma análise dos fretes praticados no mercado de transporte rodoviário no Brasil, principalmente em trechos considerados competidores diretos das rotas de cabotagem analisadas neste trabalho. Para isso, foram feitas pesquisas com empresas consideradas potenciais clientes do transporte de cabotagem brasileiro, a fim de levantar dados sobre os fretes rodoviários pagos atualmente. Defini-se também um método para justificar a demanda potencial de cabotagem que será utilizada na última fase da metodologia.

Na segunda fase, o modelo matemático proposto por COSTA (2006), que maximiza a margem bruta de contribuição da empresa através da seleção das “melhores” cargas, é

adaptado com o objetivo de analisar a atratividade das demandas de transporte de carga por cabotagem. Ou seja, dada a estrutura de operação atual da empresa em uma rota de longo curso, o modelo matemático é capaz de identificar se e quais cargas de cabotagem contribuem de forma positiva quando integradas na carteira de clientes da empresa e quais os impactos dessa mudança.

Na terceira fase, o modelo matemático adaptado será alimentado com os dados obtidos na primeira fase a fim de se verificar qual a influência gerada pela integração de transporte de cargas de longo curso e cabotagem no Brasil. Serão avaliadas as mudanças ocorridas devido à utilização de parte da capacidade de transporte de longo curso ser utilizada para transporte de cabotagem. Vale ressaltar que os navios manterão suas rotas originais de longo curso, porém o modelo matemático será capaz de “visualizar” demandas de cabotagens entre portos brasileiros.

A Figura 3.1 ilustra a metodologia proposta.

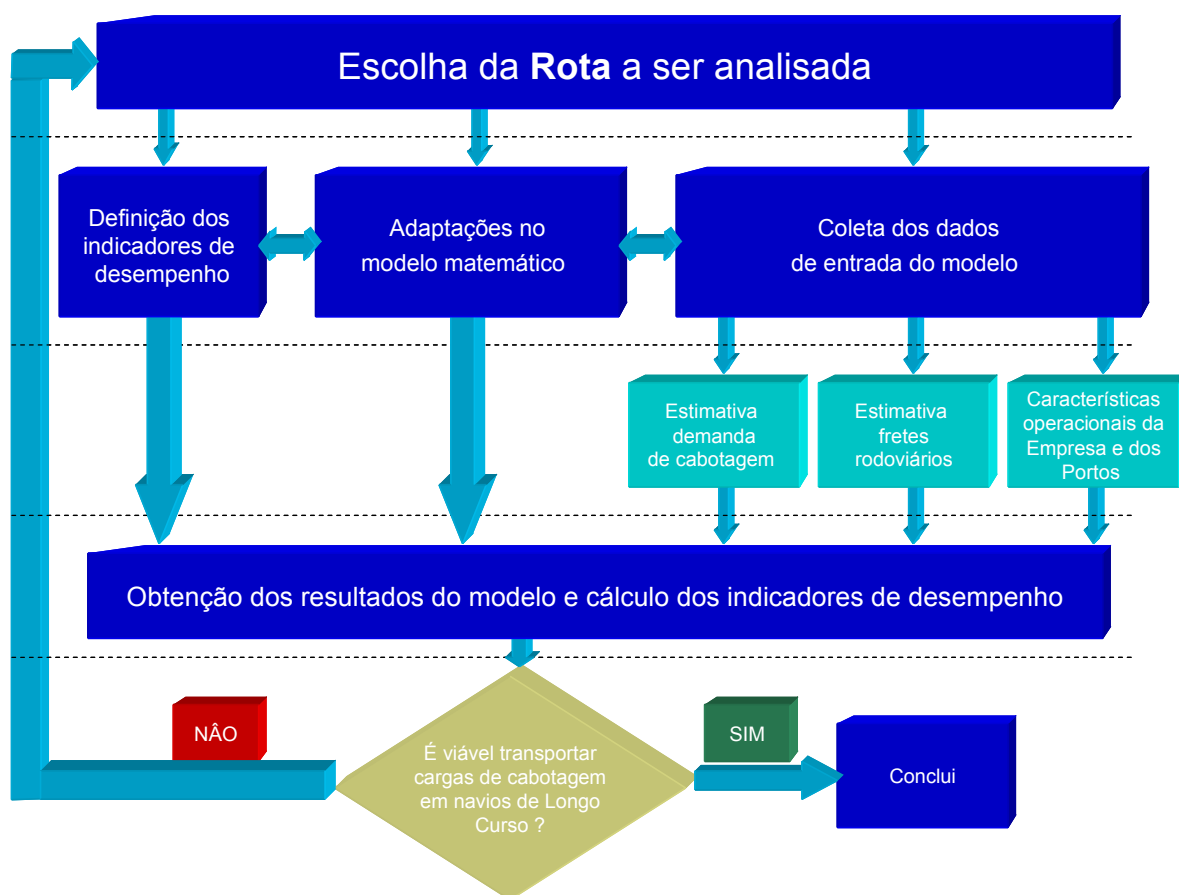


Figura 3.1 Esquema da metodologia utilizada.

3.2 - Levantamento dos dados

Para o desenvolvimento das análises de frete rodoviário foram coletados dados em uma empresa de consultoria de alta confiabilidade no mercado e para validação desses números foram pesquisadas duas empresas consideradas de grande porte que atuam no mercado nacional, e devido suas características geográficas e de produtos, podem ser consideradas como potenciais clientes do transporte por cabotagem. Devido à política de confidencialidade das empresas, essas não permitiram que seus nomes fossem divulgados neste trabalho e por isso serão tratadas aqui como Empresa A e Empresa B.

Tais empresas foram escolhidas por apresentarem características que condizem com aquelas de empresas que utilizam o modal de transporte aquaviário-marítimo para movimentar suas cargas e também devido suas características geográficas que eram condizentes com a rota analisada neste estudo. Por exemplo, as empresas apresentam produtos que podem ser transportados considerando o tempo da viagem e frequência dos navios e, além disso, possuem plantas e centros de distribuição localizados em posições similares àquelas servidas pelo serviço de transporte marítimo.

Para o suporte do modelo matemático, com relação aos dados da rota analisada e características da frota de navios, foram utilizadas informações da empresa HamburgSüd. Com relação às demandas de transporte de cargas de longo curso, as informações foram coletadas da base de dados da empresa Datamar, (DATAMAR, 2006), que atualmente é a mais disseminada entre os Armadores.

Essa base de dados é de propriedade da empresa HamburgSüd que a disponibilizou para a elaboração deste trabalho. A Datamar é uma empresa que fornece informação relacionada ao comércio internacional marítimo para países da costa leste da América do Sul. Essa informação é transcrita da melhor fonte em existência, manifestos de cargas¹⁴, obtidos em parceria com associações marítimas regionais e diretamente das linhas de navegação. As informações são comparadas com estatísticas oficiais de comércio exterior e com dados de portos, terminais e associações comerciais proporcionando uma maior qualidade e confiabilidade dos dados (DATAMAR, 2006).

¹⁴ Ver glossário.

Após a coleta de todos os dados de entrada do modelo, tomou-se o cuidado de refinamento e validação destes. A Tabela 3.1 apresenta uma breve descrição dos principais dados utilizados neste trabalho, suas respectivas fontes e validações.

Tabela 3.1 Levantamento e Validação dos dados.

Descrição dos Dados	Fontes	Validação
Características da Rota Analisada ● Tempo de trânsito entre os portos; ● Tamanho da frota de navios; ● Calados dos portos.	HamburgSüd	HamburgSüd
Características dos Navios ● Capacidade em TEUs; ● Capacidade em <i>Deadweight</i> de carga; ● Capacidade para contêineres de 40 pés; ● Capacidade para contêineres refrigerados.	HamburgSüd	HamburgSüd
Dados de Custos Referentes à movimentação de contêineres em terminais portuários: ● Embarque; ● Desembarque; ● Armazenagem; ● Transporte. Referentes à atividade logística de contêineres vazios: ● Reposicionamento, ● Transporte Terrestre; ● Movimentação em terminais; ● Manutenção e Reparo.	HamburgSüd	HamburgSüd
Dados de Receitas para Viagens de Longo Curso ● Foram coletados dados de fretes referentes à todas as origens, destinos, tipos de cargas e tipos de contêineres, que são considerados no modelo matemático.	HamburgSüd	HamburgSüd
Dados de Demandas de Importação e Exportação (Brasil) ● Foram coletados as demandas de Importação e Exportação referentes à todas as origens, destinos, tipos de cargas e tipos de contêineres, que são considerados no modelo matemático.	DATALINER Brasil	HamburgSüd
Dados de Demandas de Importação e Exportação (Argentina) ● Foram coletados as demandas de Importação e Exportação referentes à todas as origens, destinos, tipos de cargas e tipos de contêineres, que são considerados no modelo matemático.	DATALINER Plate Area	HamburgSüd
Dados de Demandas de Cabotagem (Brasil) ● Foram estimadas as demandas de transporte de carga por cabotagem referentes à todas as origens e destinos (entre portos brasileiros), que são considerados no modelo matemático.	ANTAQ CNT TRUK	HamburgSüd
Preços Médios dos Fretes Rodoviários (Brasil) ● Foram estimados os fretes rodoviários referentes à todas as origens e destinos (entre portos brasileiros), que são considerados no modelo matemático.	Frota&Cia	Empresa A Empresa B

3.3 - Análise do frete rodoviário

Para verificar os fretes rodoviários praticados no mercado recentemente fez-se uma análise do banco de dados da empresa Frota&Cia (FROTA&CIA, 2006), que é uma empresa direcionada para o segmento de transportes e disponibiliza gratuitamente informações referentes a fretes rodoviários praticados no mercado em âmbito nacional. Em um segundo momento, as informações coletadas foram validadas através de uma pesquisa feita com duas empresas que se utilizam de transporte rodoviário para o deslocamento de suas cargas.

A coleta dos dados e a análise das informações foram direcionadas de tal forma que facilitassem a posterior comparação com os preços de fretes praticados no mercado de cabotagem. Ou seja, dadas as possíveis formas de transporte do modal aquaviário, buscou-se avaliar qual o preço que deveria ser pago caso essa carga fosse transportada com o modal rodoviário. Para isso, adotou-se a seguinte hipótese: um caminhão “*truck*” transporta o equivalente a um contêiner de 20 pés, enquanto uma carreta transporta o equivalente a um contêiner de 40 pés. Caso as cargas fossem refrigeradas, 20 pés ou 40 pés refrigerados, considerou-se o preço do frete rodoviário refrigerado.

Considerações do transporte de cargas rodoviário no Brasil

Segundo estudo COPPEAD (2002) o valor médio pago pelos fretes rodoviários é muito baixo em comparação com os custos incorridos. Este frete artificialmente baixo é um problema porque compromete a saúde do setor, impede o crescimento de outros modais e gera externalidades negativas para a sociedade.

De acordo com este estudo, o setor de transporte de carga rodoviário apresenta uma concorrência predatória em que as baixas barreiras de entrada, altas barreiras de saída, baixa manutenção e renovação de veículos, carregamentos com sobrepeso, jornadas de trabalho excessivas e inadimplência no setor são consideradas como as principais causas para o baixo valor dos fretes rodoviários.

O estudo vai além, ressaltando que as principais questões que motivam a entrada de novos transportadores rodoviários de carga no mercado são: alto índice de desemprego no País; facilidade para se tornar motorista autônomo (basta possuir a habilitação específica e o veículo) e faturamento mensal médio atraente, de aproximadamente R\$ 3 mil por mês. Apesar

de o faturamento mensal ser relativamente alto, os custos associados também o são (manutenção, combustível, pneus, etc.), tornando a remuneração líquida do motorista autônomo baixa.

Com relação à saída do mercado do excedente de transportadores autônomos, deve-se considerar que sua baixa qualificação (nível de escolaridade e formação profissional) gera barreiras para que isto ocorra.

As barreiras de entrada e saída citadas acima geram excesso de oferta e práticas danosas como baixa renovação e manutenção da frota, transporte acima do peso máximo permitido e jornadas excessivas de trabalho COPPEAD (2002).

Fretes rodoviários praticados

Levando em consideração as distâncias entre os portos brasileiros que serão avaliados pelo modelo matemático no capítulo 4, chegou-se nos fretes representados nos gráficos a seguir.

Duas faixas de preços foram consideradas para o transporte de cargas secas, uma menor, relativa ao transportador carreteiro¹⁵, e uma faixa maior relativa à empresa de transporte. Como já citado anteriormente, o setor de transporte rodoviário no Brasil é fortemente influenciado pelos transportadores autônomos que adotando uma política predatória oferecem os serviços com preços mais baixos.

Os códigos “20_” e “40_” representam, respectivamente, caminhão “*truk*” e caminhão carreta.

¹⁵ Transportador autônomo que se utiliza de seu próprio caminhão para fazer o transporte das cargas de seus clientes.

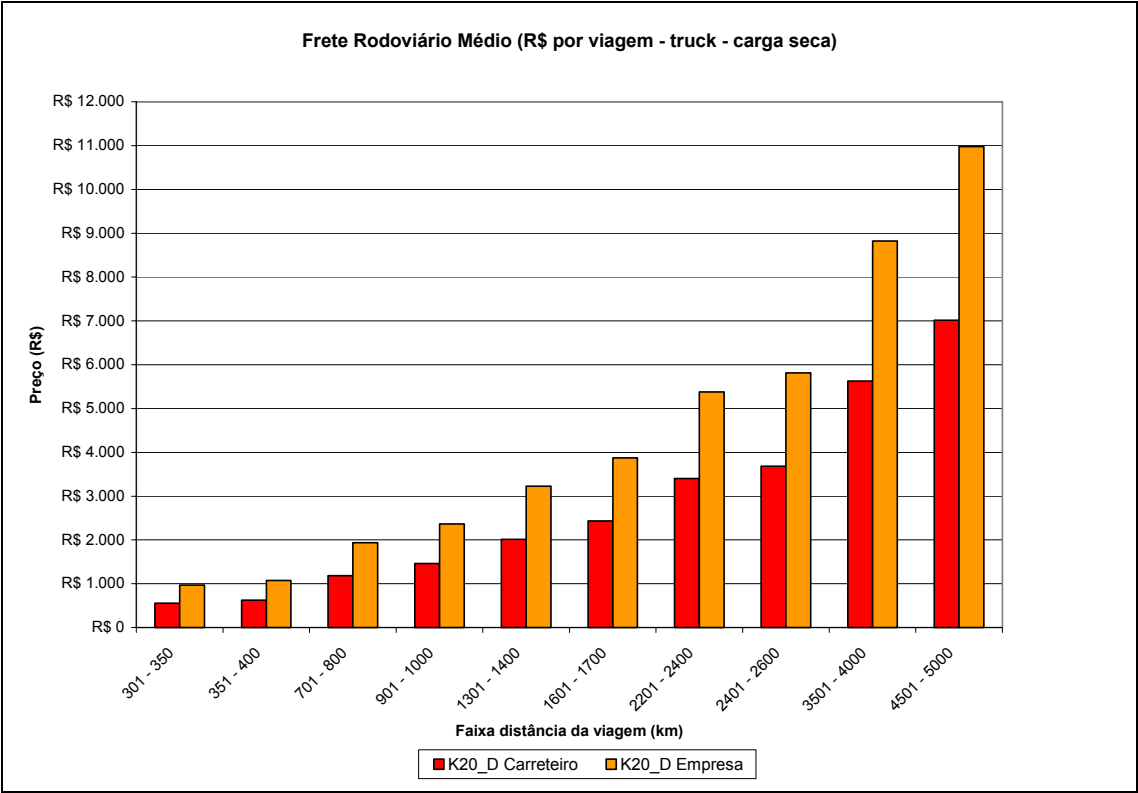


Figura 3.2 Frete rodoviário médio para caminhão *Truck* e carga seca.

Fonte: Adaptado Frota&Cia

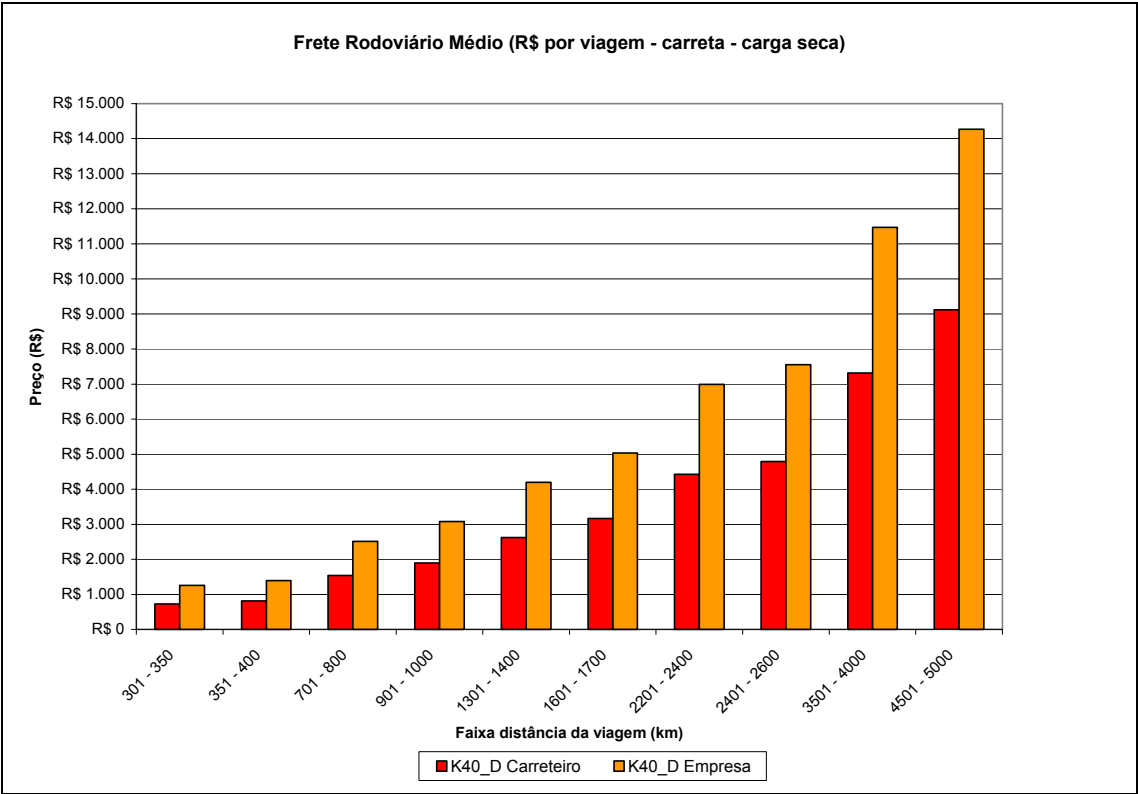


Figura 3.3 Frete rodoviário médio para caminhão carreta e carga seca.

Fonte: Adaptado Frota&Cia

Já para o transporte de cargas refrigeradas, os transportadores autônomos são muito menos presentes e, portanto, para esse tipo de carga, consideraram-se somente os preços praticados por empresas transportadoras.

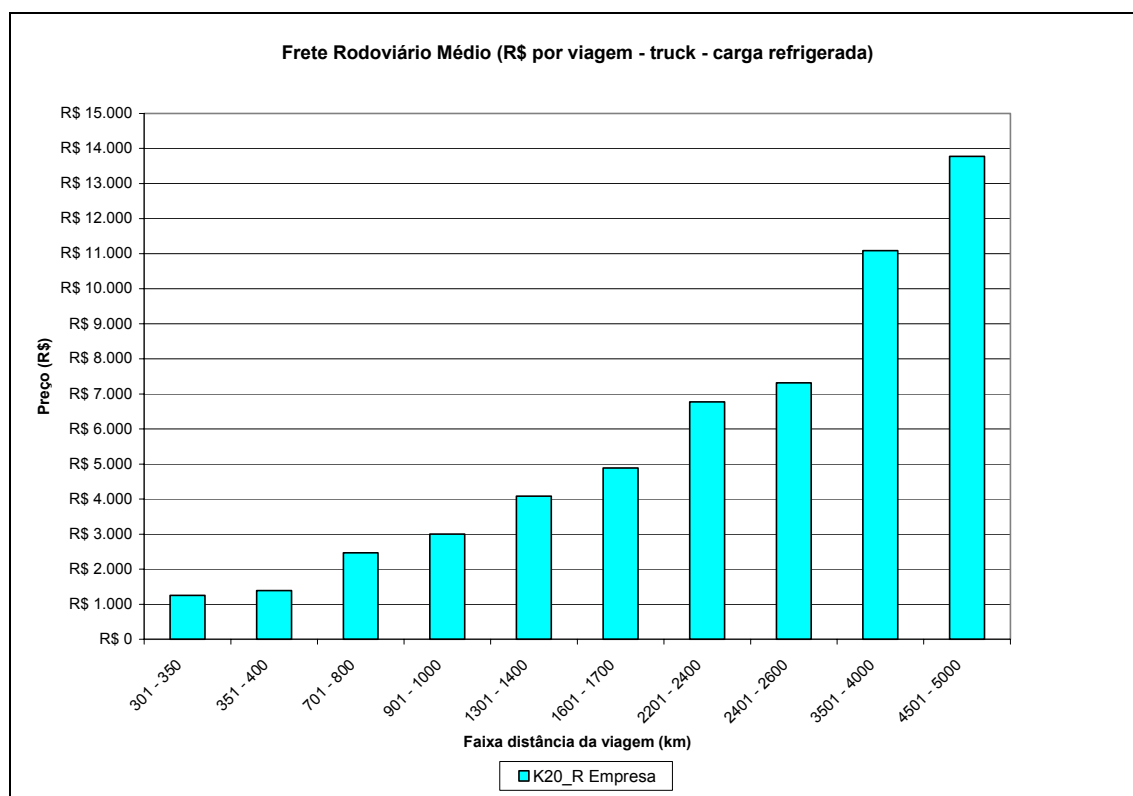


Figura 3.4 Frete rodoviário médio para caminhão “Truck” e carga refrigerada.

Fonte: Adaptado Frota&Cia

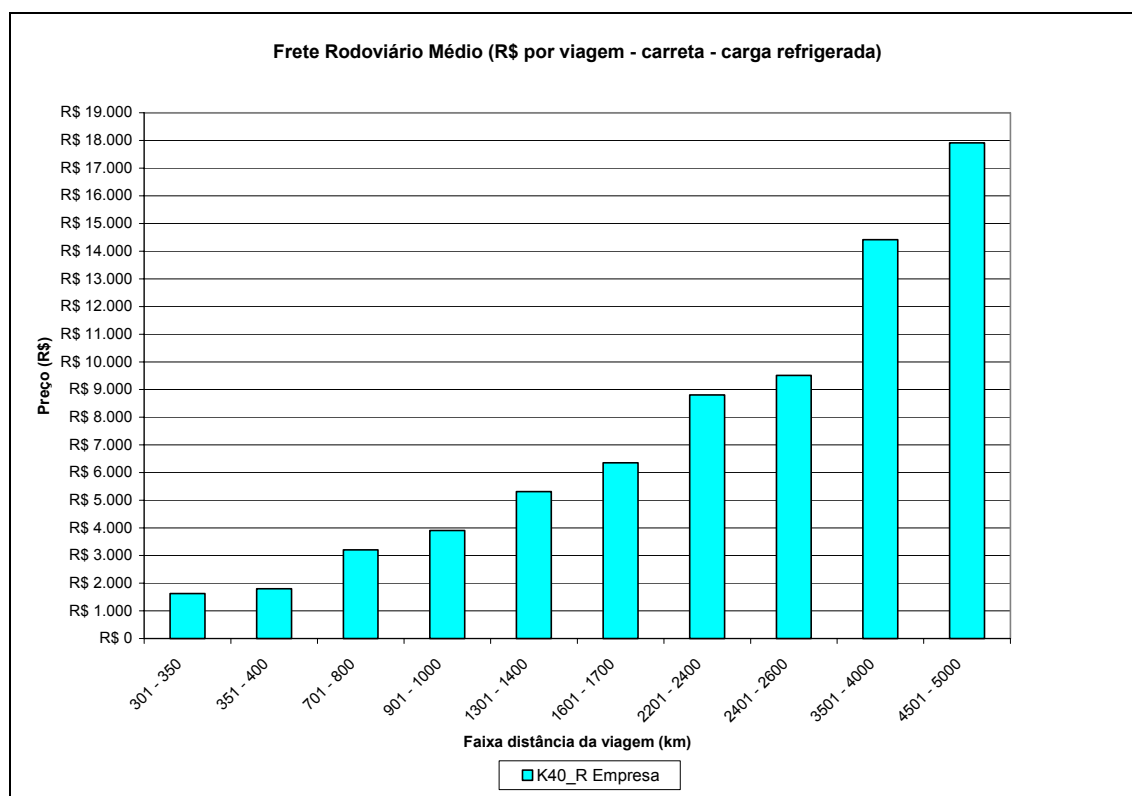


Figura 3.5 Frete rodoviário médio para caminhão carreta e carga refrigerada.

Fonte: Adaptado Frota&Cia

Os dados coletados com a pesquisa realizada nas empresas A e B são referentes ao ano de 2006. Analisando-se estatisticamente os dados, conclui-se a presença de forte correlação linear entre os preços dos fretes e as distâncias das viagens, conforme apresentado nas Figuras 3.6, 3.7 e 3.8. Dadas às equações das retas de regressão, foram calculados os fretes em função das distâncias previamente estabelecidas (de acordo com os trechos de cabotagem que serão analisados) a fim de validar os valores que foram utilizados como dados de entrada do modelo matemático.

Com os dados da Empresa A, pôde-se fazer a análise dos fretes praticados por tipo de carga e caminhão. São consideradas cargas do tipo: seca e refrigerada e caminhões do tipo: carreta e “Truck”.

