UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
MARCELO MATTOS DE CASTRO DE ARAGÃO

CARACTERIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE
CABOTAGEM INDUSTRIAL

São Paulo
2009

MARCELO MATTOS DE CASTRO DE ARAGÃO

CARACTERIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE
CABOTAGEM INDUSTRIAL

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo, como requisito para obtenção
do título de Mestre em engenharia de
sistema logístico.

São Paulo
2009

MARCELO MATTOS DE CASTRO DE ARAGÃO

CARACTERIZAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE
CABOTAGEM INDUSTRIAL

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo, como requisito para obtenção
do título de Mestre em engenharia de
sistemas logísticos.

Área de concentração: Engenharia de
Sistema Logístico

Orientador: Prof. Dr. Rui Carlos Botter

São Paulo
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Aragão, Marcelo Mattos de Castro de
Caracterização e dimensionamento de um sistema de cabotagem industrial / M.M.C. de Araújo. -- São Paulo, 2009.
168 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. Sistemas Logísticos.

1. Logística 2. Cabotagem 3. Simulação I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II. t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas, Mário José Cerqueira, Fábio Rogério Ribeiro e Jaime Catalan, pelo apoio dado.

Aos amigos, Newton Narciso Pereira, Afonso Celso Medina e Guilherme Garcez Lobo, mentores e incentivadores.

Aos amigos de trabalho, Rodolfo Celestino dos Santos Silva, Edson Felipe Trevisan, João Ferreira Neto, Guilherme Nosralla e Rodrigo Flores, pelas contribuições e auxílios realizados.

Ao amigo e orientador Professor Dr. Rui Carlos Botter, pela orientação, apoio e conhecimentos transmitidos.

"Tudo que realizei ou tive esperança de realizar, e o que talvez ainda realize, foi e será resultado de esforços que, com a persistência da formiga, formam o gênio do conhecimento".

(Elibu Burrit)

RESUMO

Surgiu em 2003 no Brasil uma modalidade de transporte aquaviário, destinada à movimentação de madeira na costa do país, cuja frota de embarcações navega entre dois portos, geralmente com carga em um sentido e vazio em outro. Esta modalidade permite a operação com um pequeno tempo de parada nos portos, operando com poucas interrupções e movimentando expressiva demanda. Dado que a frota serve exclusivamente a uma empresa e a uma carga homogênea denominou-se esse sistema como cabotagem industrial.

No Brasil atualmente três empresas operam na cabotagem industrial: Aracruz Celulose, Veracel e Arcelor Mittal Tubarão, empresas estas que serviram de base para delinear o presente trabalho, cujo principal propósito consiste em examinar as premissas básicas desde a elaboração do projeto até a implantação do sistema de cabotagem industrial, fornecendo diretrizes básicas para a adoção e utilização deste sistema de transporte.

A premissa fundamental deste sistema é basicamente a substituição de um transporte puramente rodoviário por outro em que as “pontas”, quando rodoviárias, são menores, menos significativas em relação aos custos envolvidos e aos impactos gerados no tráfego de caminhões por rodovias estaduais e federais, quando comparadas ao sistema original, além de impactos ambientais.

Para a realização do trabalho foi utilizada a abordagem do enfoque sistêmico, onde o sistema foi dividido em diversos subsistemas, e após a determinação das diretrizes e fatores críticos da cabotagem industrial, identificou-se que a principal dificuldade está relacionada com o dimensionamento do sistema, por envolver inúmeras atividades complexas e aleatórias. Com o intuito de se atenuar esta dificuldade, desenvolveu-se um modelo de simulação como ferramenta de auxílio à decisão no que tange ao dimensionamento do sistema.

Além disso, foram avaliados os casos existentes, e nestes identificou-se ganhos oriundos da implementação da cabotagem industrial, tais como: reduções do tráfego nas estradas, dos índices de acidentes, nos custos de transporte, nas emissões de gases poluentes, além da economia com combustível. Adicionalmente, esse sistema apresentou um melhor histórico de sinistro e de integridade de carga, quando comparado ao transporte rodoviário.

Palavras chaves: Logística. Cabotagem industrial. Simulação. Dimensionamento.
Ciclo Fechado.

ABSTRACT

It appeared in 2003, in Brazil, a modality of waterway transport, intended for the wooden transport at the Brazilian coast, which fleet of vessels navigates between two ports, full in one direction and empty in the other one. This modality has as characteristics a low time at the ports, operating with few interruptions and transporting a huge demand. Once that the fleet is used exclusively by a company and the cargo is homogenous, this system is called industrial short sea.