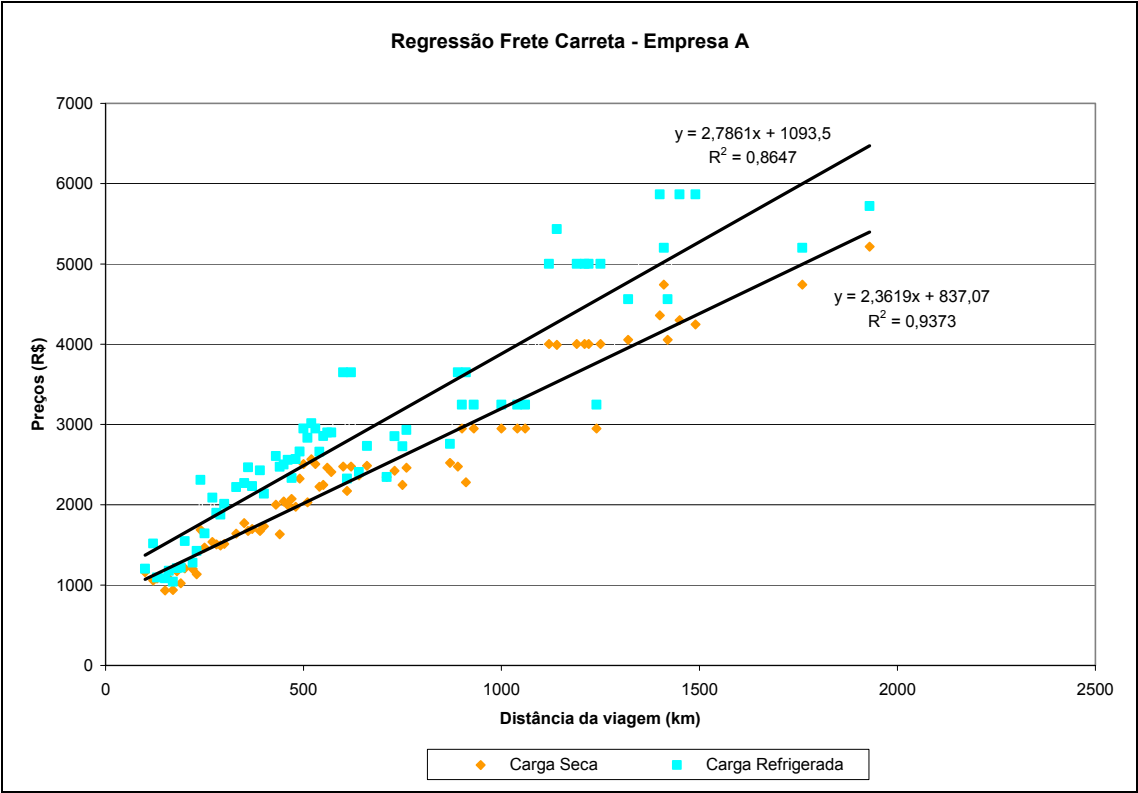


Figura 3.6 Regressão dos valores de frete – Carreta – Empresa A.

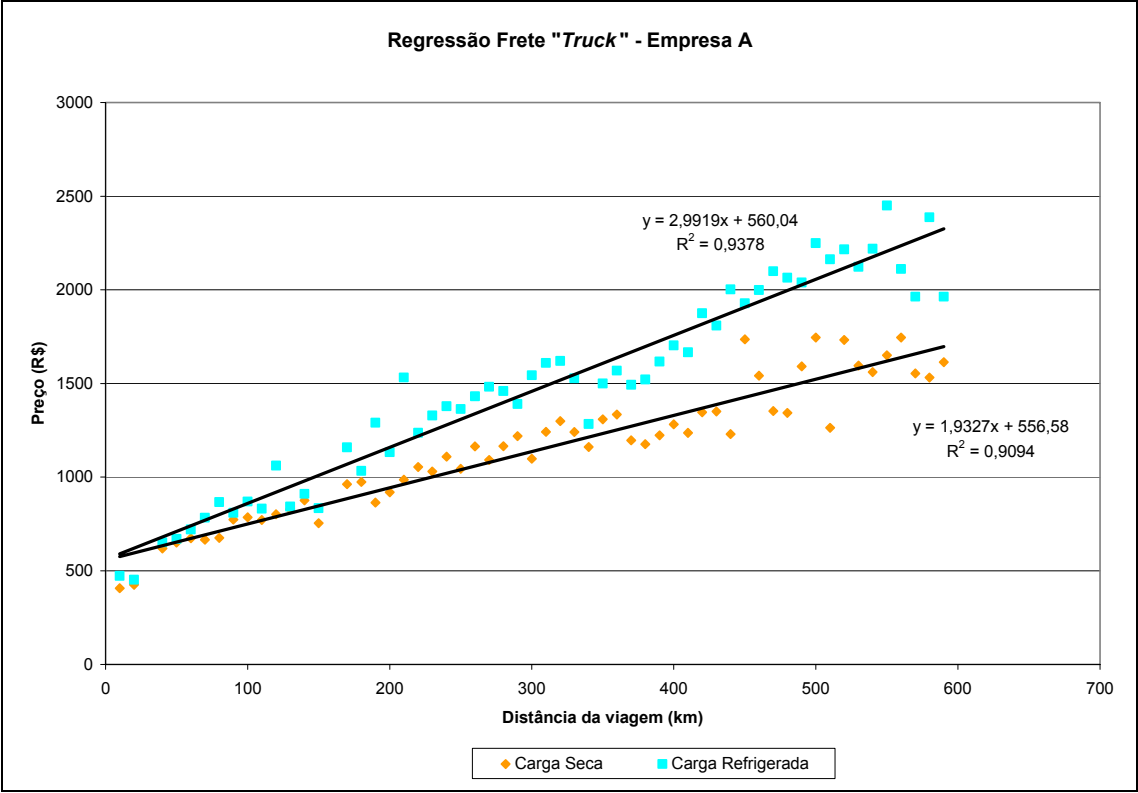


Figura 3.7 Regressão dos valores de frete – “Truck” – Empresa A.

Com os dados obtidos na Empresa B, pôde analisar os preços dos fretes, segundo as cargas transportadas (seca ou refrigerada), somente para caminhões do tipo carreta.

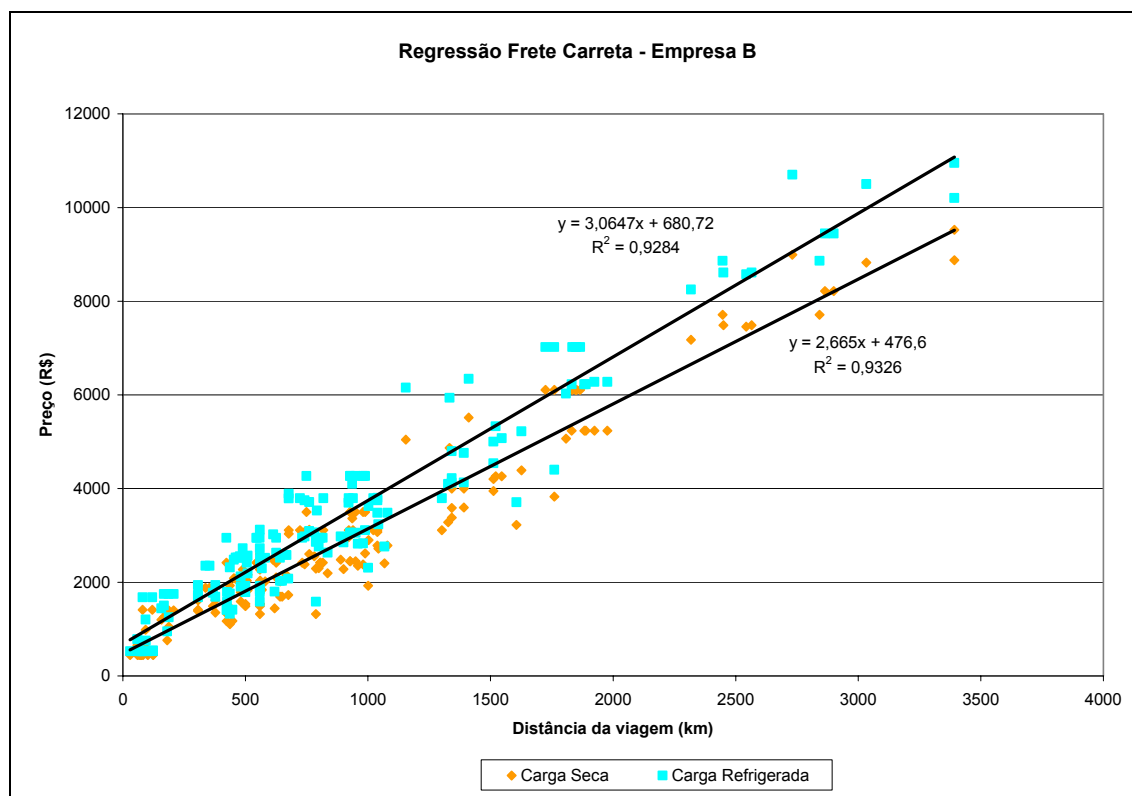


Figura 3.8 Regressão dos valores de frete – Carreta – Empresa B.

Para ambas as empresa, chegou-se em valores de fretes pagos muito próximos aqueles da base de dados da empresa Frota&Cia.

3.4 - Demanda de Cabotagem

Nesta fase do trabalho simulou-se qual seria a demanda potencial total de cabotagem para o ano de 2004, adotando-se hipóteses consistentes que serão descritas a seguir. Utilizou-se como base os dados obtidos por esta simulação e considerou-se uma tendência de crescimento deste mercado com o objetivo de estimar a demanda de cabotagem potencial para o período jul/2005-jun/2006. Tal demanda foi utilizada como dado de entrada no modelo matemático.

Adotou-se tal procedimento devido à falta de dados estatísticos referentes ao setor de transportes, principalmente aquele de cabotagem, para anos posteriores ao de 2004.

Para simular qual seria a demanda potencial de transporte por cabotagem disponível no ano de 2004, considera-se além da demanda de cabotagem, uma segunda demanda proveniente da potencial substituição do modal rodoviário pelo aquaviário.

Com a utilização de navios de longo curso para o transporte de cargas de cabotagem, a empresa seria capaz de ofertar maior capacidade de transporte neste mercado e aumentar a frequência de saídas dos navios em cada porto. O aumento do nível de serviço e a expansão da capacidade de transporte aumentariam a competitividade deste modal, atraindo cargas que antes eram transportadas pelo modal rodoviário.

A movimentação de contêineres por cabotagem pode ser dividida em dois segmentos. Um referente ao transporte interno de cargas no país, outro, referente ao Serviço Concentrador-Alimentador de Contêineres ¹⁶, que basicamente representa o transporte de cargas internacionais, entre portos brasileiros. Neste estudo são considerados ambos os segmentos.

Substituição de Modais

Segundo pesquisa realizada pela consultoria Truk, TRUK (2002), os fluxos de cargas inter-regionais brasileiro, em 2004, considerando-se o modal rodoviário, era caracterizado de acordo com a Tabela 3.2.

¹⁶ Ver glossário.

Tabela 3.2 Distribuição dos fluxos inter-regionais.

Participação nos Fluxos Inter-regionais (em %)

Destino Origem	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Totais
Norte	0,6%	2,3%	4,5%	0,9%	1,3%	9,5%
Nordeste	0,9%	4,0%	4,1%	0,9%	1,9%	11,9%
Sudeste	5,6%	10,8%	7,6%	5,9%	5,3%	35,2%
Sul	2,3%	6,3%	9,3%	2,5%	5,2%	25,7%
Centro-Oeste	2,8%	5,0%	4,6%	3,3%	2,1%	17,7%
Totais	12,2%	28,4%	30,1%	13,5%	15,8%	100,0%

Fonte: Adaptado pesquisa “Truk”

A Tabela 3.2 representa o fluxo de carga de importação e exportação, em percentual, de cada região. A pesquisa ressalta o grande desequilíbrio nos fluxos inter-regionais, mostrando que a região Sudeste lidera esta movimentação, com 35,2% das exportações, 30,1% das importações.

De acordo com Boletim Estatístico da Confederação Nacional do Transporte, CNT (2005), o total de cargas movimentadas pelo modal rodoviário, em toneladas, no ano de 2004 foi de 665.578.033. Se forem consideradas as distribuições dos fluxos de cargas (Tabela 3.2) somente nas regiões que estão envolvidas neste trabalho, conforme apresentado na figura 3.9, pode-se construir a Tabela 3.3.



Figura 3.9 Portos e regiões brasileiras considerados no estudo.

Fonte: Adaptado Hamburg Süd.

Tabela 3.3 Fluxos de cargas, em 2004 – modal rodoviário.

Movimentação com modal rodoviário (em toneladas)			
Destino \ Origem	Nordeste	Sudeste	Sul
Nordeste	26.640.000	27.306.000	5.994.000
Sudeste	71.928.000	50.616.000	39.294.000
Sul	41.958.000	61.938.000	16.650.000

Adota-se a hipótese de que um contêiner de 20 pés carregue, em média, 15 toneladas de carga e estima-se que a competitividade do transporte marítimo seja capaz de atrair 1% das cargas que são transportadas pelo modal rodoviário (segundo STANTON (2002) a substituição dos modais pode chegar a 15%). Assim, no ano de 2004, o potencial de demanda de cabotagem devido à substituição dos modais, seria conforme a representada na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 Simulação demanda potencial, em número de TEUs, no ano de 2004, devido à substituição do modal rodoviário.

Demanda Potencial (em TEUs) - Substituição Rodoviário			
Destino			
Origem			
Nordeste	17.760	18.204	3.996
Sudeste	47.952	33.744	26.196
Sul	27.972	41.292	11.100

Considerou-se neste trabalho que o crescimento do mercado de transporte rodoviário do ano de 2004 para o ano de 2005 seria insignificante e, portanto os dados da Tabela 3.4 foram considerados válidos para o cálculo da demanda potencial de cabotagem para o ano de 2005.

Movimentação de Contêineres na Cabotagem

Considerando-se somente os portos brasileiros envolvidos neste estudo, segundo Anuário Estatístico Portuário 2004 (ANTAQ, 2004b), a evolução na movimentação de contêineres, em TEUs, na navegação de cabotagem é caracterizada conforme Figura 3.10.

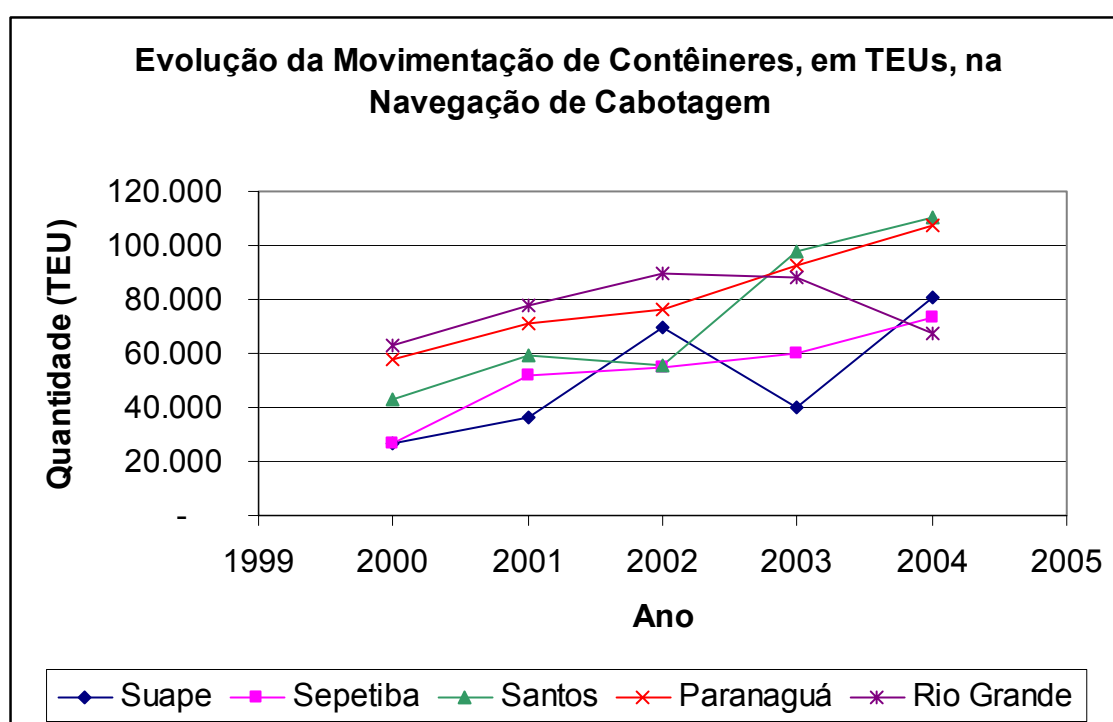


Figura 3.10 Evolução da Movimentação de Contêineres – Navegação de Cabotagem.

Segundo Anuário Estatístico da Navegação Marítima (ANTAQ, 2004a) a tendência de crescimento para o mercado de transporte de contêineres por cabotagem no Brasil, considerando-se todos os portos brasileiros, pode ser representado conforme Figura 3.11.

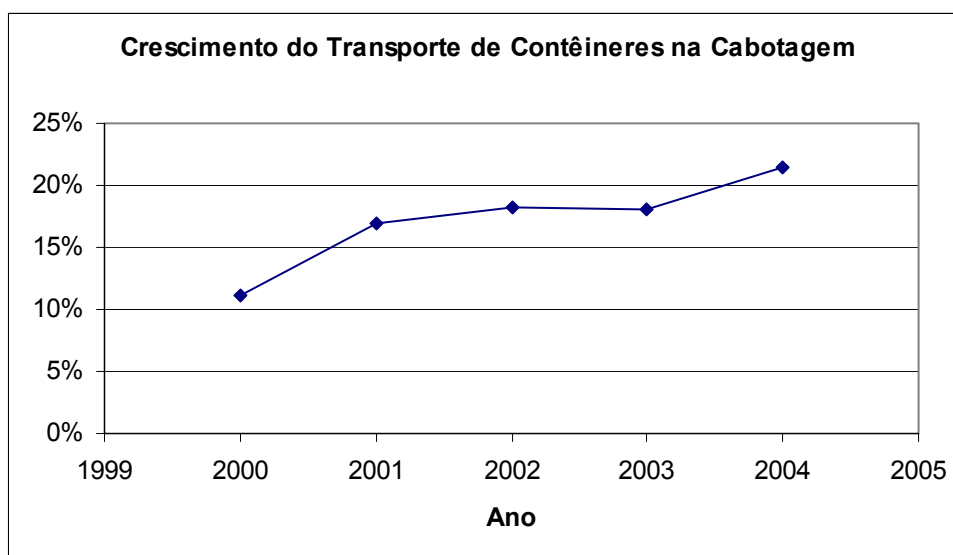


Figura 3.11 Crescimento do mercado de transporte de contêineres por cabotagem.

Desta forma, considera-se um crescimento de 20% para se estimar a demanda de transporte de contêineres por cabotagem para o período de 2005, que é apresentada na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 Movimentação de Contêineres por Cabotagem, em TEUs.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Suafe	26.942	36.043	69.932	39.705	80.404	96.485
Sepetiba	26.390	51.842	54.638	60.309	73.539	88.247
Santos	42.662	59.484	55.843	97.459	110.060	132.072
Paranaguá	58.000	71.106	76.091	92.343	107.379	128.855
Rio Grande	62.638	77.601	89.680	87.882	67.530	81.036

Finalmente, a demanda potencial total, que é soma da demanda de cabotagem mais a demanda proveniente da potencial substituição dos modais, para o ano de 2005, é dada conforme Tabela 3.6.

É importante notar que a demanda proveniente da substituição do modal rodoviário, representaria um crescimento de mais de 50% do mercado de transporte de contêineres por

cabotagem, mesmo sendo considerado que somente 1% do total de carga transportada pelo modal rodoviário fosse substituída pela cabotagem.

Considera-se que a demanda proveniente da substituição dos modais será distribuída conforme a participação de cada porto na região em que atua.

Tabela 3.6 Demanda Potencial Total para o ano de 2005, em TEUs.

	Transporte de Contêineres por Cabotagem (2005)	Transporte de Contêineres devido à substituição do modal rodoviário (2005)	Crescimento do Mercado de Cabotagem, se considerado a substituição dos modais	Demanda Potencial Total da Cabotagem
Suaape	96.485	39.960	59%	136.445
Sepetiba	88.247	43.215	51%	131.462
Santos	132.072	64.677	51%	196.749
Paranaguá	128.855	49.337	62%	178.191
Rio Grande	81.036	31.027	62%	112.063

3.5 - Modelo matemático adaptado

Conhecendo-se os parâmetros relativos à:

- Rota
 - Os portos de escala e os tempos de trânsito entre eles;
 - Os custos de embarque e de desembarque de contêineres cheios e vazios em cada porto de escala;
 - Os calados¹⁷ máximos em cada porto de escala;
 - Tempo de viagem redonda.
- Frota de navios porta contêineres
 - Definida como sendo homogênea;
 - A capacidade do navio em termos de “*Deadweight*” de carga e em TEU;
 - A quantidade máxima de contêineres de 40’ que pode ser estivada no navio;
 - A quantidade de tomadas para contêineres frigoríficos.

¹⁷ É a designação dada à profundidade a que se encontra o ponto mais baixo da quilha de uma embarcação.

- Demanda de cargas
 - Demanda por tipo de carga, tipo de container e por porto de origem e de destino;
 - Frete por tipo de carga e tipo de contêiner;
 - Custo de atendimento por tipo de carga;
 - Pesos por tipo de carga e de contêiner.
- Logística de contêineres vazios
 - Custos de movimentação, transporte, armazenagem em cada porto da rota.

O modelo utilizado é capaz de selecionar as cargas, por porto de embarque e desembarque, e por tipo de contêiner, que maximizam a margem bruta de contribuição dos fretes no horizonte de planejamento da empresa.

3.6 - Descrição do modelo matemático adaptado

Nesta etapa do trabalho é descrito o modelo matemático adaptado do estudo de COSTA (2006) e enfatizada as principais mudanças. Inicialmente são apresentados os índices utilizados, depois os parâmetros e as variáveis de decisão.

Nomenclatura dos índices

Os seguintes índices serão utilizados para o desenvolvimento do modelo matemático proposto neste trabalho:

- p - índice para representar os portos do modelo;
- i - índice para representar os portos em uma condição de embarque dos contêineres;
- j - índice para representar os portos em uma condição de desembarque dos contêineres;
- k - índice para representar os tipos de contêiner;
- c - índice para classificação dos tipos de carga;
- t - índice para indicar o período de tempo;
- δ - índice para indicar os períodos de tempo antecessores aos de índice t ;
- P - conjunto de todos os portos;

- I - conjunto de todos os portos em que há embarque de contêiner;
- J - conjunto de todos os portos em que há desembarque de contêiner;
- K - conjunto de todos os tipos de contêiner.
- K^R - subconjunto de K ($K^R \subset K$) com todos os contêineres do tipo refrigerado;
- K^F - subconjunto de K ($K^F \subset K$) com todos os contêineres do tamanho de 40 pés;
- C - conjunto de todos os tipos de carga;
- T - conjunto de todos os períodos de tempo;
- Δ - conjunto com todos os períodos de tempo antecessores do índice t .

Convém lembrar que uma operação de embarque ou desembarque pode ser tanto de um contêiner cheio, que no caso representaria uma operação de exportação (embarque) ou de importação (desembarque), como para um contêiner vazio, sendo, no caso, uma operação de reposicionamento.

Nomenclatura dos parâmetros

Os parâmetros utilizados no modelo matemáticos estão descritos a seguir:

- $D^F_{i, j, k, c, t}$ - demanda de contêineres do tipo de índice k , com carga do tipo de índice c , do porto de embarque de índice i para o porto de desembarque de índice j , no período de tempo de índice t ;
- $R^F_{i, j, k, c, t}$ - receita (frete+taxas), para uma unidade de contêiner do tipo de índice k , carregando uma carga do tipo de índice c , do porto de embarque de índice i , para o porto de desembarque de índice j , no período de tempo de índice t ;
- $C^F_{i, j, k}$ - custo de embarque ou desembarque de um contêiner cheio do tipo de índice k , indo do porto de embarque de índice i para o porto de desembarque de índice j ;
- $C^E_{i, j, k}$ - custo de embarque ou desembarque de um contêiner vazio do tipo de índice k , indo do porto de embarque de índice i para o porto de desembarque de índice j ;

- C_c^M - custo de atendimento ao tipo de carga de índice c ;
- C_k^S - custo de manter em estoque um contêiner do tipo de índice k , por um período de tempo equivalente a um mês;
- $W_{k,c}^F$ - peso médio dos contêineres cheios do tipo de índice k e com carga do tipo de índice c ;
- W_k^E - peso médio dos contêineres vazios do tipo de índice k ;
- H_p - “Deadweight” de carga máximo no porto de índice p ;
- $M_{p,i,j}$ - matriz de precedência. Esta matriz indica, com valores binários, quais os contêineres, com origem nos portos de embarque de índice i e com destino aos portos de desembarque de índice j estão no navio na entrada no porto de índice p . Isto é, $M_{p,i,j} = 1$, se um contêiner embarcado no porto de índice i com destino ao porto de índice j está no navio quando este chega ao porto p , e zero em caso contrário;
- $S_{j,i,k,\delta}^F$ - representa a fração de contêineres do tipo de índice k que, embarcados cheios no porto de índice i e desembarcados no porto de índice j , retornam vazios a este porto depois de δ períodos de tempo, contados a partir do embarque no porto de índice i . Assim, se $S_{j,i,k,\delta=1}^F = 0,8$ e $S_{j,i,k,\delta=2}^F = 0,2$ e, numa dada escala, são desembarcados 100 contêineres cheios do tipo k no porto j , vindos do porto i , então 80 destes contêineres retornam vazios ao porto j , no período seguinte ao embarque no porto i e os restantes 20 após dois períodos.

Para manter o balanço geral no modelo, admite-se que a relação abaixo é satisfeita:

$$\sum_{\delta \in \Delta} S_{j,i,k,\delta}^F = 1 \quad \text{para } \forall j \in J, \forall i \in I, \forall k \in K \quad (3.1)$$

- $S_{j,i,k,\delta}^E$ - representa a fração de contêineres do tipo de índice k que, embarcados vazios no porto de índice i e desembarcados no porto de índice j , ficam disponíveis

para utilização depois de δ períodos de tempo, contados a partir do embarque no porto de índice i . Assim, se $S^E_{j,i,k,\delta=1} = 0,8$ e $S^E_{j,i,k,\delta=2} = 0,2$ e, numa dada escala, são desembarcados 100 contêineres vazios do tipo k no porto j , vindos do porto i , então 80 destes contêineres estão disponíveis no porto j , no período seguinte ao embarque no porto i e os restantes 20 após dois períodos.