In Brazil, nowadays, three companies operate in the industrial short sea: Aracruz Cellulose, Veracel and Arcelor Mittal Tubarão. These companies have been used as source of information to delineate the present study, which intends to analyze the basic premises since the elaboration of the project until the implementation of the industrial short sea system, supplying basic guidelines for the adoption of this transport system.

The main premise of this system is the substitution of one purely road transport for another one where the distance between the extremes, when road, are lower, less significant in relation to the involved costs and the traffic of trucks at the state and federal highways, when compared with the original system.

This study has utilized the systemic approach, dividing the system in several subsystems, and after the determination of the guidelines and critical factors of the industrial short sea, it was identified that the main difficulty is related with the sizing of the system, because of the uncountable complex and random activities. With the intention of attenuating this hassle, simulation software was developed as a support tool to the decision regarding the sizing of the system.

Moreover, case studies have been analyzed, and it has been found vantages when industrial short sea was adopted, such as reduction of: road traffic, road accident rate, transport costs, emission of pollutant gases and fuel expenditure. Additionally, this system has presented a better description concerning theft and cargo integrity, when compared with the road transport.

KEYWORDS: Logistics. Industrial Short Sea. Simulation. Sizing. Closed cycle.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PARTIÇÃO DOS MODAIS DE TRANSPORTE NO TOTAL DE INVESTIMENTO.	17
FIGURA 2: TRANSPORTE DE TORAS DE MADEIRA.	23
FIGURA 3: SISTEMA <i>INTEGRATED TUG AND BARGE</i>	24
FIGURA 4: EMPURRADOR E BARCAÇA.	25
FIGURA 5: BARCAÇA TRANSPORTANDO TORAS DE MADEIRA.	25
FIGURA 6: TERMINAL MARÍTIMO DE BELMONTE.	26
FIGURA 7: BARCAÇA E EMPURRADOR DA NORSUL.	27
FIGURA 8: ROTA CABOTAGEM INDUSTRIAL – ARCELOR TUBARÃO.	28
FIGURA 9: OPERAÇÃO BARCAÇA ARCELOR TUBARÃO.	29
FIGURA 10: TRANSPORTE CABOTAGEM INDUSTRIAL ALUMINERIE ALOUETTE.	30
FIGURA 11: ROTA CABOTAGEM INDUSTRIAL ALUMINERIE ALOUETTE.	31
FIGURA 12: ROTA CABOTAGEM INDUSTRIAL INTERNACIONAL GRUPO RIVA.	32
FIGURA 13: BARCAÇA E EMPURRADOR QUE OPERAM NA CABOTAGEM INDUSTRIAL DO GRUPO RIVA.	33
FIGURA 14: PARTICIPAÇÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL NA MATRIZ DE TRANSPORTES – EMPRESA A.	35
FIGURA 15: PARTICIPAÇÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL NA MATRIZ DE TRANSPORTES – EMPRESA B.	35
FIGURA 16: PARTICIPAÇÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TOTAL TRANSPORTADO DO PRODUTO FINAL – EMPRESA C.	35
FIGURA 17: COMPOSIÇÃO DE DESPESAS DA CABOTAGEM INDUSTRIAL PARA AS EMPRESAS B E C.	43
FIGURA 18: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CABOTAGEM INDUSTRIAL.	46
FIGURA 19: VISÃO SISTÊMICA DA CABOTAGEM INDUSTRIAL.	47
FIGURA 20: ESPIRAL DO ENFOQUE SISTÊMICO.	49
FIGURA 21: DIVERSAS ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE DUAS INCÓGNITAS.	50
FIGURA 22: SISTEMA TERMINAL DECOMPOSTO EM SUBSISTEMAS.	60
FIGURA 23: INTERSEÇÃO PERPENDICULAR.	63
FIGURA 24: INTERSEÇÃO INCLINADA.	63

FIGURA 25: INTERSEÇÃO COM FAIXA EXCLUSIVA DE ACOMODAÇÃO NO ACESSO AO TERMINAL.	64
FIGURA 26: INTERSEÇÃO COM FAIXA EXCLUSIVA DE ACOMODAÇÃO NO ACESSO E SAÍDA AO TERMINAL.	64
FIGURA 27: INTERSEÇÃO COM FAIXA EXCLUSIVA DE ACOMODAÇÃO E VIA EXCLUSIVA DE ACESSO AO TERMINAL.	65
FIGURA 28: DIVERSOS TIPOS DE MANOBRAS VEICULAR ADOTADAS EM UM TERMINAL MARÍTIMO.	68
FIGURA 29: DIVERSOS TIPOS DE CONFIGURAÇÕES DE ESTACIONAMENTO EM UM TERMINAL MARÍTIMO.	69
FIGURA 30: POSSÍVEIS MOVIMENTOS REALIZADOS POR UM VEÍCULO PARA A ENTRADA/SAÍDA DE UMA ÁREA DE CARREGAMENTO/DESCARGA.	70
FIGURA 31: DIVERSAS CONFIGURAÇÕES PARA O CARREGAMENTO/DESCARGA DE UM VEÍCULO RODOVIÁRIO.	72
FIGURA 32: FORMAS DE MANOBRAS FERROVIÁRIAS.	74
FIGURA 33: EXEMPLIFICAÇÃO DE VIAS CONCORRENTES.	75
FIGURA 34: APARELHO DE MUDANÇA DE VIAS.	75
FIGURA 35: CONCEPÇÃO DE UM PÁTIO FERROVIÁRIO.	76
FIGURA 36: CARREGAMENTO/DESCARGA EM NÍVEL DE SOLO.	77
FIGURA 37: CARREGAMENTO/DESCARGA FERROVIÁRIO EM PLATAFORMA ELEVADA UNILATERAL.	77
FIGURA 38: CARREGAMENTO/DESCARGA FERROVIÁRIO EM PLATAFORMA ELEVADA BILATERAL.	77
FIGURA 39: TIPO DE FLUXOS EM UM CANAL DE ACESSO MARÍTIMO.	79
FIGURA 40: ESTRUTURA DE ATRACAÇÃO MARÍTIMA – PÍER.	83
FIGURA 41: ESTRUTURA DE ATRACAÇÃO MARÍTIMA – CAIS.	84
FIGURA 42: DIVERSAS CONFIGURAÇÕES DE ATRACAÇÃO.	85
FIGURA 43: EXEMPLO DE DIVERSAS FORMAS DE ARMAZENAGEM.	88
FIGURA 44: POSSÍVEIS CONFIGURAÇÕES DE UM ARMAZÉM DE CARGA GERAL.	89
FIGURA 45: POSSÍVEIS LAYOUTS DE UM ARMAZÉM DE CARGA GERAL.	89
FIGURA 46: COMBOIO DE CHATAS.	93
FIGURA 47: BARCAÇA E EMPURRADOR.	93
FIGURA 48: BARCAÇA TIPO <i>FLAT DECK</i> .	94
FIGURA 49: BARCAÇA TIPO <i>DROP DECK</i> .	94

FIGURA 50: BARCAÇA TIPO DECK HOUSE.	95
FIGURA 51: BARCAÇA TIPO HOOPER.....	95
FIGURA 52: CABOTAGEM INDUSTRIAL PADRÃO.	99
FIGURA 53: TRANSPORTE DE TORAS ENTRE CARAVELAS E PORTOCEL.	105
FIGURA 54: EMPURRADOR RETIRANDO BARCAÇA VAZIA DO TERMINAL DE PORTOCEL.	107
FIGURA 55: CANAL DE TOMBA	107
FIGURA 56: EMPURRADOR ACOPLANDO BARCAÇA CARREGADA EM CARAVELAS.	108
FIGURA 57: RESUMO DO CICLO MARÍTIMO ESTUDADO	111
FIGURA 58: SISTEMA CABOTAGEM INDUSTRIAL CONSIDERADO NO ESTUDO	112
FIGURA 59: FLUXOGRAMA DA GERAÇÃO DE BARCAÇA, EMPURRADOR E ATRIBUIÇÃO DE DESTINO.....	114
FIGURA 60: FLUXOGRAMA DE CHEGADA, ATENDIMENTO E DESPACHO DO TERMINAL DE DESCARGA	115
FIGURA 61: FLUXOGRAMA DA CHEGADA, ATENDIMENTO E DESPACHO DO TERMINAL DE CARREGAMENTO	118
FIGURA 62: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO.....	119
FIGURA 63: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO CANAL DE PASSAGEM	121
FIGURA 64: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DA GERAÇÃO DE MARÉ.....	122
FIGURA 65: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE GERAÇÃO DE VENTO E ONDA.....	122
FIGURA 66: IMPACTO NO SISTEMA PROVENIENTE DA REDUÇÃO DO TEMPO DE ABASTECIMENTO DO DIESEL MARÍTIMO	139
FIGURA 67: IMPACTO NO SISTEMA PROVENIENTE DA REDUÇÃO DO TEMPO DE ABASTECIMENTO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL	140
FIGURA 68: IMPACTO NO SISTEMA PROVENIENTE DA REDUÇÃO DO TEMPO DE RESTRIÇÃO DE VENTO E ONDA.....	146
FIGURA 69: IMPACTO NO SISTEMA PROVENIENTE DA ALTERAÇÃO DO TEMPO DE ENTRADA/SAÍDA DE EMBARCAÇÕES CUJA PRIORIDADE É SUPERIOR AO DO CONJUNTO EMPURRADOR BARCAÇA	148
FIGURA 70: IMPACTO NO SISTEMA DECORRENTE DO AUMENTO DA PROBABILIDADE DE OCUPAÇÃO DE ENTRADA/SAÍDA POR OUTRAS EMBARCAÇÕES DE MAIOR PRIORIDADE .	148
FIGURA 71: IMPACTO NO SISTEMA PROVENIENTE DA VARIAÇÃO DO TEMPO DE NAVEGAÇÃO DE EMBARCAÇÕES NO CANAL DE PASSAGEM.....	150
FIGURA 72: IMPACTO NO SISTEMA PROVENIENTE DA VARIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE OCUPAÇÃO DO CANAL DE PASSAGEM.....	150