Para manter o balanço geral no modelo, admite-se que a relação abaixo é satisfeita:

$$\sum_{\delta \in \Delta} S^E_{j,i,k,\delta} = 1 \quad \text{para } \forall j \in J, \forall i \in I, \forall k \in K \quad (3.2)$$

- $L^F_{j,k,\delta}$ - representa a fração de contêineres do tipo de índice k que, liberados para exportação a partir do terminal de contêineres vazios no porto de índice j , retornam cheios a este porto depois de δ períodos de tempo, contados a partir da liberação. Assim, se $L^F_{j,k,\delta=1} = 0,8$ e $L^F_{j,k,\delta=2} = 0,2$ e, numa dada escala, são liberados 100 contêineres vazios do tipo k no porto j , então 80 destes contêineres retornam cheios ao porto j , no período seguinte à liberação e os restantes 20 após dois períodos.

Para manter o balanço geral no modelo, admite-se que a relação abaixo é satisfeita:

$$\sum_{\delta \in \Delta} L^F_{j,k,\delta} = 1 \quad \text{para } \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.3)$$

- $L^E_{j,k,\delta}$ - representa a fração de contêineres do tipo de índice k que, liberados para posicionamento a partir do terminal de contêineres vazios no porto de índice j , chegam vazios a este porto depois de δ períodos de tempo, contados a partir da liberação. Assim, se $L^E_{j,k,\delta=1} = 0,8$ e $L^E_{j,k,\delta=2} = 0,2$ e, numa dada escala, são liberados 100 contêineres vazios do tipo k no porto j , então 80 destes contêineres chegam vazios ao porto j , no período seguinte à liberação e os restantes 20 após dois períodos.

Para manter o balanço geral no modelo, admite-se que a relação abaixo é satisfeita:

$$\sum_{\delta \in \Delta} L^E_{j,k,\delta} = 1 \quad \text{para } \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.4)$$

- $P^X_{i,j,c,t}$ - fração máxima de participação do armador, entre o porto de origem de índice i e o porto de destino de índice j , em carga do tipo de índice c no período de tempo de índice t ;
- $P^L_{i,j,c,t}$ - fração mínima de participação do armador, entre o porto de origem de índice i e o porto de destino de índice j , em cargas do tipo de índice c no período de tempo de índice t ;
- N^V - número de navios alocados pelo armador à rota considerada;
- T^C - tempo de viagem redonda da rota, medido em períodos de tempo do conjunto T ;
- N^T - capacidade do navio em TEU;
- N^D - capacidade do navio em *Deadweight* de carga;
- N - fluxo máximo em TEU, que é função do número de navios e do tempo de viagem redonda da rota. O cálculo de N é feito pela seguinte fórmula:

$$N = \left(\frac{N^V \times N^T}{T^C} \right) \quad (3.5)$$

- N^P - capacidade de contêineres do tipo refrigerado do navio;
- N^F - capacidade de contêineres de 40 pés do navio;
- N^E_i - capacidade de armazenagem de contêineres vazios, em TEU, no porto de índice i ;
- N^C_k - Frota disponível de contêineres do tipo de índice k ;
- Q_k - número de TEU ocupado por um contêiner do tipo de índice k ;

- $T^R_{t, \delta, t'}$ - correlação dos períodos de tempo de índice t' antecessores aos períodos de tempo de índice t . O parâmetro assume valor um se o período de índice t' possuir uma relação de antecedência representada pelo índice δ sobre o índice t ; e assume valor zero em caso contrário. Por exemplo, o antecedente para $\delta=1$ de $t=2$ é $t'=1$, assim $T^R_{t=2, \delta=1, t'=1} = 1$; e o antecedente para $\delta=2$ de $t=4$ é $t'=2$, assim $T^R_{t=4, \delta=2, t'=2} = 1$.

A função deste parâmetro é identificar qual a correlação entre períodos para o caso de usar-se uma referência cíclica, como no caso da modelagem proposta. Assim, pode se correlacionar os períodos iniciais (T1, T2, etc.) com os períodos finais do modelo. Por exemplo, supondo que o modelo tenha 12 período, existe uma relação de antecedência para $\delta=1$ em $t=1$ e $t'=12$, assim $T^R_{t=1, \delta=1, t'=12} = 1$, ou seja, o antecedente imediato de $t=1$ é $t'=12$.

Variáveis de decisão

As seguintes variáveis de decisões compõem o modelo matemático proposto:

- C^T – margem de contribuição total dos fretes do sistema avaliado;
- $F^F_{i, j, k, c, t}$ - quantidade de contêineres cheios do tipo de índice k , com carga do tipo de índice c , embarcados no do porto de índice i para desembarque no porto de índice j no período de tempo de índice t ;
- $F^E_{i, j, k, t}$ – quantidade de contêineres vazios do tipo de índice k , embarcados no porto de índice i para desembarque no porto de índice j no período de tempo de índice t ;
- $E_{j, k, t}$ - estoque de contêineres vazios do tipo de índice k , no porto de índice j , no fim do período de tempo de índice t ;

- $R_{p,t}$ - quantidade de TEU no navio, na entrada do porto de índice p , no período de tempo de índice t . Representa a somatória das quantidades de contêineres cheios e vazios presentes no navio;
- $R_{j,k,t}^{SF}$ - quantidade de contêineres vazios do tipo de índice k que retorna ao porto de índice j , sendo embarcados em todos os portos de índice i (função do parâmetro $S_{j,i,k,\delta}^F$), no período de índice t , devolvidos por clientes de importação;
- $R_{j,k,t}^{SE}$ - quantidade de contêineres vazios do tipo de índice k que chega ao terminal de contêineres vazios do porto de índice j , sendo embarcados em todos os portos de índice i (função do parâmetro $S_{j,i,k,\delta}^E$), no período de índice t , após a realização de um reposicionamento de contêineres vazios;
- $R_{j,k,t}^{LF}$ - quantidade de contêineres vazios do tipo de índice k liberados a partir do terminal de contêineres vazios para os clientes de exportação do porto de índice j , no período de índice t ;
- $R_{j,k,t}^{LE}$ - quantidade de contêineres vazios do tipo de índice k liberados a partir do terminal de contêineres vazios para reposicionamento a partir do porto de índice j , no período de índice t ;

Função objetivo

A função objetivo é maximizar a margem bruta de contribuição dos fretes para a empresa:

$$C^T = \left[\begin{aligned} & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} (R_{i,j,k,c,t}^F * F_{i,j,k,c,t}^F) - \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} (C_{i,j,k}^F * F_{i,j,k,c,t}^F) - \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} (C_c^M * F_{i,j,k,c,t}^F) - \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} (C_{i,j,k}^E * F_{i,j,k,t}^E) - \\ & \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} (C_k^S * E_{j,k,t}) \end{aligned} \right] \quad (3.6)$$

As parcelas a direita, na expressão 3.6, representam, respectivamente, a receita, os custos de movimentação dos contêineres cheios, os custos para atendimento dos tipos de carga, os custos de movimentação dos contêineres vazios e os custos de armazenagem de contêineres vazios.

Restrições

A seguir são apresentadas as seguintes restrições a que estão sujeitas as variáveis de decisão.

- Participação máxima do armador no tipo de carga

Esta restrição limita a participação máxima esperada do armador nos tipos de cargas.

$$F^F_{i,j,k,c,t} \leq \lfloor P^X_{i,j,c,t} * D^F_{i,j,k,c,t} \rfloor \quad (3.7)$$

para $\forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K, \forall c \in C, \forall t \in T$

Para esta fórmula utilizou-se a função $f(x) = \lfloor x \rfloor$, que retorna o maior inteiro menor ou igual a x .

- Participação mínima do armador no tipo de carga

Esta restrição limita a participação mínima esperada do armador nos tipos de cargas.

$$F^F_{i,j,k,c,t} \geq \lfloor P^I_{i,j,c,t} * D^F_{i,j,k,c,t} \rfloor \quad (3.8)$$

para $\forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K, \forall c \in C, \forall t \in T$

Para esta fórmula utilizou-se a função $f(x) = \lfloor x \rfloor$, que retorna o maior inteiro menor ou igual a x .

- Balanço de contêineres vazios nos portos

Esta restrição faz o balanço de contêineres vazios em cada porto da rota.

$$E_{j,k,t} = E_{j,k,t'} + R_{j,k,t}^{SF} + R_{j,k,t}^{SE} - R_{j,k,t}^{LF} - R_{j,k,t}^{LE} \quad (3.9)$$

para $\forall j \in J, \forall k \in K, \forall t \in T, t' | T_{t,\delta=1,t'}^R = 1$

O estoque inicial é deixado livre para que possa ser escolhido pelo modelo.

- Cálculo da quantidade de contêineres vazios devolvida de importação

Esta restrição faz o cálculo de quantos contêineres vazios foram devolvidos no período t por clientes de importação, em cada porto, para cada tipo de contêiner.

$$R_{j,k,t}^{SF} = \sum_{i \in I} \sum_{c \in C} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{t' \in T} (T_{t,\delta,t'}^R * S_{j,i,k,\delta}^F * F_{i,j,k,c,t'}^F) \quad (3.10)$$

para $\forall j \in J, \forall k \in K, \forall t \in T$

- Cálculo da quantidade de contêineres vazios recebida de reposicionamentos

Esta restrição faz o cálculo de quantos contêineres vazios estão disponíveis no período t após reposicionamento, em cada porto, para cada tipo de contêiner.

$$R_{j,k,t}^{SE} = \sum_{i \in I} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{t' \in T} (T_{t,\delta,t'}^R * S_{j,i,k,\delta}^E * F_{i,j,k,t'}^E) \quad (3.11)$$

para $\forall j \in J, \forall k \in K, \forall t \in T$

- Cálculo da quantidade de contêineres vazios liberada para exportação

Esta restrição faz o cálculo de quantos contêineres vazios foram liberados para exportação no período t , em cada porto, para cada tipo de contêiner.

$$R_{j,k,t}^{LF} = \sum_{i' \in I | i'=j} \sum_{j' \in J} \sum_{c \in C} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{t' \in T} (T_{t,\delta,t'}^R * L_{j,k,\delta}^F * F_{i',j',k,c,t'}^F) \quad (3.12)$$

para $\forall j \in J, \forall k \in K, \forall t \in T$

- Cálculo da quantidade de contêineres vazios liberada para reposicionamento

Esta restrição faz o cálculo de quantos contêineres vazios foram liberados para reposicionamento no período t , em cada porto, para cada tipo de contêiner.

$$R_{i,k,t}^{LE} = \sum_{i' \in I} \sum_{j \in J | j' = i} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{t' \in T} (T_{t,\delta,t'}^R * L_{i,k,\delta}^E * F_{i',j,k,t'}^E) \quad (3.13)$$

para $\forall i \in I, \forall k \in K, \forall t \in T$

- Estoque máximo

Esta restrição limita a quantidade máxima de contêineres, em TEU, que pode ser armazenada em cada porto.

$$\sum_{k \in K} (E_{j,k,t} \times Q_k) \leq N_j^E \quad (3.14)$$

para $\forall j \in J, \forall t \in T$

- Capacidade de fluxo

Esta restrição limita o máximo fluxo, em TEU, que o armador consegue gerar ao longo do horizonte de planejamento. Este fluxo máximo (N) é função do número de navios e do tempo de viagem redonda da rota.

$$R_{p,t} = \left[\begin{aligned} & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{c \in C} (M_{p,i,j} * Q_k * F_{i,j,k,c,t}^F) + \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (M_{p,i,j} * Q_k * F_{i,j,k,t}^E) \end{aligned} \right] \quad (3.15)$$

para $\forall p \in P, \forall t \in T$

$$R_{p,t} \leq N \quad (3.16)$$

para $\forall p \in P, \forall t \in T$

- Calado máximo nos portos

Esta restrição limita o calado para cada trecho da rota.

$$\left[\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_k \sum_{c \in C} (M_{p,i,j} * W_{k,c}^F * F_{i,j,k,c,t}^F) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} (M_{p,i,j} * W_k^E * F_{i,j,k,t}^E) \right] \leq \min \left\{ \frac{N^V \times H_p}{T^C}, \frac{N^V \times H_{p'}}{T^C} \right\} \quad (3.17)$$

para $\forall p \in P, p' | \text{precedente de } p, \forall t \in T$

- Quantidade de contêineres frigoríficos cheios nos navios

Esta restrição limita a quantidade de contêineres frigoríficos cheios nos navios, devido ao limite de tomadas para fornecimento de energia elétrica.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K^R} \sum_{c \in C} (M_{p,i,j} \times F_{i,j,k,c,t}^F) \leq \left(\frac{N^V \times N^P}{T^C} \right) \quad (3.18)$$

para $\forall p \in P, \forall t \in T$

- Quantidade de contêineres de 40 pés nos navios

Esta restrição limita a quantidade de contêineres de 40 pés nos navios, devido ao limite de estivagem para este tipo de contêiner a bordo.

$$\left[\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K^F} \sum_{c \in C} (M_{p,i,j} \times F_{i,j,k,c,t}^F) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K^F} (M_{p,i,j} \times F_{i,j,k,t}^E) \right] \leq \left(\frac{N^V \times N^F}{T^C} \right) \quad (3.19)$$

para $\forall p \in P, \forall t \in T$

- Frota de contêineres

Esta restrição limita o tamanho da frota de contêineres, para cada tipo de contêiner utilizado.

As parcelas a esquerda da equação 3.20 representam, respectivamente, a quantidade de contêineres cheios a bordo dos navios, a quantidade de contêineres vazios a bordo dos navios, o estoque de contêineres vazios nos portos, a quantidade de contêineres cheios

de importação nos portos e ainda não devolvidos vazios, a quantidade de contêineres vazios desembarcados após reposicionamento e ainda não disponíveis, a quantidade de containeres vazios liberados para exportação e ainda não embarcados cheios e a quantidade de contêineres vazios liberados para posicionamento e ainda não embarcados.

$$\begin{aligned}
& \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{c \in C} F^F_{i,j,k,c,t} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} F^E_{i,j,k,t} + \sum_{i \in I} E_{i,k,t} + \\
& \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{c \in C} \sum_{t' \in T} \sum_{t'' \in T} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{\delta' \in \Delta} \sum_{\delta' > \delta} \left(T^R_{t',\delta',t''} * S^F_{j,i,k,\delta'} * F^F_{i,j,k,c,t'} \right) + \\
& \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t' \in T} \sum_{t'' \in T} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{\delta' \in \Delta} \sum_{\delta' > \delta} \left(T^R_{t',\delta',t''} * S^E_{j,i,k,\delta'} * F^E_{i,j,k,t'} \right) + \\
& \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{c \in C} \sum_{t' \in T} \sum_{t'' \in T} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{\delta' \in \Delta} \sum_{\delta' > \delta} \left(T^R_{t',\delta',t''} * L^F_{j',k,\delta'} * F^F_{i,j,k,c,t'} \right) + \\
& \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t' \in T} \sum_{t'' \in T} \sum_{\delta \in \Delta} \sum_{\delta' \in \Delta} \sum_{\delta' > \delta} \left(T^R_{t',\delta',t''} * L^E_{j',k,\delta'} * F^E_{i,j,k,t'} \right) \leq N^C_k \\
& \text{para } \forall k \in K, \forall t \in T
\end{aligned} \tag{3.20}$$

3.7 - Principais adaptações do modelo matemático

Serão descritas as principais adaptações que foram feitas no modelo matemático para que fosse possível a elaboração das análises propostas por este estudo.

Geração automática da matriz de precedência

Algumas importantes restrições do modelo utilizam-se da matriz $M_{p, i, j}$, que é uma matriz binária e serve para representar a existência ou não de cargas, de uma determinada origem i para um determinado destino j , dentro do navio, em um determinado trecho da rota. Caso $M_{p, i, j}=1$, cargas com origem no porto de índice i e destino no porto de índice j estarão presentes no navio na entrada do porto de índice p . Caso $M_{p, i, j}=0$, cargas com origem no porto de índice i e destino no porto de índice j NÃO estarão presentes no navio na entrada do porto de índice p .

Foi desenvolvido um algoritmo em VBA que é capaz de gerar automaticamente a matriz $M_{p, i, j}$, dada à rota que se deseja analisar. Com isso aumentou-se muito a flexibilidade

do modelo com relação à análise de rotas diversas e possibilitou-se que as análises sobre a competitividade do modal de transporte marítimo de cabotagem no Brasil fossem desenvolvidas.

A maior dificuldade para a construção do algoritmo se deve ao fato das rotas dos navios serem cíclicas e, portanto, um mesmo porto pode se caracterizar ora como sendo origem, ora como sendo destino da viagem.

Conforme sugerido por ONO et al. (2000) o problema de rotas cíclicas apresentado anteriormente pode ser tratado através da definição das condições de contorno. Ou seja, se for considerado um determinado porto da rota p , como sendo o porto de entrada do navio em um determinado instante, os demais portos só poderão ser classificados como sendo antecessores de p e sucessores de p . Classificando todos os portos dessa maneira para cada instante, podem ser descritas nove possibilidades diferentes de carregamentos, são elas:

1. Origens no grupo de sucessores de p e destinos em portos do grupo de antecessores de p ;
2. Origens no grupo de sucessores de p e destinos no porto de entrada p ;
3. Origens no grupo de sucessores de p e destinos em portos do mesmo grupo;
4. Origens no porto de entrada p e destinos em portos do grupo de antecessores de p ;
5. Origens no porto de entrada p e destinos em portos do mesmo grupo;
6. Origens no porto de entrada p e destinos em portos do grupo de sucessores de p ;
7. Origens no grupo de antecessores de p e destinos em portos do mesmo grupo;
8. Origens no grupo de antecessores de p e destinos no porto de entrada p ;
9. Origens no grupo de antecessores de p e destinos em portos do grupo de sucessores de p .

Partindo-se das condições de contorno descritas anteriormente, foi elaborado um algoritmo que é capaz de identificar em qual dessas condições um determinado porto da rota se “encaixa” quando considerado um determinado par de origem-destino de portos.

Para isso, foram criados três vetores e uma matriz binária ($n \times 2$) que auxiliam na identificação do sentido da rota (SB ou NB) e a ordem entre os portos para esse determinado sentido.

A Tabela 3.7 mostra o nome de cada vetor e da matriz e faz uma breve descrição da sua funcionalidade.

Tabela 3.7 Lista de variáveis do algoritmo em VBA.

Vetor ou Matriz	Funcionalidade
SENTIDO (i, j)	Identifica se o porto i é escalado, quando o navio está no sentido j da viagem.
PORTO_ORIGEM (i)	Identifica qual a posição relativa do porto de origem i , dado o sentido da viagem.
PORTO_DESTINO (j)	Identifica qual a posição relativa do porto de destino j , dado o sentido da viagem.
PORTO_ENTRADA (i)	Identifica qual a posição relativa do porto de entrada i , dado o sentido da viagem.

Será descrito um exemplo para tentar esclarecer melhor o funcionamento do algoritmo. Para que uma determinada viagem do navio pertença à segunda condição de contorno, “Origens no grupo de sucessores de p e destinos no porto de entrada p ”, são necessárias as condições apresentadas na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 Exemplo da segunda condição de contorno.

Ordem	Condição Necessária	Lógica
1	O porto de entrada deve ser escalado no sentido considerado	SENTIDO (PORTO_ENTRADA(i),1)=1
2	O porto de origem da carga precisa ser sucessor ao porto de entrada do navio que está sendo considerado	PORTO_ORIGEM(i)>PORTO_ENTRADA(i)
3	O porto de destino da carga precisa ser igual ao porto de entrada do navio que está sendo considerado	PORTO_DESTINO(j)=PORTO_ENTRADA(i)
4	O porto de destino só poderá ser escalado no sentido inverso aquele considerado no item 1	SENTIDO(j ,1)=0 e SENTIDO(j ,2)=1

A Figura 3.12 apresenta o esquema de funcionamento do algoritmo, em que cada condição de contorno é analisada para a construção da matriz de precedência.

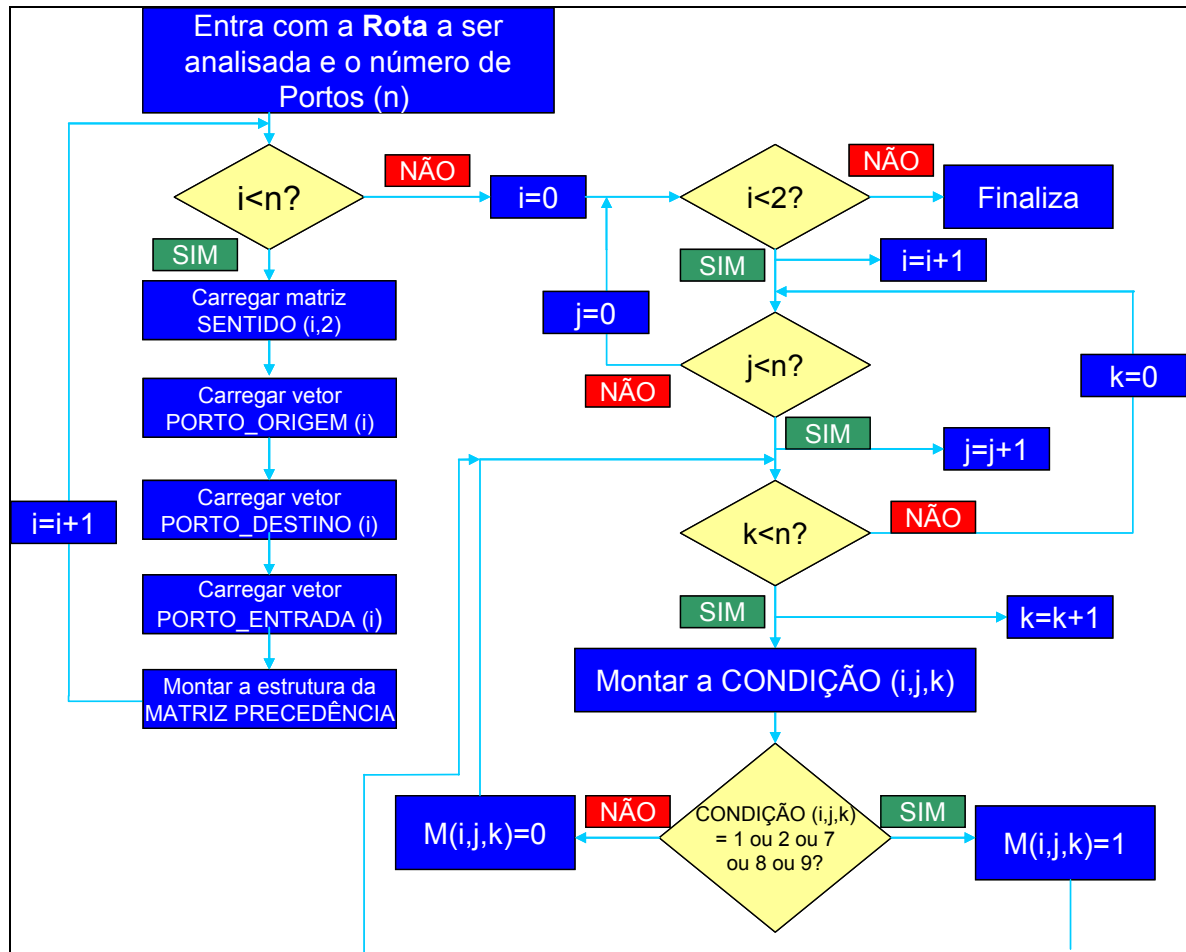


Figura 3.12 Funcionamento do algoritmo gerador da matriz de precedência.

Adotando-se uma rota genérica conforme a esquematizada na Figura 3.13, a condição de contorno descrita anteriormente, condição de contorno número 2, serviria para descrever, por exemplo, cargas com origem no “Porto 4” e destino no “Porto 2”.

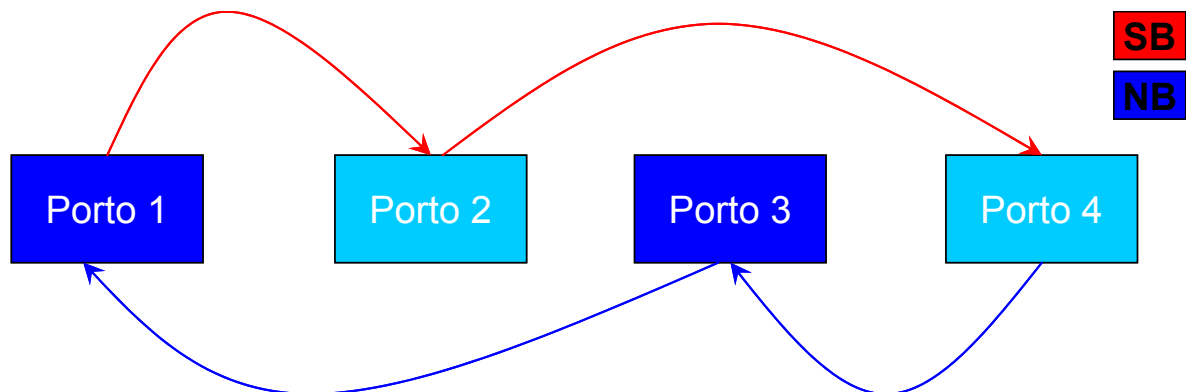


Figura 3.13 Exemplo de uma rota genérica.

A matriz $M_{p, i, j}$ representativa da rota genérica explicitada anteriormente foi gerada pelo algoritmo e é apresentada na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 Saída do algoritmo para a rota do exemplo descrito anteriormente.

Porto Entrada	J_Porto 1	J_Porto 2	J_Porto 3	J_Porto 4
SB_Porto 1.I_Porto 1	0	0	0	0
SB_Porto 1.I_Porto 2	1	0	0	0
SB_Porto 1.I_Porto 3	1	1	0	1
SB_Porto 1.I_Porto 4	1	1	0	0
SB_Porto 2.I_Porto 1	0	1	1	1
SB_Porto 2.I_Porto 2	0	0	0	0
SB_Porto 2.I_Porto 3	0	1	0	1
SB_Porto 2.I_Porto 4	0	1	0	0
SB_Porto 3.I_Porto 1	0	0	0	0
SB_Porto 3.I_Porto 2	0	0	0	0
SB_Porto 3.I_Porto 3	0	0	0	0
SB_Porto 3.I_Porto 4	0	0	0	0
SB_Porto 4.I_Porto 1	0	0	1	1
SB_Porto 4.I_Porto 2	1	0	1	1
SB_Porto 4.I_Porto 3	0	0	0	1
SB_Porto 4.I_Porto 4	0	0	0	0
NB_Porto 1.I_Porto 1	0	0	0	0
NB_Porto 1.I_Porto 2	0	0	0	0
NB_Porto 1.I_Porto 3	0	0	0	0
NB_Porto 1.I_Porto 4	0	0	0	0
NB_Porto 2.I_Porto 1	0	0	0	0
NB_Porto 2.I_Porto 2	0	0	0	0
NB_Porto 2.I_Porto 3	0	0	0	0
NB_Porto 2.I_Porto 4	0	0	0	0
NB_Porto 3.I_Porto 1	0	0	1	0
NB_Porto 3.I_Porto 2	1	0	1	0
NB_Porto 3.I_Porto 3	0	0	0	0
NB_Porto 3.I_Porto 4	1	1	1	0
NB_Porto 4.I_Porto 1	0	0	0	0
NB_Porto 4.I_Porto 2	0	0	0	0
NB_Porto 4.I_Porto 3	0	0	0	0
NB_Porto 4.I_Porto 4	0	0	0	0

A descrição detalhada do algoritmo está presente no Anexo A.

Tratamento dos tempos de retorno dos contêineres

Serão descritos os processos internos da empresa relativos à importação e exportação e logo após será explicado como esses processos são modelados e tratados no presente estudo.

Processos de exportação e importação

Segundo COSTA (2006), o processo normal de exportação, ou seja, o conjunto de atividades para um cliente efetivar um embarque, pode ser assim detalhado, com valores de referência para o tempo gasto em cada atividade:

Tabela 3.10 Descrição dos procedimentos para exportação.

Ordem	Procedimento Exportação	Duração (dias)
1	Efetuar o fechamento de carga com o armador ("Booking")	1
2	Receber o número da reserva ("Booking Number")	1
3	Retirar o contêiner vazio no terminal de vazios indicado pelo armador	1
4	Transportar o contêiner até o local de estufagem da carga e estufar a carga de exportação no contêiner	1
5	Transportar o contêiner cheio até o terminal portuário indicado pelo armador	1
6	Depositar o contêiner cheio no terminal portuário para embarque e finalizar os processos de liberação da carga para exportação junto aos órgãos responsáveis, normalmente com mais de um dia de antecedência à escala do navio	2
Tempo Total		7

Analisando-se os tempos necessários a cada uma das etapas do processo, conclui-se que um período médio de 7 dias é suficiente para a sua finalização. Este também é o prazo que normalmente os armadores estabelecem como limite, após a liberação do contêiner vazio, para início da cobrança da taxa de "*Detention*". Esta taxa representa uma recuperação de custos relativos à não disponibilidade da unidade para liberação a outro cliente, ou seja, o armador trabalhará com um estoque de contêineres maior que o necessário, caso as unidades vazias fiquem retidas com os clientes.

Já o processo normal de importação, COSTA (2006) o detalha da seguinte forma:

Tabela 3.11 Descrição dos procedimentos para importação.

Ordem	Procedimento Importação	Duração (dias)
1	Liberar a carga junto às autoridades alfandegárias	15
2	Retirar o contêiner no terminal portuário de desembarque	2
3	Transportar o contêiner até o local de desova da carga e desovar a carga de importação do contêiner	2
4	Transportar o contêiner vazio até o terminal de vazios indicado pelo armador	1
5	Devolver o contêiner vazio no terminal de vazios	1
Tempo Total		21

Analisando-se os tempos necessários a cada uma das etapas do processo, conclui-se que um período médio de 21 dias é suficiente para a sua finalização. Este também é o prazo

que normalmente os armadores estabelecem como limite, após o desembarque do contêiner cheio de importação, para início da cobrança da taxa de “*Demurrage*”. Esta taxa representa uma recuperação de custos relativos à não disponibilidade da unidade para liberação a outro cliente, ou seja, o Armador trabalhará com um estoque de contêineres maior que o necessário caso as unidades cheias (ainda com carga de importação) fiquem retidas com os clientes.

Definição dos parâmetros SF e SE

Os valores de $S_{j, i, k, \delta}^F$ possuem relação com o tempo de trânsito entre os portos de embarque e de desembarque, uma vez que representa a fração de contêineres embarcados cheios no porto de índice i e desembarcados no porto de índice j , que retornam vazios a este porto depois de δ períodos de tempo, contados a partir do embarque no porto de índice i . Os tempos de trânsito, considerados neste trabalho, são apresentados na Tabela 3.12.

Além do tempo de trânsito, deve-se considerar o tempo livre, após o desembarque, que o cliente de importação possui sem a cobrança de “*Demurrage*”, conforme descrito anteriormente. A Tabela 3.13 apresenta a soma dos tempos.

Este trabalho considera que o tempo de viagem redonda é de 42 dias e a frota é de seis navios, resultando em um serviço regular com escalas semanais em todos os portos da rota, logo, existem quatro escalas distribuídas dentro de um período de tempo igual a um mês.

Os valores de $S_{j, i, k, \delta}^E$ também possuem relação com o tempo de trânsito entre os portos, já que representa a fração de contêineres que, embarcados vazios no porto de índice i e desembarcados no porto de índice j , ficam disponíveis para utilização depois de δ períodos de tempo, contados a partir do embarque no porto de índice i .

Segundo COSTA (2006), os contêineres re-posicionados vazios são descarregados em terminais portuários, ficam armazenados nestes até a transferência para o terminal de contêineres vazios. Uma vez no terminal de contêineres vazios, os contêineres são vistoriados, reparados e armazenados para posterior utilização. A soma dos tempos destes processos é, em média, de 14 dias. Ou seja, os contêineres re-posicionados vazios estão disponíveis para utilização após 14 dias contados a partir do desembarque. A Figura 3.14 apresenta a soma deste tempo com os tempos de trânsito entre os portos.

Tabela 3.12 Tempo de trânsito entre os portos.

Des Ori	RTM	TIL	HAM	ANR	LEH	SUA-SB	SPB-SB	SSZ-SB	BUE	RIG	PNG	SSZ-NB	SPB-NB	SUA-NB
RTM	-	-	-	-	-	16	18	19	23	25	27	28	29	32
TIL	-	-	-	-	-	15	17	18	22	24	26	27	28	31
HAM	-	-	-	-	-	13	15	16	20	22	24	25	26	29
ANR	-	-	-	-	-	11	13	14	18	20	22	23	24	27
LEH	-	-	-	-	-	10	12	13	17	19	21	22	23	26
SUA-SB	-	-	-	-	-	-	2	3	7	9	11	-	-	-
SPB-SB	-	-	-	-	-	-	-	1	5	7	9	-	-	-
SSZ-SB	-	-	-	-	-	-	-	-	4	6	8	-	-	-
BUE	19	20	22	24	25	-	-	-	-	2	4	5	6	9
RIG	17	18	20	22	23	-	-	-	-	-	2	3	4	7
PNG	15	16	18	20	21	-	-	-	-	-	-	1	2	5
SSZ-NB	14	15	17	19	20	-	-	-	-	-	-	-	1	4
SPB-NB	13	14	16	18	19	-	-	-	-	-	-	-	-	3
SUA-NB	10	11	13	15	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 3.13 Tempo de trânsito + Tempo máximo disponível após desembarque.

Des Ori	RTM	TIL	HAM	ANR	LEH	SUA-SB	SPB-SB	SSZ-SB	BUE	RIG	PNG	SSZ-NB	SPB-NB	SUA-NB
RTM	-	-	-	-	-	37	39	40	44	46	48	49	50	53
TIL	-	-	-	-	-	36	38	39	43	45	47	48	49	52
HAM	-	-	-	-	-	34	36	37	41	43	45	46	47	50
ANR	-	-	-	-	-	32	34	35	39	41	43	44	45	48
LEH	-	-	-	-	-	31	33	34	38	40	42	43	44	47
SUA-SB	-	-	-	-	-	-	23	24	28	30	32	-	-	-
SPB-SB	-	-	-	-	-	-	-	22	26	28	30	-	-	-
SSZ-SB	-	-	-	-	-	-	-	-	25	27	29	-	-	-
BUE	40	41	43	45	46	-	-	-	-	23	25	26	27	30
RIG	38	39	41	43	44	-	-	-	-	-	23	24	25	28
PNG	36	37	39	41	42	-	-	-	-	-	-	22	23	26
SSZ-NB	35	36	38	40	41	-	-	-	-	-	-	-	22	25
SPB-NB	34	35	37	39	40	-	-	-	-	-	-	-	-	24
SUA-NB	31	32	34	36	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 3.14 Tempo de trânsito + Tempo máximo para disponibilizar contêineres vazios.

Des Ori	RTM	TIL	HAM	ANR	LEH	SUA-SB	SPB-SB	SSZ-SB	BUE	RIG	PNG	SSZ-NB	SPB-NB	SUA-NB
RTM	-	-	-	-	-	23	25	26	30	32	34	35	36	39
TIL	-	-	-	-	-	22	24	25	29	31	33	34	35	38
HAM	-	-	-	-	-	20	22	23	27	29	31	32	33	36
ANR	-	-	-	-	-	18	20	21	25	27	29	30	31	34
LEH	-	-	-	-	-	17	19	20	24	26	28	29	30	33
SUA-SB	-	-	-	-	-	-	9	10	14	16	18	-	-	-
SPB-SB	-	-	-	-	-	-	-	8	12	14	16	-	-	-
SSZ-SB	-	-	-	-	-	-	-	-	11	13	15	-	-	-
BUE	26	27	29	31	32	-	-	-	-	9	11	12	13	16
RIG	24	25	27	29	30	-	-	-	-	-	9	10	11	14
PNG	22	23	25	27	28	-	-	-	-	-	-	8	9	12
SSZ-NB	21	22	24	26	27	-	-	-	-	-	-	-	8	11
SPB-NB	20	21	23	25	26	-	-	-	-	-	-	-	-	10
SUA-NB	17	18	20	22	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Considerando-se as tabelas de tempo total, tanto no caso de importação como no de reposicionamento de contêineres vazios, neste trabalho, adotou-se a distribuição de retorno de contêineres conforme Tabela 3.15.

Tabela 3.15 Percentual de retorno dos contêineres.

Período (dias)	DT_0	DT_1	DT_2	DT_3
0-6	100%	0%	0%	0%
7-13	75%	25%	0%	0%
14-20	50%	50%	0%	0%
21-27	25%	75%	0%	0%
28-34	0%	100%	0%	0%
35-41	0%	75%	25%	0%
42-48	0%	50%	50%	0%
49-55	0%	25%	75%	0%
56-62	0%	0%	100%	0%
63-69	0%	0%	75%	25%

A discretização do tempo considerada no modelo equivale a um período de 30 dias. Adotando-se a hipótese de que este período possa ser fracionado em 4 sub-períodos de 7 dias cada um e adotando-se a hipótese de que as demandas de transporte de carga em um dado período seja uniformemente distribuída em seus sub-períodos, a probabilidade de uma determinada demanda de transporte em um dado período ocorrer em um dos quatro sub-períodos será de 25%.

Conforme já mencionado anteriormente, a frequência de escala nos portos considerada pelo modelo é semanal, além disso, é considerado que o navio inicia sua viagem sempre no começo de cada semana.

A primeira linha da Tabela 3.15 descreve que se o tempo total considerado for de até 6 dias, mesmo que o navio parta no último sub-período considerado, em outras palavras, na última semana do mês, todos os contêineres serão retornados neste mesmo período (DT_0=100%).

Já a segunda linha da Tabela 3.15 mostra que se o tempo total considerado for de até 13 dias, 75% dos contêineres voltarão no mesmo período de tempo, enquanto 25% voltarão no período de tempo seguinte aquele considerado. Isso porque, se o navio partir nos três primeiros sub-períodos do período considerado, os contêineres ainda assim conseguirão retornar no mesmo período, porém, se o navio partir no último sub-período, os contêineres só serão retornados no período seguinte.

Para um melhor entendimento da segunda linha da Tabela 3.15 foi elaborada a Figura 3.14, em que Sp_i representa o sub-período i .

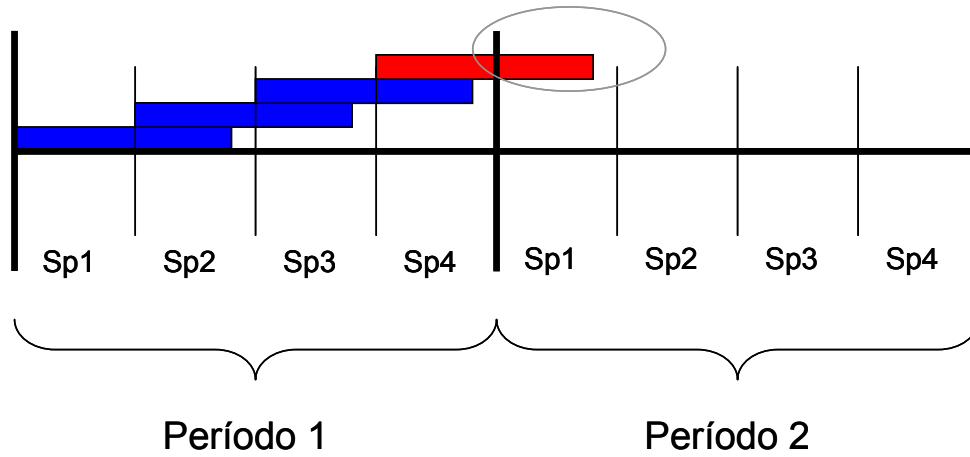


Figura 3.14 Esquema de retorno de contêineres para um tempo total de 13 dias.

A mesma lógica é utilizada para a construção das demais linhas da Tabela 3.16.

Participação no tipo de carga segundo uma origem e um destino

O parâmetro de participação no tipo de carga exerce grande influência no modelo. Através dos parâmetros de participação mínima e participação máxima podem-se estabelecer as participações de mercado, mínima e máxima, da empresa, fazendo o modelo aderir melhor à realidade.

Com esses dois parâmetros, $P^X_{i,j,c,t}$ e $P^I_{i,j,c,t}$, o modelo é capaz de considerar a participação de mercado da empresa, levando em conta os portos de origem e destino da carga, seu tipo e o período de tempo considerado.

Por exemplo, se entre os portos de i até j for transportada a carga de tipo C e a demanda total dessa carga no período T_{01} for de 100 contêineres, sendo que 10 contêineres foram transportados pela empresa considerada, sua participação máxima em questão será $P^X_{i,j,c,t_{01}} = 0,1$.

Caso no período T_{02} , o mesmo par de portos e tipo de carga, considerados anteriormente, apresentasse uma demanda total de 100 contêineres e adotando-se a hipótese de que a empresa considerada havia um contrato para o período T_{02} com um cliente que

transporta carga do tipo C no qual a empresa era obrigada a transportar 20 contêineres naquele período, sua participação mínima neste caso seria $P_{i,j,c,t_{02}}^l = 0,2$.

Desenvolvimento do modelo em GAMS

O modelo matemático de programação linear em linguagem GAMS encontra-se no Anexo B.

CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

Este capítulo descreve a aplicação da metodologia e apresenta os resultados obtidos. Partiu-se de um cenário-base, que foi chamado de CB, e posteriormente foram gerados outros cenários de acordo com as propostas de análise iniciais. Para a comparação dos resultados obtidos em cada cenário, foram definidos alguns indicadores de desempenho, a fim de avaliar os impactos gerados pelas mudanças propostas.

4.1 - Definição dos indicadores de desempenho

O principal objetivo deste trabalho é avaliar se é viável a empresa utilizar parte da capacidade dos navios que hoje transportam somente cargas de longo curso para transportar também cargas de cabotagem na costa brasileira. Ressalta-se que não há necessidade de mudanças na rota de longo curso analisada neste trabalho, para que o transporte de cargas de cabotagem seja viabilizado.

De acordo com o objetivo principal deste trabalho, foram estabelecidos indicadores de desempenho que serviram para análise de comparação entre os cenários. Tais indicadores foram classificados em 3 categorias, são elas:

- Indicadores Financeiros:
 - Margem bruta de contribuição;
 - Receita total;
 - Custo variável total;
 - Custo total de movimentação de contêineres cheios;

- Custo total de atendimento aos tipos de carga;
 - Custo total de movimentação de contêineres vazios;
 - Custo total de estoque de contêineres vazios.
- Indicadores de Utilização:
- Índice de utilização da capacidade dos navios em TEU;
 - Índice de utilização da capacidade dos navios em “*Deadweight*” de carga;
 - Índice de utilização da capacidade dos navios em relação às tomadas para contêineres refrigerados;
 - Índice de utilização da capacidade dos navios em relação à quantidade de contêineres de 40 pés;
 - Índice de utilização das cargas de cabotagem – Receita. Indica o percentual, em receita, que a cabotagem representa na receita total no horizonte de planejamento.
 - Índice de utilização das cargas de cabotagem – fluxo de contêineres. Indica o percentual, em fluxo de contêineres cheios, que a cabotagem representa no fluxo total de contêineres cheios no horizonte de planejamento.
- Indicadores Logísticos:
- Índice de tamanho de frota de contêineres necessária, calculado por tipo de contêiner;
 - Índice de produtividade dos contêineres. É calculado por tipo de contêiner, dividindo-se a quantidade de contêineres cheios embarcados no horizonte de planejamento pela frota total de contêineres;
 - Índice de estoque. É calculado por tipo de contêiner, dividindo-se a soma das quantidades de contêineres vazios que estiverem em estoque no horizonte de planejamento pela frota total de contêineres;
 - Índice de reposicionamento. É calculado por tipo de contêiner, dividindo-se a quantidade de contêineres vazios re-posicionados no horizonte de planejamento pela frota total de contêineres.

É importante observar que a frota total de contêineres é calculada pelo modelo matemático.

4.2 - Cenário-base – CB

Nesta etapa do trabalho é descrito o cenário-base que pretende simular as operações da empresa atualmente e, portanto, servirá como base de comparação para os demais cenários, que terão alguns parâmetros modificados de acordo com as análises que este estudo pretende realizar.

Descrição do cenário-base - CB

O cenário-base representa uma operação real da empresa. Neste cenário, foi analisada uma rota de longo curso, que representa o transporte de cargas entre a costa leste da América Latina e o norte da Europa.

A Figura 4.1 é apresentada a fim de ilustrar a rota do cenário-base.

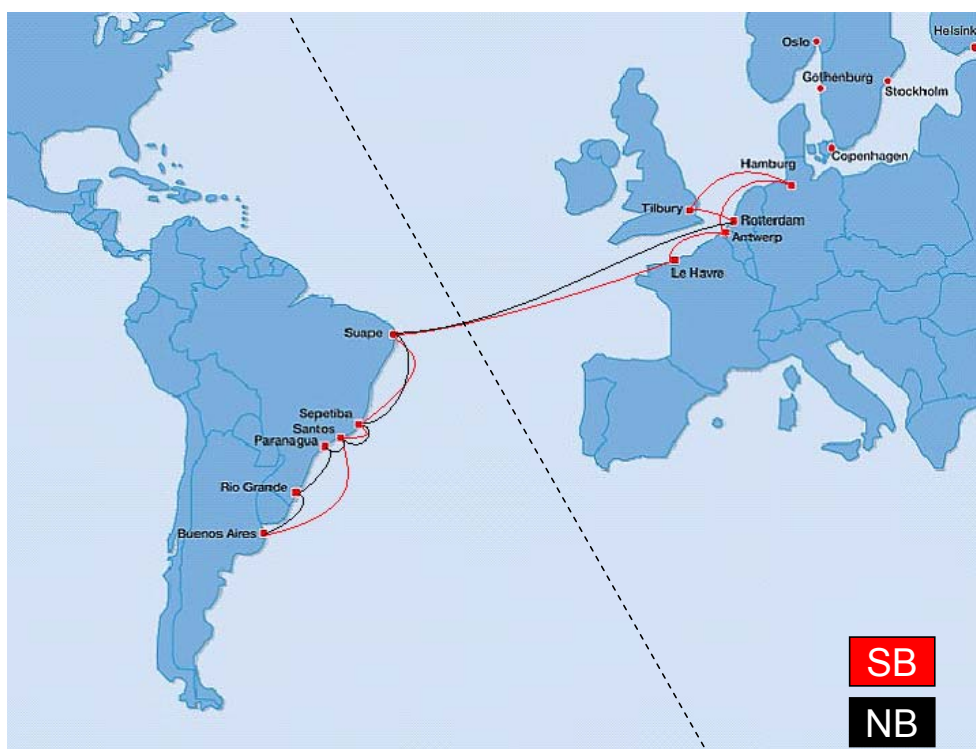


Figura 4.1 Esquema ilustrativo da rota analisada.

A rota analisada, possui dois sentidos e 11 portos de escala, sendo 5 na Europa e 6 na América Latina. O sentido definido como SB (“*Southbound*”) representa viagens do norte da Europa para a costa leste da América Latina, já a definição NB (“*Northbound*”) representam as viagens no sentido inverso.

Na Tabela 4.1 estão representados os portos considerados, e para cada porto, seu respectivo país de localização e código utilizado na modelagem. Para a análise dos posteriores cenários, os portos considerados e a sequência de escala entre eles não sofrem alterações.

Tabela 4.1 Portos considerados no modelo utilizado.

Portos de Escala					
América Latina			Europa		
Nome	País	Código	Nome	País	Código
Suape	Brasil	SUA	Rotterdam	Holanda	RTM
Sepetiba	Brasil	SPB	Tilbury	Reino Unido	TIL
Santos	Brasil	SSZ	Hamburg	Alemanha	HAM
Paranaguá	Brasil	PNG	Antwerp	Bélgica	ANR
Rio Grande	Brasil	RIG	Le Havre	França	LEH
Buenos Aires	Argentina	BUE			

A Figura 4.2 apresenta a sequência de escala nos portos da rota analisada.

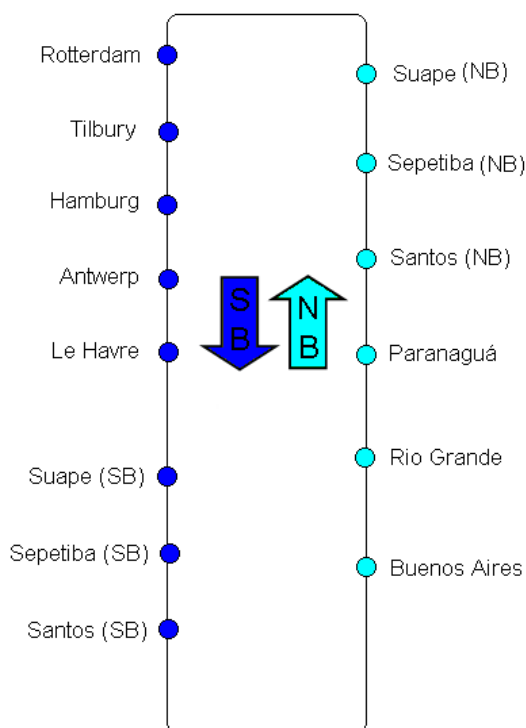


Figura 4.2 Rota considerada no modelo.

Neste estudo foram considerados 4 tipos de contêineres que variam segundo dois critérios: tamanho (20 pés ou 40 pés) e tipo de carga transportada (seco ou refrigerado). A

Tabela 4.2 detalha os tipos de contêineres considerados e os códigos utilizados pelo modelo matemático.

Tabela 4.2 Tipos de contêineres considerados no modelo.

Contêineres	
Tipo	Código
20' Dry	K20_D
20' Reefer	K20_R
20' Dry	K40_D
40' Reefer	K40_R

Para o atendimento da demanda de transporte de carga existente na rota considerada neste estudo, a empresa utiliza-se de uma frota de 6 navios, possuindo uma frequência de escala semanal em todos os portos. As características detalhadas dos navios são apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Características da frota de navios considerada no modelo.

Características da Frota - Cenário Base		
Tipo	Valor	Unidades
Quantidade	6	navios
Viagem Redonda	42	dias
Capacidade de TEU	1.850	Teus
Capacidade de Deadweight	27.000	toneladas
Capacidade de Plugs	264	tomadas
Capacidade de 40 pés	550	contêineres

Viagem Redonda representa o tempo necessário para que um navio percorra todos os portos considerados. A frota de navios considerada no modelo matemático é homogênea, todos os navios apresentam as mesmas características, que podem ser descritas, de uma forma geral, em 4 capacidades: número máximo de contêineres que podem ser transportados (Capacidade de TEU), número máximo de contêineres refrigerados que podem ser transportados (Capacidade de Plugs), número máximo de contêineres do tipo 40 pés que podem ser transportados (Capacidade de 40 pés) e, finalmente, peso máximo que pode ser transportado pelo navio (Capacidade de “*Deadweight*”)

Para o cálculo dos tempos de viagem entre portos e frequência de escalas nos portos, utilizaram-se dados reais fornecidos pela empresa, que são apresentados no Anexo C.

Os tipos de cargas considerados neste estudo estão de acordo com o código de dois dígitos do *Código Harmonizado de Mercadorias*, presente na base de dados Datamar, que foi utilizada para determinar as demandas de transporte de cargas internacionais no horizonte de tempo analisado neste estudo. Adotou-se 41 tipos de cargas que representam mais de 90%, em volume, do total das cargas transportadas no período analisado.

A princípio tentou-se trabalhar com todos os tipos de cargas disponíveis na base de dados do Datamar, porém devido ao tamanho do modelo gerado e as dificuldades encontradas no seu processamento, optou-se por selecionar os tipos de cargas que representavam maior volume transportado durante o horizonte de planejamento.

Na Tabela 4.4 estão representados os códigos de todos os tipos de cargas que foram considerados e uma breve descrição de cada um deles, conforme sugere o *Código Harmonizado de Mercadorias*.

Tabela 4.4 Tipos de cargas consideradas no modelo.

Código	Descrição
C 00	<i>Provisional code</i>
C 02	<i>Meat and edible meat offal</i>
C 03	<i>Fish, crustaceans & aquatic invertebrates</i>
C 04	<i>Dairy prods; birds eggs; honey; ed animal pr nos</i>
C 05	<i>Products of animal origin, nos</i>
C 08	<i>Edible fruit & nuts; citrus fruit or melon peel</i>
C 09	<i>Coffee, tea, mate & spices</i>
C 12	<i>Oil seeds etc.; misc grain, seed, fruit, plant etc</i>
C 16	<i>Edible preparations of meat, fish, crustaceans etc</i>
C 17	<i>Sugars and sugar confectionary</i>
C 19	<i>Prep cereal, flour, starch or milk; bakers wares</i>
C 20	<i>Prep vegetables, fruit, nuts or oth plant parts</i>
C 21	<i>Miscellaneous edible preparations</i>
C 22	<i>Beverages, spirits and vinegar</i>
C 23	<i>Food industry residues & waste; prep animal feed</i>
C 24	<i>Tobacco and manufactured tobacco substitutes</i>
C 25	<i>Salt; sulfur; earth & stone; lime & cement plaster</i>
C 28	<i>Inorg chem; prec & rare-earth met & radioact compd</i>
C 29	<i>Organic chemicals</i>
C 32	<i>Tanning & dye ext etc; dye, paint, putty etc; inks</i>
C 33	<i>Essential oils etc; perfumery, cosmetic etc preps</i>
C 34	<i>Soap etc; waxes, polish etc; candles; dental preps</i>
C 38	<i>Miscellaneous chemical products</i>
C 39	<i>Plastics and articles thereof</i>
C 40	<i>Rubber and articles thereof</i>
C 44	<i>Wood and articles of wood; wood charcoal</i>
C 48	<i>Paper & paperboard & articles (inc papr pulp artl)</i>
C 52	<i>Cotton, including yarn and woven fabric thereof</i>
C 64	<i>Footwear, gaiters etc. and parts thereof</i>
C 68	<i>Art of stone, plaster, cement, asbestos, mica etc.</i>
C 69	<i>Ceramic products</i>
C 70	<i>Glass and glassware</i>
C 72	<i>Cast iron, iron and steel</i>
C 73	<i>Articles of iron and steel, cast iron</i>
C 76	<i>Aluminium and articles thereof</i>
C 84	<i>Nuclear reactors, boilers, machinery etc.; parts</i>
C 85	<i>Electric machinery etc; sound equip; tv equip; pts</i>
C 86	<i>Railway or tramway stock etc; traffic signal equip</i>
C 87	<i>Vehicles, except railway or tramway, and parts etc</i>
C 94	<i>Furniture; bedding etc; lamps nos etc; prefab bd</i>
C 99	<i>Special transations</i>

Como dado de entrada do modelo matemático é considerada a demanda entre cada par de portos, origem e destino, detalhadas por tipo de contêiner, tipo de cargas e por período de tempo. A Tabela 4.5 apresenta um resumo da demanda de transporte internacional utilizada neste trabalho. Os dados de demanda foram obtidos através das estatísticas do Datamar para o período compreendido entre o início de julho de 2005 e final de junho de 2006.

Tabela 4.5 Demanda anual de exportação para cada tipo de carga, em TEUs.

Comm	I_ANR.	I_BUE.	I_HAM.	I_LEH.	I_PNG.	I_RIG.	I_RTM.	I_SPB.	I_SSZ.	I_SUA.	I_TIL.	Total geral
C_00	5.261	1.699	6.685	971	0	381	908	234	3.254	0	348	19.741
C_02	2	24.605	56	1	11.284	9.162	4	1.056	40.013	0	50	86.233
C_03	47	2.039	2.963	5	0	0	64	0	0	1.088	0	6.206
C_04	461	9.144	173	139	54	76	204	0	239	0	0	10.490
C_05	139	950	54	14	401	508	114	46	1.809	74	0	4.109
C_08	5	24.120	2	153	982	638	222	294	9.663	1.482	0	37.561
C_09	6	1.196	110	4	102	0	4	9.615	29.913	59	2	41.011
C_12	2	23.287	101	3	258	0	76	0	5.587	0	2	29.316
C_16	3	1.415	1	0	718	411	3	0	7.871	0	0	10.422
C_17	348	849	9	1	0	0	132	0	1.921	0	2	3.262
C_19	7	5.778	64	0	0	0	305	0	152	0	0	6.306
C_20	2.192	6.251	809	138	276	381	878	0	8.875	154	0	19.954
C_21	356	687	54	171	100	180	75	150	9.037	100	3	10.913
C_22	321	11.164	166	380	0	31	715	25	1.397	31	1.992	16.222
C_23	371	325	253	31	313	0	1.528	0	1.584	64	38	4.507
C_24	266	5.326	6	2	0	34.599	0	0	278	0	4	40.481
C_25	799	224	1.483	104	0	0	495	249	752	106	107	4.319
C_28	8.233	2.719	3.146	489	0	0	1.592	5.127	2.063	0	1.134	24.503
C_29	10.456	431	3.151	812	225	0	3.667	561	1.867	0	1.432	22.602
C_32	2.065	408	1.126	251	0	327	378	140	1.026	0	357	6.078
C_33	183	866	168	358	0	0	64	1.022	6.488	0	5	9.154
C_34	1.466	78	775	172	0	0	267	0	1.084	0	98	3.940
C_38	3.181	539	2.012	555	520	241	981	575	4.059	0	660	13.323
C_39	18.003	6.045	6.032	1.418	73	3.864	3.881	851	14.962	477	1.076	56.682
C_40	7.220	2.075	3.307	2.919	432	1.645	2.443	3.189	10.263	1.163	1.235	35.891
C_44	106	5.576	290	91	19.250	861	4	1.270	3.501	56	2	31.007
C_48	21.709	667	19.057	1.113	2.396	174	4.737	336	20.875	0	277	71.341
C_52	2	254	102	0	212	0	0	1.044	1.870	730	0	4.214
C_64	0	14	7	0	0	2.138	2	0	1.340	434	0	3.935
C_68	1.223	159	721	199	0	55	101	9.444	1.035	58	76	13.071
C_69	699	211	445	3	500	0	242	587	1.467	169	108	4.431
C_70	1.202	182	1.955	423	0	0	69	547	5.243	122	61	9.804
C_72	8.261	1.125	3.470	53	27	0	1.026	3.549	2.633	25	432	20.601
C_73	1.547	541	1.764	775	2.037	76	195	2.893	5.633	0	1.540	17.001
C_76	2.058	193	1.281	250	0	0	260	0	3.369	110	65	7.586
C_84	13.286	2.043	17.720	2.103	4.087	919	1.960	1.331	24.182	229	2.060	69.920
C_85	3.655	579	9.000	920	393	25	858	725	9.087	513	599	26.354
C_86	31	1.951	37	31	76	75	30	193	1.638	82	6	4.150
C_87	39.255	3.207	21.530	32.494	4.893	618	1.119	64	10.010	0	3.228	116.418
C_94	1.256	75	469	944	202	5.036	12	52	3.439	0	4	11.489
C_99	647	651	715	297	450	0	165	342	1.020	0	141	4.428
Total geral	156.330	149.648	111.269	48.787	50.261	62.421	29.780	45.511	260.499	7.326	17.144	938.976

O modelo matemático utilizado neste estudo apresenta 12 períodos de tempo, em meses de 30 dias (T_01 a T_12), que caracterizam o horizonte de planejamento.

Resultados do cenário-base – CB

Os resultados do cenário-base, expressos na forma dos indicadores previamente definidos, serão apresentados a seguir.

Indicadores Financeiros

Na Tabela 4.6 estão representados os valores dos indicadores financeiros para o cenário CB e uma análise da participação dos itens de custo variável no custo variável total.

Tabela 4.6 Indicadores Financeiros do cenário-base.

Indicadores Financeiros	Cenário-Base
Margem bruta de contribuição	USD 221.296.634
Receita	USD 283.154.375
Custo variável	USD 61.857.741
Descrição dos custos variáveis	Cenário-Base
Custo de movimentação dos contêineres cheios	USD 52.205.072
Custo para atendimento aos tipos de carga	USD 1.621.648
Custo de movimentação dos contêineres vazios	USD 7.851.629
Custo de estoque de contêineres vazios	USD 179.392
Participação dos custos variáveis no custo variável total	Cenário-Base
Custo de movimentação dos contêineres cheios	84,4%
Custo para atendimento dos tipos de cargas	2,6%
Custo de movimentação dos contêineres vazios	12,7%
Custo de estoque de contêineres vazios	0,3%

Ressalta-se que o custo de reposicionamento de contêineres, expresso pelo indicador “Custo de movimentação dos contêineres vazios”, representa uma fração considerável do custo variável total (12,7%).

Indicadores de utilização

Estes indicadores servem para a análise do grau de ociosidade dos navios. Os indicadores de participação da cabotagem não são considerados para esse cenário já que o mesmo não apresenta demandas de cabotagem, pois seu objetivo é retratar a operação da empresa atualmente.

Para apresentar esses indicadores foi criada uma estrutura em forma de tabela, em que as linhas representam o porto de entrada do navio e as colunas representam o período de tempo considerado. A sequência das linhas, de cima para baixo, representa a rota do navio.

Tabela 4.7 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário-base.

Índice de Utilização: Deadweight de carga - Cenário-Base

Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_TIL	76%	76%	75%	75%	76%	75%	81%	77%	77%	77%	78%	77%
SB_HAM	74%	75%	73%	73%	73%	72%	78%	76%	75%	75%	75%	74%
SB_ANR	67%	70%	68%	69%	68%	67%	73%	71%	70%	69%	70%	69%
SB_LEH	79%	81%	78%	78%	81%	77%	82%	81%	80%	77%	77%	78%
SB_SUA	78%	81%	76%	77%	80%	76%	81%	80%	80%	76%	76%	78%
SB_SPB	76%	79%	74%	76%	78%	74%	78%	79%	77%	74%	74%	75%
SB_SSZ	74%	76%	72%	73%	75%	72%	74%	75%	74%	71%	71%	72%
NB_BUE	58%	57%	58%	61%	57%	64%	61%	55%	57%	55%	58%	58%
NB_RIG	36%	37%	34%	41%	39%	37%	41%	37%	39%	33%	38%	39%
NB_PNG	38%	40%	36%	42%	41%	39%	43%	41%	41%	33%	44%	40%
NB_SSZ	39%	42%	38%	45%	43%	41%	45%	44%	42%	36%	45%	42%
NB_SPB	92%	94%	94%	92%	91%	92%	92%	91%	91%	88%	90%	90%
NB_SUA	98%	99%	99%	97%	98%	98%	98%	98%	98%	97%	98%	98%

Menor 50%
Entre 50% e 90%
Maior 90%

A Tabela 4.7 demonstra que o navio faz o percurso América Latina- Europa, ou seja, sai do porto de Suape (NB_SUA) e chega ao porto de Rotterdam (SB_RTM), utilizando o máximo de sua capacidade, em peso, para todos os períodos considerados (linha SB_RTM da Tabela 4.7). Porém, no sentido inverso da viagem, Europa – América Latina, o navio não utiliza toda sua capacidade de transporte, em peso, conforme apresentado na linha SB_SUA da Tabela 4.7.

Outra característica importante é expressa pelas linhas NB_SSZ e NB_SPB da Tabela 4.7. Demonstra que o porto de Santos possui grande participação nas exportações de carga, desbalanceando os fluxos de transporte e acarretando uma ociosidade dos navios em determinados trechos, que são representados principalmente pelas linhas vermelhas da Tabela 4.7.

Tabela 4.8 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário-base.

Índice de Utilização: TEU - Cenário-Base												
Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_TIL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_HAM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_ANR	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_LEH	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SUA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SPB	100%	100%	97%	99%	98%	100%	98%	100%	98%	98%	99%	98%
SB_SSZ	98%	96%	96%	96%	96%	98%	94%	97%	95%	94%	96%	96%
NB_BUE	58%	53%	58%	59%	57%	64%	58%	55%	54%	54%	58%	53%
NB_RIG	56%	56%	54%	56%	63%	59%	63%	57%	56%	53%	55%	54%
NB_PNG	54%	58%	53%	56%	62%	60%	58%	61%	58%	48%	58%	55%
NB_SSZ	52%	58%	53%	58%	62%	59%	59%	60%	57%	49%	58%	56%
NB_SPB	97%	97%	98%	95%	97%	95%	97%	96%	95%	94%	96%	95%
NB_SUA	99%	99%	99%	96%	97%	98%	98%	98%	98%	97%	98%	98%

Menor 50%
Entre 50% e 90%
Maior 90%

Já a Tabela 4.8 demonstra que em relação à quantidade de contêineres, volume transportado, o navio efetua os dois sentidos da viagem (América Latina – Europa e Europa - América Latina), totalmente carregado.

Problema similar ao apresentado anteriormente, de desbalanceamento dos fluxos de cargas devido a uma grande influência do porto de Santos nas exportações brasileiras, ocorre novamente, só que agora em relação ao número de contêineres.

Tabela 4.9 Utilização da capacidade do navio, em relação aos espaços para contêineres de 40 pés, no cenário-base.

Utilização dos Slots de 40 pés - Cenário-Base												
Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	100%	100%	99%	100%	99%	99%	100%	100%	98%	98%	98%	97%
SB_TIL	99%	99%	100%	99%	99%	100%	98%	99%	97%	98%	99%	100%
SB_HAM	99%	100%	100%	98%	98%	100%	99%	100%	97%	96%	100%	100%
SB_ANR	98%	98%	100%	99%	100%	100%	98%	100%	99%	95%	100%	100%
SB_LEH	100%	96%	100%	100%	100%	99%	98%	99%	99%	97%	100%	100%
SB_SUA	100%	97%	100%	99%	100%	99%	98%	98%	100%	96%	100%	100%
SB_SPB	99%	97%	96%	95%	98%	97%	95%	97%	97%	93%	99%	97%
SB_SSZ	98%	94%	97%	93%	99%	96%	90%	96%	96%	91%	96%	96%
NB_BUE	71%	65%	69%	69%	74%	77%	69%	66%	67%	65%	73%	64%
NB_RIG	69%	69%	66%	68%	76%	75%	75%	68%	66%	66%	65%	64%
NB_PNG	66%	73%	64%	68%	75%	75%	68%	76%	69%	59%	70%	66%
NB_SSZ	63%	73%	65%	69%	74%	75%	70%	73%	69%	58%	71%	70%
NB_SPB	98%	98%	97%	95%	94%	95%	96%	96%	93%	91%	95%	93%
NB_SUA	99%	100%	98%	95%	95%	96%	98%	98%	96%	94%	97%	94%

Menor 50%
Entre 50% e 90%
Maior 90%

A Tabela 4.9 mostra que a utilização dos espaços do navio para contêineres de 40 pés apresenta um comportamento similar à utilização da capacidade do navio, em volume, independentemente do tipo de contêiner. Tal comportamento sugere que os fluxos de exportação de cargas que se utilizam de contêineres do tipo 20 pés, no sentido América Latina – Europa e no sentido inverso, são equilibrados.

Tabela 4.10 Utilização da capacidade do navio, em relação aos “Plugs” para contêineres refrigerados, no cenário-base.

Utilização das tomadas para contêineres refrigerados - Cenário-Base												
Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	94%	99%	96%	98%	97%	97%	100%	98%	90%	100%	96%	88%
SB_TIL	27%	35%	27%	38%	34%	34%	46%	42%	33%	39%	40%	30%
SB_HAM	27%	34%	25%	33%	30%	33%	39%	41%	29%	38%	33%	29%
SB_ANR	25%	24%	22%	26%	35%	28%	30%	34%	45%	30%	27%	21%
SB_LEH	15%	15%	16%	18%	25%	18%	25%	27%	37%	14%	17%	17%
SB_SUA	13%	13%	15%	17%	24%	16%	24%	26%	35%	12%	16%	15%
SB_SPB	11%	12%	12%	16%	22%	14%	22%	23%	31%	11%	14%	13%
SB_SSZ	8%	10%	9%	11%	17%	10%	19%	18%	26%	9%	11%	11%
NB_BUE	1%	1%	1%	1%	1%	2%	4%	1%	4%	2%	1%	3%
NB_RIG	6%	14%	7%	20%	23%	18%	24%	20%	17%	11%	16%	14%
NB_PNG	12%	17%	11%	24%	26%	21%	30%	27%	20%	14%	19%	17%
NB_SSZ	20%	28%	24%	37%	37%	32%	43%	37%	31%	23%	31%	27%
NB_SPB	90%	95%	93%	87%	88%	91%	95%	92%	85%	89%	88%	83%
NB_SUA	90%	95%	93%	87%	88%	91%	95%	92%	85%	89%	88%	83%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Finalmente, a Tabela 4.10 apresenta a existência de um forte desbalanceamento dos fluxos de carga que se utilizam de contêineres refrigerados, pois conforme demonstrado, a utilização dos Plugs não supera os 50% para nenhum porto escalado na Europa, caso que não acontece nos portos da América Latina.

Tal fato gera um aumento do custo de reposicionamento de contêineres, pois esses devem ser devolvidos vazios para novas exportações de cargas da América Latina. Vale ressaltar que a participação dos contêineres refrigerados em relação à frota total de contêineres é menor do que 20%, conforme será demonstrado posteriormente, portanto o aumento do custo de reposicionamento mencionado não é tão acentuado.

Indicadores logísticos

Para o cenário CB, os indicadores logísticos obtidos estão representados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 Indicadores Logísticos do cenário-base.

Tipo do Contêiner	Tamanho da Frota	Percentual	Índice de Produtividade	Índice de Estoque	Índice de Reposicionamento
K20_D	7.127	43,5%	8,93	17,6%	1,42
K20_R	1.735	10,6%	5,63	15,9%	4,59
K40_D	6.580	40,2%	9,29	21,3%	1,89
K40_R	932	5,7%	6,52	70,7%	3,28

Conforme mencionado anteriormente, pode-se verificar através da Tabela 4.11 que os contêineres refrigerados possuem menor participação na frota total e maiores índices de reposicionamento, causado pelo maior uso deste tipo de contêineres nas exportações da América Latina. Países em desenvolvimento, geralmente, apresentam como característica uma alta incidência das commodities em suas exportações, que são cargas mais pesadas e utilizam-se de contêineres refrigerados.

4.3 - Análise de cenários

A fim de responder as questões levantadas como objetivos deste estudo, foram gerados diversos cenários que podem ser classificados em 2 séries diferentes. Em ambas as séries, além do transporte de cargas de longo curso, foram consideradas também demandas de transporte de cargas de cabotagem.

A primeira série de cenários analisa como a diminuição dos fretes de cabotagem influencia na atratividade desta carga. Ou seja, essa série possui o objetivo de avaliar até que ponto os fretes de cabotagem podem ser praticados e ainda contribuir positivamente na margem bruta de contribuição da empresa.

Já a segunda série de cenários está relacionada com mudanças nos parâmetros logísticos e qual o impacto para a empresa. Essa série pretende analisar como a variação da capacidade de transporte dos navios, que compõem a frota atual, impactaria nos indicadores de desempenho definidos previamente.

A Figura 4.4 mostra um esquema dos cenários analisados neste estudo.

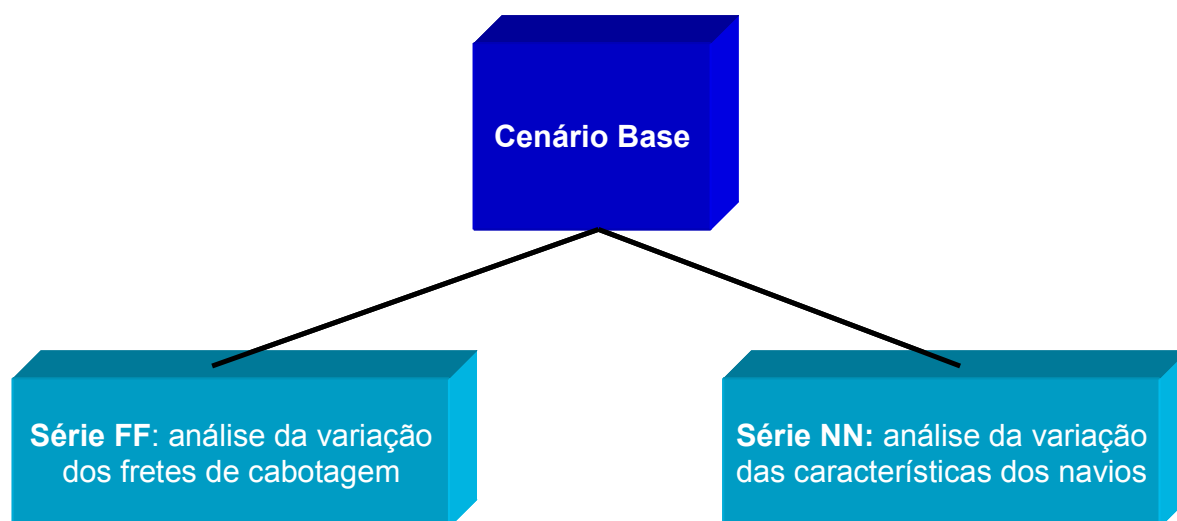


Figura 4.3 Árvore de Cenários.

Variação dos fretes de cabotagem praticados – Série FF

Nesta série foram rodados e analisados nove cenários que tiveram seus fretes de cabotagem reduzidos de 0% até 80%, de 10% em 10%. Partiu-se, no cenário FF-00, com fretes de cabotagem sendo iguais ao rodoviário, estimado no capítulo 3, e em seguida considerou-se uma redução gradual dos fretes de cabotagem, conforme apresentado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 Descrição dos cenários da série FF.

Cenários: Série FF	
Código	Redução Frete Cabotagem
FF-00	-
FF-10	-10%
FF-20	-20%
FF-30	-30%
FF-40	-40%
FF-50	-50%
FF-60	-60%
FF-70	-70%
FF-80	-80%

Assim, pôde-se observar até que ponto as demandas de cabotagem contribuem para o aumento da margem bruta de contribuição da empresa. Segundo um outro ponto de vista,

esses cenários contribuem para avaliar quais os valores de frete de cabotagem que a empresa poderia oferecer no mercado a fim de aumentar sua margem bruta de contribuição.

Para as demandas de cabotagem, considera-se somente um tipo de carga, codificado como C_45.

A introdução das demandas de transporte por cabotagem, impacta num aumento da frota de contêineres, gerando um aumento de custos. Tal custo foi levado em consideração para o cálculo de todas as variações dos indicadores financeiros desta série de cenários.

Comparação dos indicadores financeiros

Os indicadores financeiros foram calculados para cada cenário da série, o que possibilitou a construção das curvas que serão apresentadas a seguir. A Tabela 4.13 mostra uma comparação dos indicadores financeiros entre os cenários CB, cenário-base, e o primeiro cenário da série FF, FF-00, em que o frete de cabotagem considerado é igual ao frete médio rodoviário praticado no mercado atualmente.

É importante destacar a dificuldade para que empresas de transporte de cabotagem pratiquem fretes de transporte iguais ao rodoviário, uma vez que um cliente que deseje embarcar um certo tipo de carga pelo modal aquaviário irá ter que pagar também os fretes terrestres entre a origem da carga até o porto de embarque e do porto de desembarque até o destino final da carga.

Além dessa diferença de custos para o cliente, existem também diferenças em relação ao nível de serviço oferecido por cada modal. Por exemplo, a segurança da carga e o tempo de transporte, são fatores importantes, levados em conta para a seleção do modal, porém mais difíceis de serem quantificados financeiramente.

A série FF, revelou-se bastante interessante uma vez que consegue analisar até que ponto, em relação à redução dos fretes de cabotagem, essas cargas ainda continuam atrativas. Definindo uma atratividade para as cargas de cabotagem, a empresa poderá verificar qual o nível de frete deverá oferecer aos seus clientes e ainda poderá fazer uma análise de preços e nível de serviço para verificar a sua competitividade no mercado de transporte.

Tabela 4.13 Indicadores Financeiros: comparação CB e FF-00.

Indicadores Financeiros	CB	FF-00	Variação
Margem bruta de contribuição	USD 221.296.634	USD 252.264.143	14,0%
Receita	USD 283.154.375	USD 358.809.495	26,7%
Custo variável	USD 61.857.741	USD 106.545.352	72,2%
Descrição dos custos variáveis	CB	FF-00	Variação
Custo de movimentação dos contêineres cheios	USD 52.205.072	USD 93.002.915	78,1%
Custo para atendimento aos tipos de carga	USD 1.621.648	USD 1.578.002	-2,7%
Custo de movimentação dos contêineres vazios	USD 7.851.629	USD 11.874.040	51,2%
Custo de estoque de contêineres vazios	USD 179.392	USD 90.395	-49,6%
Participação dos custos variáveis no custo variável total	CB	FF-00	Variação
Custo de movimentação dos contêineres cheios	84,4%	87,3%	3,4%
Custo para atendimento dos tipos de cargas	2,6%	1,5%	-43,5%
Custo de movimentação dos contêineres vazios	12,7%	11,1%	-12,2%
Custo de estoque de contêineres vazios	0,3%	0,1%	-70,7%

A Tabela 4.13 mostra que o transporte de cargas de cabotagem em navios de longo curso melhora a logística dos contêineres, reduzindo as participações dos seguintes custos variáveis: reposicionamento e estoque de contêineres vazios (12,2% e 70,7%, respectivamente), além de ser um potencial gerador de receitas (potencial de aumento de 26,7%).

A Figura 4.4 demonstra que mesmo reduzindo acentuadamente os fretes de cabotagem, ainda assim, algumas cargas de determinadas origens para determinados destinos são atrativas para a empresa, ou seja, contribuem positivamente na Margem Bruta de Contribuição.

Era provável que mesmo a redução total dos fretes de cabotagem não influenciasse negativamente na Margem Bruta de Contribuição da empresa, já que essa não é obrigada a transportar cargas de cabotagem. Assim, o modelo considera as demandas de cabotagem como novas oportunidades para a empresa, e, portanto, a possibilidade de novas configurações e alocações de capacidades que podem representar ganhos potenciais.

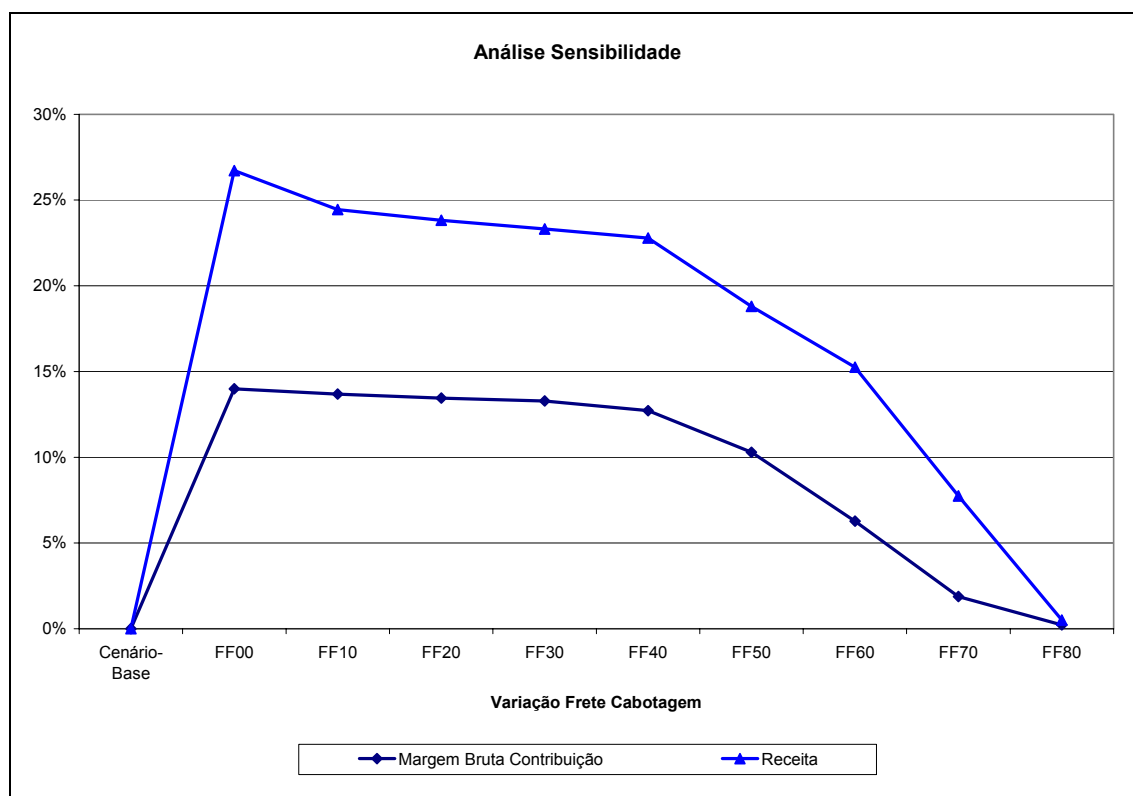


Figura 4.4 Variação da Margem bruta de contribuição e da Receita, com a redução dos fretes de cabotagem.

A Figura 4.4 retrata uma mudança importante que o atendimento das cargas de cabotagem gera no sistema logístico da empresa. As barras representam a composição do custo variável total para cada cenário. Os códigos utilizados representam: CF – custo de movimentação de contêineres cheios, CM – custo de atendimento aos tipos de carga, CE – custo de movimentação de contêineres vazios (reposicionamento) e CS – custo de estoque de contêineres vazios.

Nota-se que no cenário FF-60 o custo de reposicionamento de contêineres apresenta uma participação de 9% no custo variável total, que era, no cenário-base, de 13%. Ou seja, em FF-60, a empresa passaria a gastar relativamente menos - transportando contêineres vazios (custo de reposicionamento).

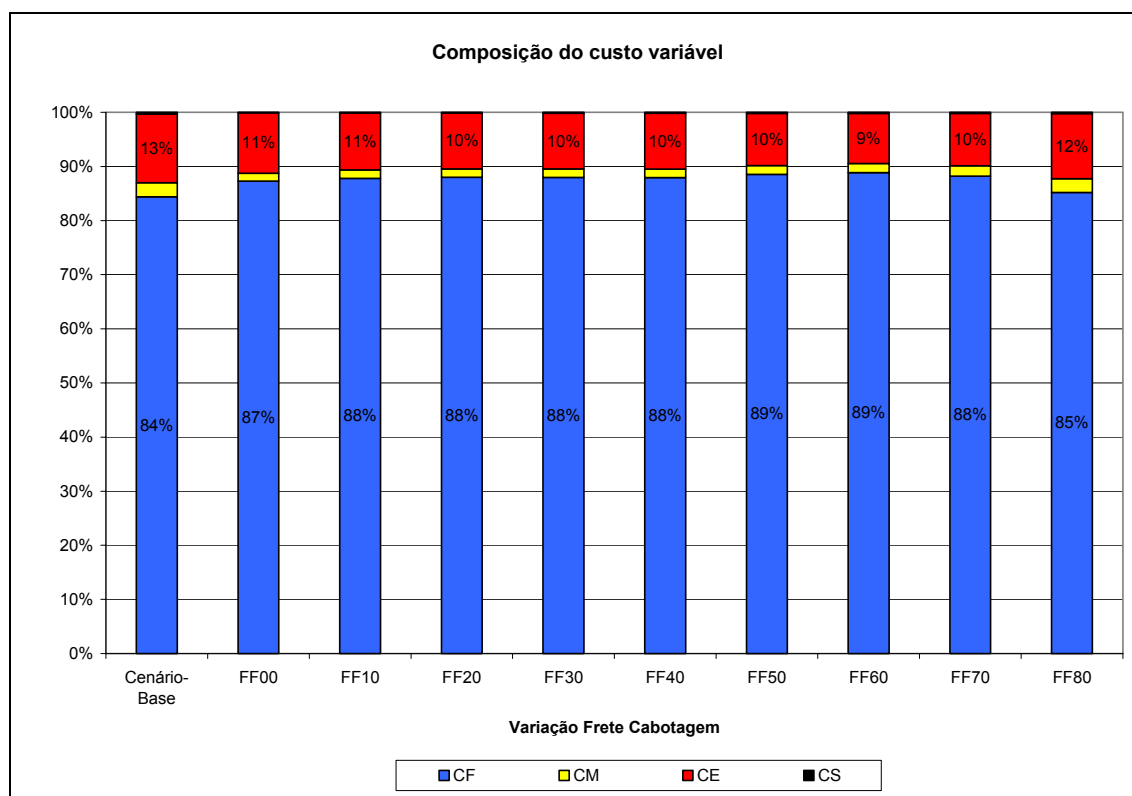


Figura 4.5 Composição do custo variável total em cada cenário.

Comparação dos indicadores de utilização

Foram calculados todos os indicadores de utilização para cada cenário da série FF, que possibilitou a construção da curva apresentada na Figura 4.6. A seguir destacam-se os resultados dos cenários FF-00 e FF-60, apresentados nas Tabelas 4.14 até 4.17.

Ressalta-se que há um melhoramento da utilização dos navios com a integração das cargas de cabotagem na estrutura operacional de longo curso da empresa. Essa melhora ocorre tanto na utilização dos navios em relação ao peso total carregado como em relação ao volume transportado, e podem ser apresentados, respectivamente, pelas Tabelas 4.14 e 4.15.

Tabela 4.14 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário FF-00.

Índice de Utilização: Deadweight de carga - Cenário FF-00

Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_TIL	75%	74%	72%	73%	74%	73%	77%	75%	77%	76%	76%	75%
SB_HAM	73%	74%	71%	71%	73%	70%	75%	74%	75%	75%	75%	73%
SB_ANR	64%	69%	66%	66%	67%	65%	68%	68%	69%	69%	69%	66%
SB_LEH	75%	81%	79%	76%	82%	75%	79%	79%	80%	77%	77%	78%
SB_SUA	73%	80%	76%	75%	79%	74%	78%	78%	79%	75%	75%	77%
SB_SPB	73%	79%	77%	74%	78%	72%	78%	77%	78%	74%	74%	76%
SB_SSZ	71%	75%	73%	68%	75%	69%	72%	73%	72%	71%	71%	71%
NB_BUE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
NB_RIG	71%	69%	70%	72%	72%	73%	68%	70%	69%	66%	68%	70%
NB_PNG	94%	94%	94%	97%	93%	97%	93%	94%	96%	87%	94%	95%
NB_SSZ	96%	98%	96%	100%	95%	99%	98%	98%	97%	92%	96%	97%
NB_SPB	96%	99%	99%	96%	95%	98%	95%	93%	99%	95%	96%	97%
NB_SUA	99%	99%	100%	97%	97%	99%	98%	97%	100%	99%	98%	99%

Menor 50%
Entre 50% e 90%
Maior 90%

O fato da utilização do navio, em trechos da Europa, apresentar menores índices, conforme apresentado na Tabela 4.14, pode ser explicado pelos tipos de cargas exportadas daqueles países, em geral mais leves, e principalmente, devido à necessidade de reposicionamento de contêineres para a América Latina, causado pelo problema de *Imbalance*¹⁸ estrutural.

Pôde-se notar na Tabela 4.15 que há uma utilização, em número total de contêineres transportados, que é praticamente acima dos 90% em todos os trechos da rota considerada, fato que não acontecia no cenário-base analisado anteriormente.

¹⁸ Diferença entre os fluxos de importações e exportações de carga em um dado porto

Tabela 4.15 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário FF-00.

Índice de Utilização: TEU - Cenário FF-00												
Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	99%	99%	100%	100%	98%	100%	98%	99%	99%	99%	100%	100%
SB_TIL	99%	98%	99%	100%	99%	99%	100%	99%	99%	99%	99%	100%
SB_HAM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_ANR	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_LEH	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SUA	98%	100%	99%	100%	99%	99%	99%	100%	99%	99%	99%	100%
SB_SPB	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SSZ	99%	97%	98%	95%	100%	99%	95%	99%	95%	99%	99%	96%
NB_BUE	97%	96%	97%	97%	97%	99%	95%	99%	95%	95%	95%	96%
NB_RIG	97%	96%	98%	96%	97%	100%	93%	99%	96%	94%	95%	97%
NB_PNG	98%	96%	96%	98%	95%	100%	94%	97%	100%	89%	98%	98%
NB_SSZ	96%	98%	95%	99%	94%	98%	97%	97%	97%	92%	97%	97%
NB_SPB	97%	100%	100%	98%	95%	100%	95%	94%	100%	96%	98%	99%
NB_SUA	98%	98%	99%	97%	95%	98%	96%	96%	98%	97%	98%	98%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Mesmo com a redução de 60% nos fretes de cabotagem, essas cargas ainda contribuem para o melhoramento da utilização dos navios e participam consideravelmente das receitas totais da empresa, aproximadamente 14%, conforme apresentado nas Tabelas 4.16 e 4.17 e na Figura 4.6.

Tabela 4.16 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário FF60.

Índice de Utilização: Deadweight de carga - Cenário FF-60												
Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_TIL	74%	73%	73%	73%	75%	73%	78%	75%	76%	75%	76%	75%
SB_HAM	72%	73%	71%	71%	72%	70%	75%	73%	74%	74%	75%	72%
SB_ANR	65%	68%	65%	65%	67%	65%	70%	70%	69%	68%	70%	67%
SB_LEH	78%	79%	79%	79%	79%	78%	81%	82%	81%	79%	80%	79%
SB_SUA	76%	78%	78%	78%	78%	77%	80%	81%	80%	78%	79%	78%
SB_SPB	75%	76%	77%	77%	76%	74%	78%	80%	77%	76%	77%	75%
SB_SSZ	73%	74%	74%	73%	73%	71%	74%	76%	74%	74%	75%	73%
NB_BUE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
NB_RIG	73%	72%	71%	74%	72%	73%	73%	72%	73%	69%	74%	73%
NB_PNG	84%	83%	82%	83%	82%	84%	85%	84%	85%	80%	86%	85%
NB_SSZ	85%	84%	84%	86%	84%	84%	91%	86%	85%	81%	88%	88%
NB_SPB	98%	96%	98%	94%	94%	96%	98%	94%	95%	93%	95%	98%
NB_SUA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Tabela 4.17 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário FF60.

Índice de Utilização: TEU - Cenário FF-60												
Porto Entrada	T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	T_06	T_07	T_08	T_09	T_10	T_11	T_12
SB_RTM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_TIL	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_HAM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_ANR	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_LEH	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SUA	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SPB	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	99%
SB_SSZ	100%	99%	97%	97%	98%	98%	97%	99%	97%	97%	98%	98%
NB_BUE	90%	87%	89%	89%	89%	91%	88%	89%	88%	89%	88%	88%
NB_RIG	89%	87%	90%	87%	91%	91%	88%	89%	90%	87%	89%	89%
NB_PNG	92%	87%	91%	85%	91%	89%	88%	90%	92%	83%	90%	89%
NB_SSZ	91%	87%	90%	86%	90%	86%	92%	89%	91%	84%	89%	90%
NB_SPB	100%	98%	100%	96%	95%	98%	100%	96%	97%	95%	97%	100%
NB_SUA	100%	100%	100%	99%	99%	100%	99%	99%	99%	99%	99%	100%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

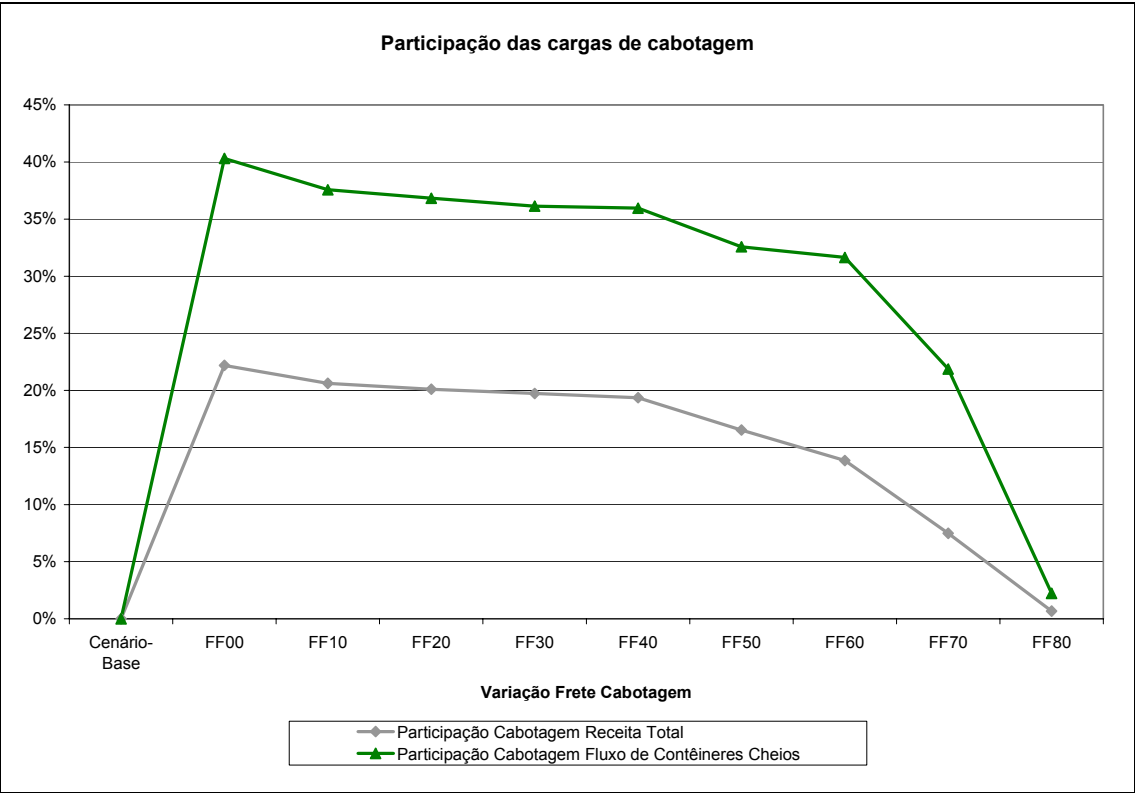


Figura 4.6 Participação das cargas de cabotagem em relação à variação dos fretes de cabotagem praticados.

A Figura 4.6 demonstra que o transporte de cargas por cabotagem contribui ativamente nos fluxos de contêineres cheios transportados e na receita total da empresa, mesmo quando o frete de cabotagem considerado é diminuído em porcentagens consideráveis.

Alguns trechos do transporte de cabotagem apresentam-se mais atrativos para a empresa, pois quando combinados com sua estrutura operacional de longo curso geram grande sinergia no transporte dessas cargas. A Tabela 4.18 apresenta quais os percentuais atendidos dos trechos de cabotagem considerados, em relação às demandas totais para os cenários FF-00 e FF-60.

Conclui-se que a empresa poderia ser muito competitiva no transporte de cargas, principalmente, entre os portos de Santos e Rio Grande, em ambos os sentidos.

Tabela 4.18 Atendimento às demandas de cabotagem.

Cenário FF-00			Cenário FF-60		
Origem	Destino	Atendimento da demanda	Origem	Destino	Atendimento da demanda
I_RIG	J_SSZ	100%	I_SSZ	J_RIG	100%
I_SSZ	J_RIG	100%	I_RIG	J_SSZ	88%
I_RIG	J_PNG	97%	I_RIG	J_SPB	80%
I_RIG	J_SPB	65%	I_SPB	J_SUA	5%
I_PNG	J_SSZ	35%	I_PNG	J_SPB	5%
I_PNG	J_SPB	33%	I_RIG	J_PNG	4%
I_SPB	J_RIG	13%	I_SUA	J_RIG	2%
I_SPB	J_SUA	2%	I_PNG	J_RIG	0%
I_SSZ	J_SPB	2%	I_PNG	J_SSZ	0%
I_PNG	J_RIG	0%	I_PNG	J_SUA	0%
I_PNG	J_SUA	0%	I_RIG	J_SUA	0%
I_RIG	J_SUA	0%	I_SPB	J_PNG	0%
I_SPB	J_PNG	0%	I_SPB	J_RIG	0%
I_SPB	J_SSZ	0%	I_SPB	J_SSZ	0%
I_SSZ	J_PNG	0%	I_SSZ	J_PNG	0%
I_SSZ	J_SUA	0%	I_SSZ	J_SPB	0%
I_SUA	J_PNG	0%	I_SSZ	J_SUA	0%
I_SUA	J_RIG	0%	I_SUA	J_PNG	0%
I_SUA	J_SPB	0%	I_SUA	J_SPB	0%
I_SUA	J_SSZ	0%	I_SUA	J_SSZ	0%

Comparação dos indicadores logísticos

Foram calculados todos os indicadores logísticos para cada cenário da série FF. A Tabela 4.19 compara os indicadores logísticos do cenário-base com aqueles do primeiro

cenário da série FF, FF-00. Ressalta-se que o aumento da frota de contêineres para atender a demanda de cabotagem é considerável, sendo menos expressivo somente para o caso de contêineres do tipo 40 pés – carga seca (K40_D).

É importante ressaltar que para os cálculos de aumento da margem bruta de contribuição e aumento de receita total, analisados anteriormente, levou-se em consideração o aumento da frota de contêineres e foram calculados custos de aumento da frota para cada tipo de contêiner.

Tabela 4.19 Indicadores Logísticos: comparação CB e FF00.

	Tipo do Contêiner	CB	FF-00	Variação
Tamanho da Frota	K20_D	7.127	10.616	49,0%
	K20_R	1.735	2.676	54,2%
	K40_D	6.580	7.293	10,8%
	K40_R	932	1.355	45,4%
Percentual	K20_D	43,5%	48,4%	11,2%
	K20_R	10,6%	12,2%	15,1%
	K40_D	40,2%	33,2%	-17,3%
	K40_R	5,7%	6,2%	8,5%
Índice de Produtividade	K20_D	8,93	10,64	19,1%
	K20_R	5,63	9,34	65,8%
	K40_D	9,29	10,51	13,2%
	K40_R	6,52	8,38	28,6%
Índice de Estoque	K20_D	17,6%	3,3%	-81,2%
	K20_R	15,9%	3,0%	-80,9%
	K40_D	21,3%	12,5%	-41,6%
	K40_R	70,7%	34,5%	-51,1%
Índice de Reposicionamento	K20_D	1,42	1,89	32,8%
	K20_R	4,59	3,00	-34,6%
	K40_D	1,89	1,53	-19,1%
	K40_R	3,28	3,00	-8,5%

A Tabela 4.19 mostra que os índices de produtividade do cenário FF-00 aumentam, para todos os tipos de contêineres. Enquanto os índices de estoque e de reposicionamento de contêineres (movimento de contêineres vazios) diminuem para todos os tipos de contêineres.

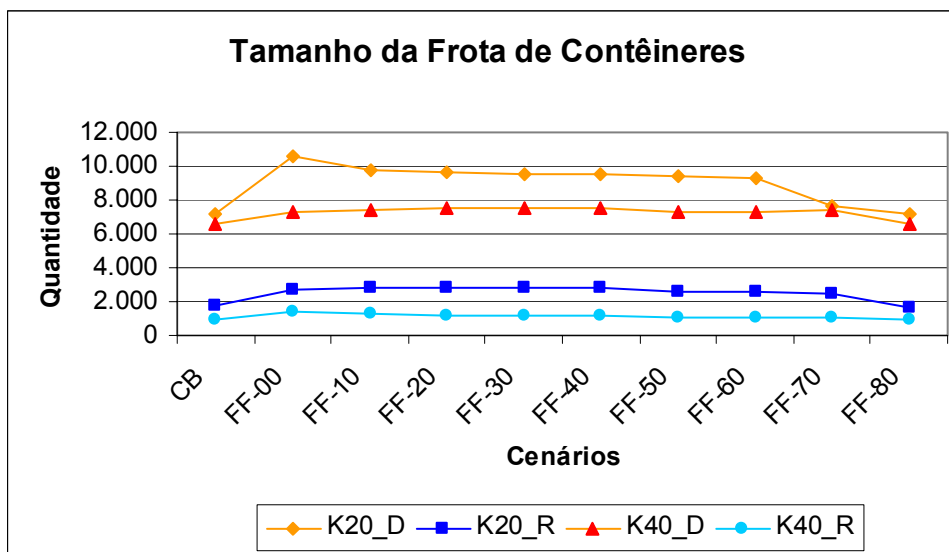


Figura 4.7 Comportamento do tamanho da frota de contêineres ao variar os fretes de cabotagem.

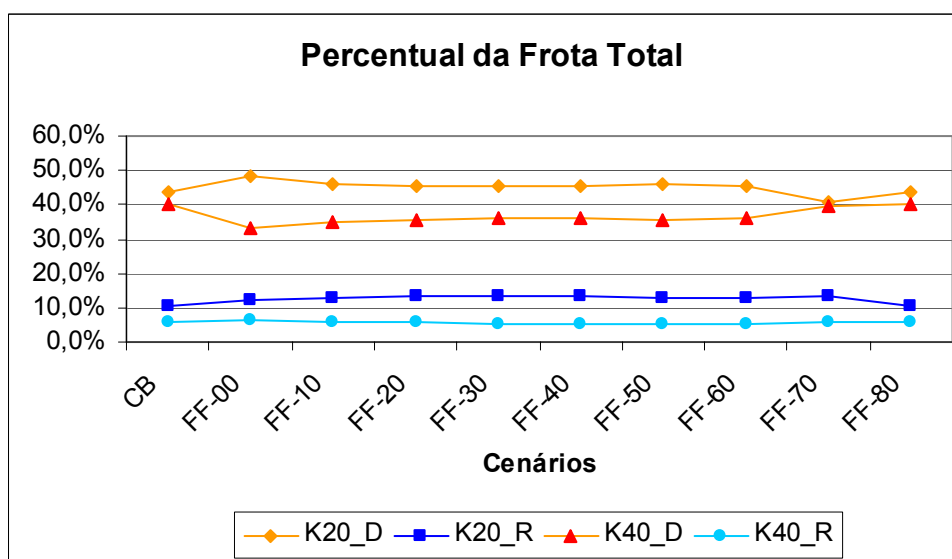


Figura 4.8 Comportamento da composição da frota de contêineres ao variar os fretes de cabotagem.

A Figura 4.7 mostra que com a introdução das cargas de cabotagem, o tamanho da frota de contêineres do tipo 20 pés – seco (20_D) sofre maior oscilação. Já na Figura 4.8 é representado a participação de cada tipo de contêiner na frota total. Pôde-se notar que a participação de cada tipo de contêiner na frota total não sofre grandes oscilações ao variar os fretes de cabotagem. Outro fator importante é o aumento da produtividade de todos os tipos de contêineres, em praticamente todos os cenários da série FF, conforme apresentado na Figura 4.9.

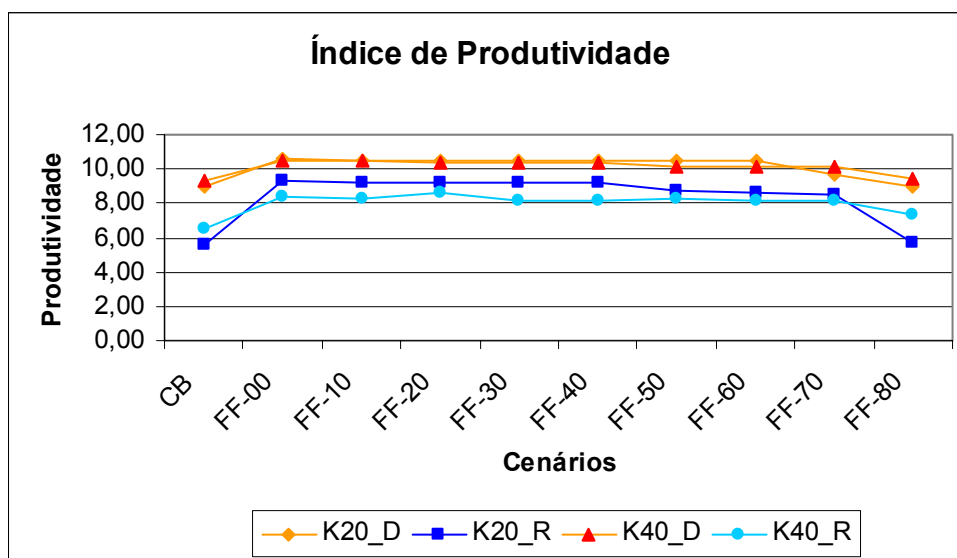


Figura 4.9 Comportamento do índice de produtividade de contêineres ao variar os fretes de cabotagem.

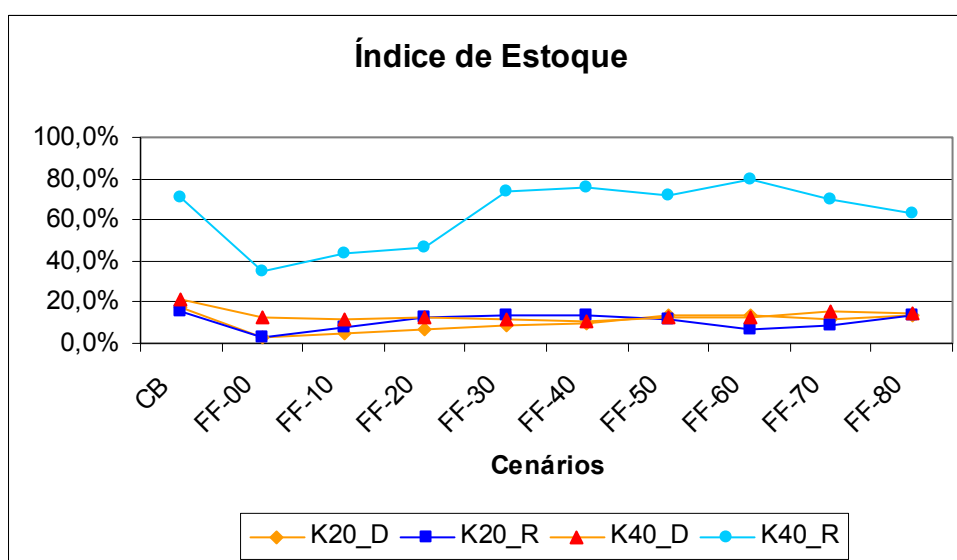


Figura 4.10 Comportamento do índice de estoque de contêineres vazios ao variar os fretes de cabotagem.

Os índices de estoque de contêineres vazios seguem o comportamento conforme descrito na Figura 4.10. É importante destacar que os custos de estoque de contêineres possuem baixa participação no custo variável total. Já os índices de reposicionamento de contêineres, que possuem um impacto maior no custo variável total, apresentam valores mais baixos, quando comparado com o cenário-base, para todos os tipos de contêineres em praticamente todos os tipos de cenários da série FF.

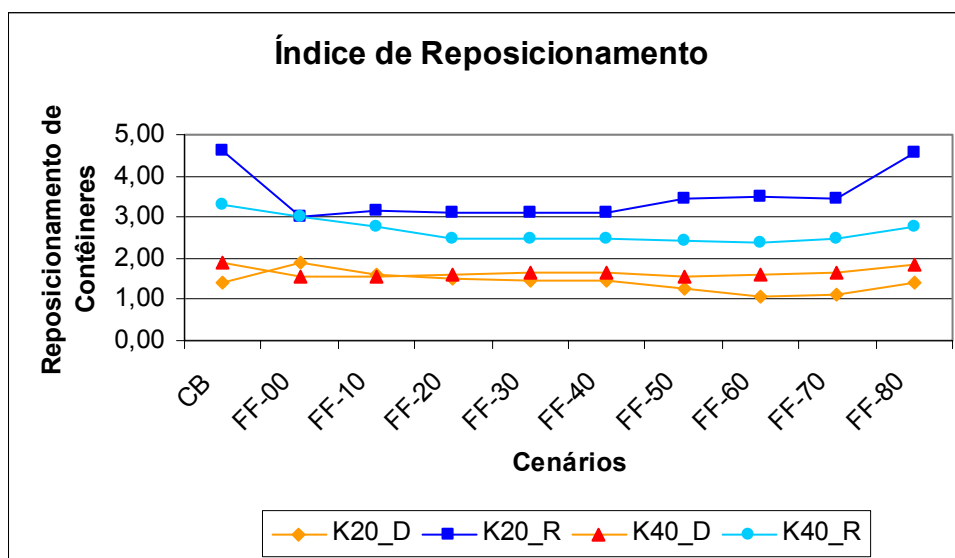


Figura 4.11 Comportamento do índice de reposicionamento de contêineres vazios ao variar os fretes de cabotagem.

Considerações sobre a série FF

Mesmo sendo 70% mais econômicos em relação ao rodoviário, os fretes de cabotagem ainda contribuem para a margem bruta de contribuição da empresa, ou seja, a empresa poderia transportar cargas de cabotagem praticando valores de fretes que são até 70% mais econômicos em relação ao frete rodoviário.

Outro fator importante a ser notado é a composição do custo variável total. No cenário-base, em que as demandas de cabotagem não são consideradas, o custo de reposicionamento de contêineres vazios representava aproximadamente 13% do custo total, já com a integração do transporte de cabotagem o custo de reposicionamento no cenário FF-60 representou somente 9% do custo total.

Ao transportar cargas de cabotagem em navios de longo curso a empresa consegue aumentar a utilização tanto em volume como em peso desses navios devido a um melhor equilíbrio dos fluxos de transporte de cargas.

Vale ressaltar aqui que a estratégia da empresa é transportar as demandas de cabotagem utilizando capacidade ociosa ou marginal dos navios. Observa-se que os valores de frete de cabotagem são praticados em R\$ (Reais) enquanto no transporte de longo curso os

valores de frete são praticados em USD (Dólares). Caso venha a ocorrer uma variação cambial com a moeda nacional se desvalorizando, haveria uma menor atratividade das cargas de cabotagem.

Caso contrário, com uma valorização da moeda nacional, as demandas de cabotagem se tornariam ainda mais atrativas. Além disso, as variações cambiais geram um grande impacto no fluxo de cargas internacionais, pois afetam diretamente as importações e exportações do país.

Variação na capacidade dos navios – Série NN

Na série de cenários NN foram modificadas as capacidades de transporte dos navios com o objetivo de analisar qual navio seria mais adequado para compor a frota da rota que está sendo analisada, considerando-se as demandas de cabotagem. Além disso, os fretes de cabotagem foram reduzidos em 60%, sendo iguais aos do cenário FF-60.

Optou-se pela escolha do cenário FF-60 por considerar-se que sendo 60% mais econômicos do que o rodoviário, os fretes de cabotagem apresentariam grande competitividade no mercado de transportes.

Foram analisados mais dois tipos de navios, além daquele já utilizado na série de cenários anterior. Ressalta-se que a frota de navios da rota analisada é considerada homogênea, ou seja, todos os navios possuem a mesma característica. Os cenários da série NN são descritos nas Tabelas 4.20 e 4.21.

Tabela 4.20 Descrição do cenário NN2220.

Características da Frota -Série NN-2220		
Tipo	Valor	Unidades
Quantidade	6	navios
Viagem Redonda	42	dias
Capacidade de TEU	2.220	Teus
Capacidade de Deadweight	31.000	toneladas
Capacidade de Plugs	500	tomadas
Capacidade de 40 pés	600	contêineres

Tabela 4.21 Descrição do cenário NN3000.

Características da Frota - Série NN-3000		
Tipo	Valor	Unidades
Quantidade	6	navios
Viagem Redonda	42	dias
Capacidade de TEU	3.000	Teus
Capacidade de Deadweight	42.000	toneladas
Capacidade de Plugs	500	tomadas
Capacidade de 40 pés	800	contêineres

Comparação dos indicadores financeiros

Calculam-se os indicadores financeiros para ambos os cenários da série NN e faz-se uma comparação destes com o cenário FF-60. Os valores são apresentados na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 Indicadores Financeiros: comparação FF-60 e Série NN.

Indicadores Financeiros	FF-60	NN-2220	NN-3000	Variação NN-2220	Variação NN-3000
Margem bruta de contribuição	USD 235.161.543	USD 270.258.445	USD 330.406.047	14,9%	40,5%
Receita	USD 326.341.484	USD 372.046.067	USD 459.717.318	14,0%	40,9%
Custo variável	USD 91.179.941	USD 101.787.620	USD 129.311.270	11,6%	41,8%
Descrição dos custos variáveis	FF-60	NN-2220	NN-3000	Variação NN-2220	Variação NN-3000
Custo de movimentação dos contêineres cheios	USD 81.047.186	USD 90.606.131	USD 112.622.769	11,8%	39,0%
Custo para atendimento aos tipos de carga	USD 1.531.236	USD 2.201.837	USD 3.193.546	43,8%	108,6%
Custo de movimentação dos contêineres vazios	USD 8.438.047	USD 8.782.460	USD 13.036.292	4,1%	54,5%
Custo de estoque de contêineres vazios	USD 163.472	USD 197.192	USD 458.663	20,6%	180,6%
Participação dos custos variáveis no custo variável total	FF-60	NN-2220	NN-3000	Variação NN-2220	Variação NN-3000
Custo de movimentação dos contêineres cheios	88,9%	89,0%	87,1%	0,1%	-2,0%
Custo para atendimento dos tipos de cargas	1,7%	2,2%	2,5%	28,8%	47,1%
Custo de movimentação dos contêineres vazios	9,3%	8,6%	10,1%	-6,8%	8,9%
Custo de estoque de contêineres vazios	0,2%	0,2%	0,4%	8,1%	97,8%

Os indicadores mostram um aumento da receita e da margem bruta de contribuição, na medida em que são utilizados navios maiores. Isto demonstra a existência de demanda de transporte maior que aquela atendida nos cenários da série FF.

Comparação dos indicadores de utilização

A fim de verificar como a nova demanda de transporte atendida preenche a capacidade dos navios, foram calculados os indicadores de utilização para os cenários da série NN. Os valores estão presentes nas Tabelas 4.23 até 4.26. Tais Tabelas indicam uma menor utilização dos navios, quando comparados com o cenário FF-60, principalmente para viagens entre portos brasileiros. Pode-se concluir que as demandas de cabotagem consideradas não são suficientes para preencher toda a capacidade dos navios.

Tabela 4.23 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário NN-2220.

Índice de Utilização: Deadweight de carga - Cenário NN-2220

Porto Entrada	T 01	T 02	T 03	T 04	T 05	T 06	T 07	T 08	T 09	T 10	T 11	T 12
SB_RTM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_TIL	75%	78%	74%	76%	76%	77%	80%	77%	79%	78%	80%	78%
SB_HAM	76%	79%	75%	76%	76%	76%	78%	78%	79%	80%	80%	77%
SB_ANR	68%	71%	69%	70%	70%	71%	71%	72%	72%	73%	73%	71%
SB_LEH	79%	80%	81%	82%	82%	83%	82%	84%	84%	83%	83%	81%
SB_SUA	73%	77%	76%	79%	77%	78%	78%	80%	79%	78%	78%	75%
SB_SPB	75%	77%	76%	79%	78%	77%	79%	81%	79%	78%	79%	76%
SB_SSZ	73%	74%	74%	74%	75%	75%	75%	78%	75%	75%	76%	74%
NB_BUE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
NB_RIG	70%	68%	68%	72%	71%	70%	70%	69%	71%	64%	68%	72%
NB_PNG	78%	76%	77%	81%	79%	79%	79%	79%	80%	74%	78%	81%
NB_SSZ	78%	78%	78%	83%	81%	79%	84%	81%	81%	76%	80%	83%
NB_SPB	99%	98%	99%	96%	94%	96%	97%	95%	96%	94%	94%	98%
NB_SUA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Tabela 4.24 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário NN-2220.

Índice de Utilização: TEU - Cenário NN-2220

Porto Entrada	T 01	T 02	T 03	T 04	T 05	T 06	T 07	T 08	T 09	T 10	T 11	T 12
SB_RTM	97%	96%	97%	97%	96%	97%	96%	96%	96%	96%	96%	97%
SB_TIL	96%	98%	96%	97%	96%	97%	98%	96%	97%	96%	97%	96%
SB_HAM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_ANR	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_LEH	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SUA	95%	99%	96%	98%	96%	96%	98%	96%	96%	96%	96%	96%
SB_SPB	96%	99%	95%	97%	98%	94%	98%	98%	95%	97%	97%	96%
SB_SSZ	96%	97%	94%	95%	96%	92%	94%	96%	92%	93%	94%	94%
NB_BUE	79%	77%	80%	80%	81%	79%	78%	79%	77%	78%	78%	75%
NB_RIG	77%	77%	78%	79%	81%	80%	77%	79%	79%	76%	78%	78%
NB_PNG	78%	78%	76%	81%	80%	79%	78%	79%	81%	74%	78%	80%
NB_SSZ	77%	78%	75%	80%	81%	77%	82%	79%	80%	74%	79%	80%
NB_SPB	98%	96%	98%	95%	92%	95%	94%	93%	94%	93%	93%	96%
NB_SUA	97%	96%	97%	96%	95%	97%	95%	96%	96%	96%	96%	97%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Tabela 4.25 Utilização da capacidade do navio, em relação ao peso transportado, para o cenário NN-3000.

Índice de Utilização: Deadweight de carga - Cenário NN-3000

Porto Entrada	T 01	T 02	T 03	T 04	T 05	T 06	T 07	T 08	T 09	T 10	T 11	T 12
SB_RTM	94%	90%	93%	95%	91%	92%	89%	90%	89%	90%	89%	91%
SB_TIL	70%	68%	70%	71%	70%	69%	71%	69%	69%	69%	69%	71%
SB_HAM	74%	72%	73%	74%	73%	74%	74%	75%	75%	74%	75%	76%
SB_ANR	60%	62%	60%	61%	60%	61%	62%	63%	63%	62%	63%	62%
SB_LEH	71%	74%	72%	77%	74%	76%	75%	75%	75%	75%	74%	74%
SB_SUA	61%	66%	63%	69%	66%	66%	66%	65%	64%	65%	64%	64%
SB_SPB	68%	71%	68%	73%	69%	71%	71%	72%	72%	72%	71%	70%
SB_SSZ	65%	67%	64%	68%	66%	67%	67%	66%	66%	68%	67%	66%
NB_BUE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
NB_RIG	54%	52%	53%	54%	52%	52%	52%	50%	51%	47%	49%	52%
NB_PNG	60%	58%	56%	59%	56%	58%	60%	57%	58%	53%	56%	59%
NB_SSZ	60%	59%	59%	63%	60%	59%	64%	58%	60%	55%	58%	59%
NB_SPB	95%	93%	94%	93%	91%	92%	92%	90%	91%	89%	90%	93%
NB_SUA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Tabela 4.26 Utilização da capacidade do navio, em relação ao volume transportado, para o cenário NN-3000.

Índice de Utilização: TEU - Cenário NN-3000

Porto Entrada	T 01	T 02	T 03	T 04	T 05	T 06	T 07	T 08	T 09	T 10	T 11	T 12
SB_RTM	94%	91%	93%	94%	90%	92%	89%	90%	89%	90%	90%	91%
SB_TIL	92%	92%	92%	92%	91%	91%	93%	90%	90%	90%	90%	91%
SB_HAM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_ANR	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_LEH	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
SB_SUA	90%	93%	91%	93%	92%	91%	92%	89%	90%	91%	90%	91%
SB_SPB	98%	98%	97%	98%	97%	99%	99%	98%	99%	99%	98%	98%
SB_SSZ	95%	94%	95%	93%	94%	95%	94%	92%	92%	95%	93%	93%
NB_BUE	62%	62%	68%	61%	63%	66%	62%	61%	60%	62%	61%	60%
NB_RIG	61%	64%	66%	61%	63%	67%	62%	62%	63%	60%	60%	61%
NB_PNG	64%	64%	63%	63%	61%	64%	64%	62%	63%	58%	60%	61%
NB_SSZ	63%	61%	61%	65%	63%	62%	67%	61%	63%	59%	61%	62%
NB_SPB	96%	94%	96%	94%	94%	94%	94%	92%	94%	92%	92%	94%
NB_SUA	100%	100%	100%	99%	99%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	100%

Menor 50%

Entre 50% e 90%

Maior 90%

Comparação dos indicadores logísticos

Calculam-se os indicadores logísticos para ambos os cenários da série NN e faz-se uma comparação destes com o cenário FF-60. Os valores são apresentados na Tabela 4.27.

Tabela 4.27 Indicadores Logísticos: comparação FF-60 e Série NN.

	Tipo do Contêiner	FF-60	NN-2220	NN-3000	Variação NN-2220	Variação NN-3000
Tamanho da Frota	K20_D	9.243	10.200	13.582	10,4%	46,9%
	K20_R	2.585	3.730	4.099	44,3%	58,5%
	K40_D	7.312	7.891	9.004	7,9%	23,1%
	K40_R	1.099	1.149	2.287	4,5%	108,1%
Percentual	K20_D	45,7%	44,4%	46,9%	-2,8%	2,7%
	K20_R	12,8%	16,2%	14,1%	27,1%	10,8%
	K40_D	36,1%	34,4%	31,1%	-4,9%	-14,0%
	K40_R	5,4%	5,0%	7,9%	-7,9%	45,4%
Índice de Produtividade	K20_D	10,53	10,60	10,56	0,6%	0,3%
	K20_R	8,68	7,84	7,31	-9,6%	-15,8%
	K40_D	10,16	10,12	9,83	-0,4%	-3,2%
	K40_R	8,21	8,37	6,57	1,9%	-19,9%
Índice de Estoque	K20_D	13,6%	13,7%	23,9%	0,5%	75,2%
	K20_R	7,2%	17,6%	67,4%	143,5%	834,6%
	K40_D	13,0%	13,4%	19,4%	3,0%	49,5%
	K40_R	79,4%	72,6%	61,9%	-8,5%	-22,0%
Índice de Reposicionamento	K20_D	1,08	0,79	1,19	-27,0%	9,9%
	K20_R	3,49	3,45	3,42	-1,2%	-2,2%
	K40_D	1,58	1,43	1,49	-9,6%	-5,3%
	K40_R	2,40	2,37	3,68	-1,3%	53,1%

Considerações sobre a série FF

Os navios maiores, considerados na série NN, possuem uma estrutura de custos diferentes daquela do cenário FF-60. Consideram-se dois aumentos de custos: primeiro relativo à diferença dos custos diários de cada navio considerado, segundo relativo ao aumento da frota de contêineres necessário para atender maior demanda de transporte.

Segundo dados da empresa, o aumento de custos, considerados somente os itens descritos anteriormente, seria dado conforme as Tabelas 4.28 e 4.29.

Tabela 4.28 Aumento do custo da frota de contêineres.

	Custo do Aumento de Contêineres NN-2220	Custo do Aumento de Contêineres NN-3000
K20_D	USD 244.514	USD 1.108.640
K20_R	USD 292.445	USD 386.699
K40_D	USD 148.062	USD 432.255
K40_R	USD 12.749	USD 303.560
	USD 697.771	USD 2.231.154

Tabela 4.29 Aumento do custo nos cenários da série NN.

	Aumento de Custos Cenário NN-2220	Aumento de Custos Cenário NN-3000
Custo da troca de Navios	USD 2.190.000	USD 4.745.000
Custo do Aumento de Contêineres	USD 697.771	USD 2.231.154
Total	USD 2.887.771	USD 6.976.154

Ainda que não levados em conta outros custos como, por exemplo: aumento da tripulação, maior gasto de combustível e aumento de custos administrativos; o aumento da margem bruta de contribuição obtido com a expansão da capacidade de transporte dos navios é considerável, sendo de: USD 32.209.132 para o cenário NN-2220 e USD 88.268.350 para o cenário NN-3000.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta a conclusão do trabalho, ressaltando os principais resultados obtidos e descreve algumas sugestões para estudos futuros que dêem continuidade a esta pesquisa.

5.1 - Conclusão

O mercado de transporte marítimo de cargas containerizadas no Brasil apresenta-se em crescimento. Nos três últimos anos, esse mercado expandiu-se cerca de 20% ao ano, fazendo com que o transporte de cargas containerizadas representasse uma maior participação no total de cargas transportadas entre portos brasileiros.

As más condições no sistema de transporte rodoviário brasileiro em conjunto com o aumento do nível de serviço do sistema de transporte aquaviário, provocam alterações na matriz de transporte nacional. Desta forma, o transporte de cargas por cabotagem torna-se bastante atrativo, conquistando parte do mercado de transportes do modal rodoviário.

O transporte de cargas de cabotagem por meio de navios de longo curso demonstrou-se viável e capaz de proporcionar melhorias financeiras, produtivas e no sistema logístico da empresa. As análises mostraram que o aumento da combinação de fluxos de cargas devido à demanda de transporte por cabotagem, gera uma sinergia significativa para os negócios da empresa. Assim, aumenta-se a utilização das capacidades dos navios e a produtividade dos contêineres, resultando em melhorias nas participações dos itens de custos e, principalmente, no incremento das receitas provenientes deste modal.

Em razão da diferença entre os modelos de receita utilizados nas rotas de longo curso (utiliza-se o USD) e de cabotagem (utiliza-se R\$), a empresa deve estar atenta para as alterações cambiais. É necessária a adoção de uma estratégia protecionista com objetivo de reduzir perdas provocadas por esta variação. Uma desvalorização da moeda nacional significaria para a empresa, além de uma profunda mudança nos fluxos de cargas internacionais (importação e exportação), uma menor receita de cabotagem, caso os navios estivessem transportando também esse tipo de carga.

Devido à sinergia gerada com o transporte de cargas de longo curso, a empresa é capaz de ofertar o serviço de transporte de cargas por cabotagem com preços bastante competitivos neste mercado. Segundo este estudo, mesmo praticando fretes de transporte 70% menores do que aqueles praticados no transporte rodoviário, as cargas de cabotagem estariam contribuindo para o aumento da margem bruta de contribuição da empresa.

Apesar da não inserção de outras características de ambos os modais, nesta análise, como por exemplo: segurança, tempo em trânsito, necessidade de trechos terrestres quando utilizado o modal aquaviário, a expressividade na diferença dos preços de frete entre os modais justifica a importância deste estudo.

Com a integração de cargas de cabotagem na rota de longo curso, a relevância do custo de movimentação de contêineres vazios diminui. Alguns fluxos de reposicionamento de contêineres vazios são substituídos pelas cargas de cabotagem, que geram receitas para a empresa.

A utilização de navios com maior capacidade de transporte também se demonstrou uma alternativa viável. Apesar da demanda atual de transporte não ser suficiente para utilizar toda a capacidade de carregamento dos navios maiores, principalmente entre portos brasileiros, o aumento na margem bruta de contribuição foi significativo. No entanto, o mercado de transportes de cabotagem no Brasil está em plena ascensão. Desta forma, a empresa poderá utilizar esta capacidade operacional para reforçar seu posicionamento e aumentar sua participação neste mercado.

Em suma, evidenciam-se enormes barreiras na infra-estrutura de transporte nacional, acarretando no aumento do custo de transação e representando uma forte barreira para o

crecimento econômico de nosso país. Desta maneira, o presente trabalho contribui para a otimização da matriz de transporte nacional, propondo um modelo eficiente e eficaz para aumentar a competitividade do transporte por cabotagem no Brasil. O aproveitamento da sinergia gerada pela combinação dos fluxos de carga entre longo curso e cabotagem é capaz de diminuir significativamente o custo do frete deste modal.

5.2 - Estudos futuros

Apesar da estimativa da demanda de cabotagem justificar os números utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, recomenda-se uma continuidade da análise, através da utilização de métodos como o de Preferências Declaradas (“*Stated Preferences*”) com o objetivo de verificar se os consumidores estarão dispostos a desembolsar o preço do serviço de transporte por cabotagem oferecido. Tal estudo seria capaz de diminuir o erro entre a demanda de transporte por cabotagem prevista e aquela efetiva.

Seria aconselhável adaptar o modelo matemático utilizado neste trabalho para que o mesmo consiga lidar com os custos de aumento de frota de contêineres, o que tornaria o modelo mais aderente à realidade e facilitaria o processamento dos resultados obtidos.

Um estudo detalhado sobre a legislação brasileira relacionado aos assuntos de regulamentação do transporte marítimo na costa do país seria interessante para o melhor entendimento dos requisitos necessários que viabilizam a oferta do transporte marítimo regular de contêineres entre portos brasileiros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (2006). *Conceito de transporte multimodal*. Disponível em: <www.antt.gov.br> . Acesso em: 25 ago. 2006.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (2004). *Anuário Estatístico da Navegação Marítima – 2004*. Brasília, 2004a. Disponível em: <www.antaq.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2006.

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (2004). *Anuário Estatístico Portuário – 2004*. Brasília, 2004b. Disponível em: <www.antaq.gov.br>. Acesso em: 25 ago. 2006.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. *A infra-estrutura no Brasil em 2005 – Conselho de Infra-estrutura*. Brasília, 2005. Disponível em <www.cni.org.br>. Acesso em: 25 ago. 2006.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Pesquisa Aquaviários CNT 2002 – Relatório Analítico*. Brasília, 2002. Disponível em: <www.cnt.org.br>. Acesso em: 01 set. 2006.

COPPEAD (2002). *Transporte de Cargas no Brasil - Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País*. Centro de Estudos em Logística da COPPEAD. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: < <http://www.centrodelogistica.com.br/new/index2.html>>. Acesso em: 25 set. 2006.

COPPEAD (2004). *Indicadores de portos e transporte aquaviário - parte 1*. Centro de Estudos em Logística da COPPEAD. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: < <http://www.centrodelogistica.com.br/new/index2.html>>. Acesso em: 25 set. 2006.

COSTA, G.A.A. (2006) *Modelo de margem de contribuição aplicado ao planejamento de marketing no transporte marítimo regular de contêineres*. 264p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

DATALINER. *Plate Area foreign trade statistics system 2006 and Brazil foreign trade statistics system 2006*. Disponível em disco digital, cedido pela empresa Hamburg Süd em 2006.

FROTA&CIA. *Tabelas Referenciais de Preços de Transporte – 2006*. Economia e Transportes. 2006. Disponível em: <<http://www.economiaetransporte.com.br/site/tabelas.asp>>. Acesso em: 04 de ago de 2006.

GRAHAM, M. G.; HUGHES, D.O. *Containerization in the Eighties*. LLOYD'S OF LONDON PRESS LTD, 1985.

HAYUTH, Y. *Intermodality: Concept and Practice*. LLOYD'S OF LONDON PRESS LTD, 1987.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. *Mensagem ao Congresso Nacional – Infraestrutura*. Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/mensagem/2006_05.pdf>. Acesso em: 25 de ago. 2006.

ONO, R. T. (2001) *Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira*. 132p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Naval. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

PET-COPPE (2004). *Contribuições e análise crítica do estudo de atualização do portfólio dos eixos nacionais de integração e desenvolvimento, de 2000-2007 para 2004-2011, COPPE*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/arquivos_down/spi/iirsa/060612_PalestraFTUFAM_COPP_EUFRJ.pdf>. Acesso em: 25 set. 2006.

RORATO, R. J. (2003). *Alternativas de Transporte Rodo - Marítimo na distribuição de cargas frigoríficas no Brasil*. 119p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

STANTON, M.A. (2002). *Fatores determinantes e propensão dos consumidores em pagar por suas necessidades no transporte por cabotagem*. 133p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

TING, S.C; TZENG G. H. F. *Fuzzy Multi-objective Programming Approach to Allocating Containership Slots for Liner Shipping Revenue Management*. Trabalho apresentado na MCDM Winter Conference 2002, Semmering, Áustria, 2002.

TREVISAN CONSULTORES. *Consultor on-line - nº 005, Maio/2006 - Infraestrutura Brasileira*. Disponível em: <http://www.trevisanconsultores.com.br/08_e.cfm>. Acesso em: 25 de set. 2006.

VIERA, G. B. B. *Transporte Internacional de Cargas*. 2ª Edição. Aduaneiras. WEBSTER, W.C.; VAN DYKE, P. Automated procedures for the allocation of containers on shipboard. Computer Aided Ship Design Engineering Summer Conference, Ann Arbor, 1970.

GLOSSÁRIO

É relevante, para compreensão adequada deste trabalho, um alinhamento de conceitos e termos comumente utilizados no comércio marítimo de contêineres e no setor de transporte rodoviário e que serão citados no trabalho.

Armador, Agente marítimo e NVOCC: o armador é a empresa que tem o navio, próprio ou não, que é oferecido para o transporte de carga. Ele responde pela carga desde o momento em que esta é recebida na embarcação até a sua entrega no porto destinatário, sendo essa operação denominada de porto-a-porto (em inglês, “*port-to-port*”).

O armador é representado nos portos por um agente marítimo, que é o elo normal entre ele e o embarcador ou destinatário da carga. O agente marítimo, entre muitas funções, providencia a venda de espaço no navio para transporte de carga, planeja o embarque e desembarque, recebe o frete, paga as despesas de responsabilidade do armador, etc.

Outra personagem a operar na navegação é o NVOCC – “*Non-Vessel Operating Common Carrier*” (Transportador Não-Operador de Navio). Trata-se de um armador sem navio, portando, uma empresa que opera por meio de navios de empresas de navegação, não tendo seus próprios. No Brasil ele não é regulamentado e sua existência legal é apenas a de um agenciador de carga.

Autoridade portuária: É a entidade pública responsável pelo gerenciamento do(s) porto(s). Cabe ressaltar que, embora em muitos casos a operação portuária seja prestada pela iniciativa privada (privatização de portos), a Autoridade Portuária permanece sob controle público.

De acordo com o ponto de vista macroeconômico, os objetivos das Autoridades Portuárias são (VIERA, 2002):

- garantir o cumprimento de objetivos gerais fixados pelo Estado;
- determinar e controlar os direitos de propriedade e uso do solo;
- planejar;
- por a disposição dos usuários a infra-estrutura necessária: dique, ajudas à navegação, dragagens etc;
- controlar a segurança e o congestionamento e prevenir a contaminação e;
- evitar a aparição de custos elevados devido à ausência de concorrência.

No Brasil, com a Lei 8.630/93 (Lei de Modernização Portuária), o poder público ainda é presente nos portos, principalmente como provedor de infra-estrutura de acessos terrestres e aquaviários. Já as obras de super-estrutura e as operações correm por conta dos concessionários.

Conhecimento de embarque: (“*Bill of Lading - B/L*”) - Conhecimento de Embarque, Conhecimento Marítimo, é um documento do armador, preenchido pelo embarcador e assinado pelo comandante ou o agente do navio, confirmando o recebimento de determinada carga a bordo (ou para embarque) e especificando, entre outros vários detalhes, o frete pago ou a ser pago no destino. É, ao mesmo tempo, um recibo de bordo, um título de posse e uma evidência de contrato de transporte, cujas cláusulas estão incorporadas no mesmo.

Contêiner: o contêiner marítimo tradicional pode ser definido como uma caixa de metal, contendo portas e travas para seu fechamento, de modo a proteger a carga colocada em seu interior.

É um equipamento do veículo transportador, representando seu porão, sendo este móvel e não fixo, como ocorre com os navios convencionais, podendo ser retirado pelos embarcadores para colocação da carga e devolução ao armador para transporte.

Embora tenham diversas medidas padronizadas pela ISO – “*International Organization for Standardization*”, as unidades normalmente utilizadas são as de 20’ e de 40’ de comprimento, com 8’ de largura e 8’6” de altura. As unidades de 20’ foram

estabelecidas como uma unidade padrão, representando um TEU – “*Twenty feet or Equivalent Unit*” (unidade de vinte pés ou equivalente). Um equipamento de 40’ é considerado 2 TEU e comumente denominado como FEU – “*Forty feet or Equivalent Unit*”.



Figura 0.1 Contêiner para carga seca (esquerda) e para carga refrigerada (direita).

Fonte: HamburgSüd.

Containerização: o contêiner padronizado é uma peça do equipamento que é transferível a todos os modais de transporte de superfície, com exceção da dutovia. Como o frete containerizado evita o remanejo oneroso de pequenas unidades de carregamento no ponto da transferência intermodal e oferece uma capacidade de serviço de porta-a-porta quando combinado com o rodoviário, os transportadores aquaviários têm embarcações de contêineres, para que combinações de rodoviário-aquaviário possam ser providenciadas BALLOU (2001).

Este tipo de serviço está em expansão, especialmente devido ao crescimento do comércio internacional. Segundo BALLOU (2001), mercadorias com maior valor agregado são movimentadas pelo modal aquaviário através de contêineres em embarcações porta contêineres a fim de: diminuir o tempo de manuseio das cargas, efetivar a transferência intermodal e reduzir perdas e danos.

Manifesto de carga: é um documento que compila todos os Conhecimentos de Embarque, em que se inclui toda a informação relativa a um navio e a carga nele transportada, para uma viagem em particular.

Navio porta-contêiner: Em inglês “*Full Container Ship*”, é um navio especializado no transporte de contêineres. A capacidade de carga deste tipo de navio é medida em TEU. Assim, um navio para 2.000 TEU pode significar 2.000 contêineres de 20’ ou 1.000 de 40’, ou entre 1.000 a 2.000 de um misto de contêineres de 20’ e 40’.



Figura 0.2 Navio porta-contêiner

Fonte: HamburgSüd.

Operador Logístico: ou prestador de serviços gerais, ou transitário de carga (do inglês “*Freight Forwarder*”), é uma empresa de serviços gerais, com conhecimentos logísticos e ramificações internacionais, que costuma substituir o embarcador ou o consignatário nas suas operações.

É comum ser solicitado a retirar uma carga em um determinado ponto e entregá-lo em outro, na operação como porta-a-porta, livrando o comerciante de todos os incômodos e trabalhos operacionais e legais provenientes de uma operação de comércio exterior.

Serviço Concentrador-Alimentador de contêineres: “*Container Hub-Feeder Service (CHFS)*”. Conceitua-se CHFS como sendo um sistema de transporte marítimo de contêineres aplicado a uma dada região, em que, a partir de um porto principal, denominado de porto concentrador (em inglês “*hub port*”), os contêineres são recebidos e distribuídos para portos regionais, designados de portos alimentadores (em inglês “*feeders ports*”).

Transporte Multimodal: O Transporte Multimodal de Cargas é aquele que, regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino, e é executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal - OTM.

O Conhecimento de Transporte Multimodal de Cargas – CTMC evidencia o contrato de transporte multimodal e rege toda a operação de transporte, desde o recebimento da carga até a sua entrega no destino, podendo ser negociável ou não negociável, a critério do expedidor (ANTT, 2006).

ANEXO A

```

Sub Matriz_Precendencia()

Dim NP As Integer
Dim CONTADOR As Integer
Dim PORTOS(100)
Dim SENTIDO(1000, 1000)
Dim PORTO_ORIGEM(10000)
Dim PORTO_DESTINO(1000)
Dim PORTO_ENTRADA(1000)
Dim M(1000, 1000)

'Seleciona a planilha com os dados da rota
Sheets("PAR M").Activate
NP = Cells(1, 2).Value

'Sentido para as combinações NB
CONTADOR = 0
For i = 1 To NP
    For k = 1 To NP
        For j = 2 To 3
            SENTIDO(CONTADOR + 1, j) = Cells(k + 3, j).Value
        Next
        CONTADOR = CONTADOR + 1
        Cells(CONTADOR + 1, 12).Value = SENTIDO(CONTADOR, 3)
    Next
Next

'Sentido para as combinações SB
For i = 1 To NP
    For k = 1 To NP
        For j = 2 To 3
            SENTIDO(CONTADOR + 1, j) = Cells(k + 3, j).Value
        Next
        CONTADOR = CONTADOR + 1
        Cells(CONTADOR + 1, 12).Value = SENTIDO(CONTADOR, 2)
    Next
Next

'Cria a planilha da matriz de precedência no formato de entrada do GAMS
Sheets.Add after:=Worksheets("PAR M (2)")

```

```
ActiveSheet.Name = "teste"
Sheets("teste").Activate

For i = 1 To NP
Cells(1, i + 1).Value = "J_" & PORTOS(i)
Next

'Carrega o vetor de porto de entrada e porto de origem - sentido NB
CONTADOR = 0
For i = 1 To NP
    For j = 1 To NP
        Cells(CONTADOR + 2, 1).Value = "NB_" & PORTOS(i) & "." & "I_" & PORTOS(j)
        CONTADOR = CONTADOR + 1
        PORTO_ENTRADA(CONTADOR) = i
        PORTO_ORIGEM(CONTADOR) = j
    Next
Next

'Carrega o vetor de porto de entrada e porto de origem - sentido SB
For i = 1 To NP
    For j = 1 To NP
        Cells(CONTADOR + 2, 1).Value = "SB_" & PORTOS(i) & "." & "I_" & PORTOS(j)
        CONTADOR = CONTADOR + 1
        PORTO_ENTRADA(CONTADOR) = NP - i + 1
        PORTO_ORIGEM(CONTADOR) = NP - j + 1
    Next
Next

'Carrega o vetor de porto de destino
For i = 1 To NP
PORTO_DESTINO(i) = i
Next

' Zera a matriz M
CONTADOR = 0
For i = 1 To NP * NP * 2
    For j = 1 To NP
        M(i, j) = 0
    Next
Next

' Loop nas em todas as combinações NB e SB
For i = 1 To NP * NP
    For j = 1 To NP

'Cargas com origens em todos os portos antecessores ao porto de entrada e destinos em portos
visitados e antecessores aos portos de origem
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) < PORTO_ENTRADA(i) Then
            If PORTO_DESTINO(j) < PORTO_ORIGEM(i) Then
```

```

        If SENTIDO(i, 2) = 1 Then
            If SENTIDO(i, 3) = 0 Then
                M(i, j) = 1
                Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
            End If
        End If
    End If
End If

'Cargas com origens em todos os portos antecessores ao porto de ENTRADA e
'destinos no porto de ENTRADA
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) < PORTO_ENTRADA(i) Then
            If PORTO_DESTINO(j) = PORTO_ENTRADA(i) Then
                M(i, j) = 1
                Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
            End If
        End If
    End If
End If

'Cargas com origens em todos os portos antecessores ao porto de ENTRADA e destinos em portos
visitados e sucessores aos portos de origem e antecessores ao porto de ENTRADA
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) <= PORTO_ENTRADA(i) - 1 Then
            If PORTO_DESTINO(j) > PORTO_ORIGEM(i) Then
                If PORTO_DESTINO(j) < PORTO_ENTRADA(i) Then
                    If SENTIDO(j, 2) = 0 Then
                        If SENTIDO(j, 3) = 1 Then
                            M(i, j) = 1
                            Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
                        End If
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If
End If

'Cargas com origens em todos os portos antecessores ao porto de ENTRADA e destinos em portos
visitados e sucessores ao de ENTRADA
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) < PORTO_ENTRADA(i) Then
            If PORTO_DESTINO(j) > PORTO_ENTRADA(i) Then
                M(i, j) = 1
                Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
            End If
        End If
    End If
End If

```

```

End If
    End If
        End If
            End If

'Cargas com origens em todos os portos sucessores ao porto de ENTRADA e destinos no porto de
ENTRADA
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) > PORTO_ENTRADA(i) Then
            If PORTO_DESTINO(j) = PORTO_ENTRADA(i) Then
                If SENTIDO(j, 2) = 0 Then
                    If SENTIDO(j, 3) = 1 Then
                        M(i, j) = 1
                        Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If

'Cargas com origens em todos os portos sucessores ao porto de ENTRADA e destinos em portos
visitados e sucessores ao porto de origem (9A)
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) > PORTO_ENTRADA(i) Then
            If PORTO_DESTINO(j) > PORTO_ORIGEM(i) Then
                If SENTIDO(i, 2) = 0 Then
                    If SENTIDO(i, 3) = 1 Then
                        M(i, j) = 1
                        Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If

'Cargas com origens em portos sucessores ao porto de ENTRADA e destinos em portos visitados e
sucessores ao porto de ENTRADA e antecessores ao porto de origem
If M(i, j) = 0 Then
    If SENTIDO(PORTO_ENTRADA(i), 2) = 1 Then
        If PORTO_ORIGEM(i) > PORTO_ENTRADA(i) Then
            If PORTO_DESTINO(j) < PORTO_ORIGEM(i) Then
                If PORTO_DESTINO(j) >= PORTO_ENTRADA(i) Then
                    If SENTIDO(j, 2) = 1 Then
                        If SENTIDO(j, 3) = 0 Then
                            M(i, j) = 1
                            Cells(i + 1, j + 1).Value = 1
                        End If
                    End If
                End If
            End If
        End If
    End If

```

```
End If
  End If
    End If
      End If
        End If
      End If
    End If
  End If
Next
Next
End Sub
.....
```

ANEXO B

```

$ TITLE MODELO DISSERT (DISSERT , TES=1)
$ OFFUPPER
*
*-----
* -- Trabalho de Formatura - Engenharia de Produção --
*
* MODELO DE MARGEM DE CONTRIBUICAO APLICADO NO TRANSPORTE
* MARITIMO REGULAR DE CONTEINERES, LONGO CURSO E CABOTAGEM.
*
*-----
* Daniel Chebat
* Sao Paulo - Outubro 2006 - v5.0
*-----
* Minimiza o tamanho do arquivo de saida
*-----
$offlisting
$offsymxref offsymlist
option limrow = 0;
option limcol = 0;
option solprint = off;
option sysout = off;

*-----
* Variaveis
*-----
VARIABLES
    CT          custo total do sistema avaliado
    FF(I,J,K,C,T)
    FE(I,J,K,T)
    E(J,K,T)
    R(P,T)
    RSF(J,K,T)
    RSE(J,K,T)
    RLF(J,K,T)
    RLE(J,K,T)

POSITIVE VARIABLES  FF(I,J,K,C,T),  FE(I,J,K,T) ,  E(J,K,T),  R(P,T),  RSF(J,K,T),  RSE(J,K,T),
RLF(J,K,T),  RLE(J,K,T);

```

```

* Equacoes
* -----
EQUATIONS
    OBJETIVO
    MAX_DEM(I,J,K,C,T)
    MIN_DEM(I,J,K,C,T)
    CALC_RSF(J,K,T)
    CALC_RSE(J,K,T)
    CALC_RLF(J,K,T)
    CALC_RLE(J,K,T)
    BAL_PT(J,K,T)
    EST_MAX(J,T)
    DET_FLUX(P,T)
    CAP_FLUX(P,T)
    CALADO(P,T)
    DEADWE(P,T)
    CAP_REFR(P,T)
    CAP_FOUR(P,T)
    LIM_FROTA(K,T)
;

* Funcao Objetivo
OBJETIVO ..
CT
=E=
    SUM ( (I,J,K,C,T) , FF(I,J,K,C,T) * RF(I,J,K,C,T) )
- SUM ( (I,J,K,C,T) , FF(I,J,K,C,T) * CF(I,J,K,T) )
- SUM ( (I,J,K,C,T) , FF(I,J,K,C,T) * CM(C) )
- SUM ( (I,J,K,T) , FE(I,J,K,T) * CE(I,J,K) )
- SUM ( (J,K,T) , E(J,K,T) * CS(K) )
;

* Capacidade maxima de atuacao no tipo de carga
MAX_DEM(I,J,K,C,T) ..
FF(I,J,K,C,T)
=L=
floor( DF(I,J,K,C,T)*PX(I,J,C,T) )
;

* Capacidade minima de atuacao no tipo de carga
MIN_DEM(I,J,K,C,T) ..
FF(I,J,K,C,T)
=G=
floor ( DF(I,J,K,C,T)*PI(I,J,C,T) )
;

* Calculo do retorno do container cheio
CALC_RSF(J,K,T) ..
RSF(J,K,T)
=E=
SUM ( (I,C,DT,T1)$

```

```

        ( TR(T,DT,Tl) = 1 )
        , TR(T,DT,Tl)*SF(J,I,K,DT)*FF(I,J,K,C,Tl) )
;

* Calculao do retorno do container vazio
CALC_RSE(J,K,T) ..
RSE(J,K,T)
=E=
SUM ( (I,DT,Tl)$
        ( TR(T,DT,Tl) = 1 )
        , TR(T,DT,Tl)*SE(J,I,K,DT)*FE(I,J,K,Tl) )
;

* Calculo da liberacao do container cheio
CALC_RLF(J,K,T) ..
SUM ( (I,Jl,C)$
        ( ORD(I) EQ ORD(J) ) , FF(I,Jl,K,C,T) )
=E=
SUM ( (DT,Tl)$
        ( TR(T,DT,Tl) = 1 )
        , TR(T,DT,Tl)*LF(J,K,DT)*RLF(J,K,Tl) )
;

* Calculao da liberacao do container vazio
CALC_RLE(J,K,T) ..
SUM ( (I,Jl)$
        ( ORD(I) EQ ORD(J) ) , FE(I,Jl,K,T) )
=E=
SUM ( (DT,Tl)$
        ( TR(T,DT,Tl) = 1 )
        , TR(T,DT,Tl)*LE(J,K,DT)*RLE(J,K,Tl) )
;

* Balanco de containeres vazio nos portos
BAL_PT(J,K,T) ..
E(J,K,T)
=E=
SUM ( TL$( TR(T,'DT_1',TL) EQ 1 ) , E(J,K,TL) )
+ RSF(J,K,T)
+ RSE(J,K,T)
- RLF(J,K,T)
- RLE(J,K,T)
;

* capacidade maxima de estoque TEUS
EST_MAX(J,T) ..
SUM ( K , E(J,K,T)*Q(K) )
=L=
NE(J)
;

```

```

* Determina os carregamentos nos portos
DET_FLUX(P,T) ..
R(P,T)
=E=
SUM ( (I,J,K,C) , M(P,I,J) * FF(I,J,K,C,T) * Q(K) ) +
SUM ( (I,J,K) , M(P,I,J) * FE(I,J,K,T) * Q(K) )
;

* Capacidade de fluxo TEU da frota
CAP_FLUX(P,T) ..
R(P,T)
=L=
N
;

* Capacidade de calado no porto em funcao (deadweight)
CALADO(P,T) ..
SUM ( (I,J,K,C) , M(P,I,J) * FF(I,J,K,C,T) * WF(C,K) ) +
SUM ( (I,J,K) , M(P,I,J) * FE(I,J,K,T) * WE(K) )
=L=
( VV*H(P) ) / VC
;

* Capacidade de deadweight
DEADWE(P,T) ..
SUM ( (I,J,K,C) , M(P,I,J) * FF(I,J,K,C,T) * WF(C,K) ) +
SUM ( (I,J,K) , M(P,I,J) * FE(I,J,K,T) * WE(K) )
=L=
( VV*VD ) / VC
;

* Capacidade de container refrigerado
CAP_REFR(P,T) ..
SUM ( (I,J,K,C)$(G(K) EQ 1) , M(P,I,J) * FF(I,J,K,C,T) )
=L=
( VV*NP ) / VC;
;

* Capacidade de container 40 pes
CAP_FOUR(P,T) ..
SUM ( (I,J,K,C)$(Q(K) EQ 2) , M(P,I,J) * FF(I,J,K,C,T) ) +
SUM ( (I,J,K) $(Q(K) EQ 2) , M(P,I,J) * FE(I,J,K,T) )
=L=
( VV*NF ) / VC
;

* Limite da frota de containeres
LIM_FROTA(K,T) ..
SUM ( (I,J,C) , FF(I,J,K,C,T) ) +
SUM ( (I,J) , FE(I,J,K,T) ) +
SUM ( J , E(J,K,T) ) +

```

```

SUM ( (I,J,Tl,Tl1,DT,DTl)$ (
    ( ORD(DT) GT 1 ) $
    ( ORD(DT) LT CARD(DT) ) $
    ( TR(T,DT,Tl) EQ 1 ) $
    ( ORD(DTl) GT ORD(DT) ) $
    ( TR(Tl,DTl,Tl1) EQ 1 ) )
    , SUM ( C , TR(Tl,DTl,Tl1) * SF(J,I,K,DTl) * FF(I,J,K,C,Tl) ) +
        TR(Tl,DTl,Tl1) * SE(J,I,K,DTl) * FE(I,J,K,Tl)
    ) +
SUM ( (I,J,Tl,Tl1,Jl,DT,DTl)$ (
    ( ORD(Jl) EQ ORD(I) ) $
    ( ORD(DT) GT 1 ) $
    ( ORD(DT) LT CARD(DT) ) $
    ( TR(T,DT,Tl) EQ 1 ) $
    ( ORD(DTl) GT ORD(DT) ) $
    ( TR(Tl,DTl,Tl1) EQ 1 ) )
    , SUM ( C , TR(Tl,DTl,Tl1) * LF(Jl,K,DTl) * FF(I,J,K,C,Tl) ) +
        TR(Tl,DTl,Tl1) * LE(Jl,K,DTl) * FE(I,J,K,Tl)
    )
=L=
NC(K)
;

```

```

*-----
* Model & Solve
*-----

```

```

*Calibracao
FF.fx(I,J,K,C,T)$ (ORD(I) EQ ORD(J)) = 0;
FE.fx(I,J,K,T)$ (ORD(I) EQ ORD(J)) = 0;

```

```

MODEL DISSERT /ALL/ ;

```

```

OPTION ITERLIM = 800000 ;
OPTION RESLIM = 18000 ;
OPTION MIP = CPLEX ;
OPTION OPTCR = 0.001 ;

```

```

SOLVE DISSERT USING MIP MAXIMIZING CT ;

```

```

DISPLAY E.L , FE.L , R.L;

```

ANEXO C

Day of Week for Arrival Pilot Station First Port: seg														
Port	Sea Passage					Arrival Pilot Station	Pilot In	Arrival Berth	No Moves	Productivity	Operations Time	Port Buffer	Depart Berth	Pilot Out
	Distance milhas	Speed nós	Passage Time dias	Sea Buffer dias	Time Diff Time Diff									
Rotterdam (SB)	91	20,0	0 04:33	0 00:30	- 01:00	seg 1 12:00	0 03:00	seg 1 15:00	800	45	17:46	0 02:15	ter 2 11:01	0 03:00
Tilbury (SB)	272	20,0	0 13:36	0 00:32	+ 01:00	ter 2 18:04	0 06:00	qua 3 00:04	450	40	11:15	0 00:28	qua 3 11:47	0 06:00
Hamburg (SB)	245	19,0	0 12:53	0 00:54		qui 4 08:55	0 05:00	qui 4 13:55	1.000	45	22:13	0 01:47	sex 5 13:56	0 05:00
Antwerp (SB)	187	20,0	0 09:21	0 01:00		sáb 6 08:43	0 07:00	sáb 6 15:43	500	42	11:49	0 00:10	dom 7 03:42	0 07:00
Le Havre (SB)	3.983	20,0	8 07:09	0 13:44	- 04:00	dom 7 21:03	0 02:00	dom 7 23:03	200	35	05:42	0 02:00	seg 8 06:46	0 02:00
Suape (SB)	1.100	19,0	2 09:53	0 03:21		qua 17 01:39	0 01:00	qua 17 02:39	150	30	05:00	0 00:51	qua 17 08:30	0 01:00
Sepetiba (SB)	150	19,0	0 07:53	0 02:41		sex 19 22:45	0 02:00	sáb 20 00:45	150	40	03:45	0 00:51	sáb 20 05:21	0 02:00
Santos (SB)	1.134	19,0	2 11:41	0 03:21		sáb 20 17:56	0 01:00	sáb 20 18:56	500	40	12:30	0 00:51	dom 21 08:17	0 01:00
Buenos Aires (NB)	526	19,0	1 03:41	0 01:05		qua 24 00:19	0 09:00	qua 24 09:19	400	40	10:00	0 04:00	qua 24 23:19	0 09:00
Rio Grande (NB)	496	19,0	1 02:06	0 01:05		sex 26 13:05	0 01:00	sex 26 14:05	500	40	12:30	0 00:51	sáb 27 03:26	0 01:00
Paranaguá (NB)	155	19,0	0 08:09	0 00:34		dom 28 07:37	0 01:00	dom 28 08:37	400	40	10:00	0 00:48	dom 28 19:25	0 01:00
Santos (NB)	150	19,0	0 07:53	0 02:41		seg 29 05:09	0 01:00	seg 29 06:09	500	40	12:30	0 01:22	seg 29 20:01	0 01:00
Sepetiba (NB)	1.100	19,0	2 09:53	0 03:21		ter 30 07:35	0 02:00	ter 30 09:35	200	40	05:00	0 02:30	ter 30 17:05	0 02:00
Suape (NB)	4.193	20,0	8 17:39	0 19:27	+ 04:00	sex 33 08:20	0 01:00	sex 33 09:20	150	30	05:00	0 02:41	sex 33 17:01	0 01:00
Rotterdam (SB)						seg 43 11:07							dom 0 00:00	
Totals	13.782		29 06:24	2 06:16	0		1 18:00		5.900		6 01:02	0 21:25		1 18:00
Round Voyage	41 23:07													
Buffer	3 03:41 7,4%													