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TOTAL MOVIMENTANDO ANUALMENTE NO TRANSPORTE DE CABOTAGEM	
INDUSTRIAL	24
TABELA 2: TIPOS DE TERMINAL, LOCALIZAÇÃO, OPERADOR, USO E TIPO DE CARGA.	39
TABELA 3: EXPLORAÇÃO PORTUÁRIA	54
TABELA 4: PREFERÊNCIA DE ESCOLHA DE TERMINAL	55
TABELA 5: PREFERÊNCIA DE ESCOLHA POR TIPO DE TERMINAL.....	56
TABELA 6: TEMPO DE CARGA E DESCARGA	56
TABELA 7: QUANTIDADE DE TRABALHADORES PORTUÁRIOS NA ÁREA DE UM PORTO	
ORGANIZADO	57
TABELA 8: QUALIDADE DOS TRABALHADORES PORTUÁRIOS NA ÁREA DE UM PORTO	
ORGANIZADO	57
TABELA 9: CLASSE DE PROJETO	61
TABELA 10: FATORES QUE INFLUENCIAM NA LARGURA REQUERIDA DE UM CANAL.	79
TABELA 11: REGRAS DE UTILIZAÇÃO DE UM SERVIÇO DE PRATICAGEM.	82
TABELA 12: DADOS UTILIZADOS PARA A VERIFICAÇÃO DO MODELO	123
TABELA 13: PREMISSAS ADOTADAS NO MODELO	124
TABELA 14: RESULTADOS DA VIAGEM DO EMPURRADOR COM BARCAÇA VAZIA.....	125
TABELA 15: RESULTADOS DA VIAGEM DO EMPURRADOR COM BARCAÇA CARREGADA.....	125
TABELA 16: RESULTADOS GERAIS.....	126
TABELA 17: DADOS REAIS DE CICLO DA EMPRESA ALFA	127
TABELA 18: DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS NO SIMULADOR.....	127
TABELA 19: COMPARAÇÃO DO RESULTADO OBTIDO PELO SIMULADOR E O REAL PRATICADO	
PELA EMPRESA ALFA	128
TABELA 20: DADOS DE ENTRADA – COMPOSIÇÃO AQUAVIÁRIA.....	129
TABELA 21: DADOS DE ENTRADA – PARÂMETROS OPERACIONAIS (GERAL)	129
TABELA 22: DADOS DE ENTRADA – PARÂMETROS OPERACIONAIS (TERMINAL DE DESCARGA)	
.....	130
TABELA 23: DADOS DE ENTRADA – PARÂMETROS OPERACIONAIS (TERMINAL DE	
CARREGAMENTO).....	130
TABELA 24: DADOS DE ENTRADA – OCUPAÇÃO CANAL DO TERMINAL DE DESCARGA.....	131
TABELA 25: DADOS DE ENTRADA – ABASTECIMENTO DOS EMPURRADORES.....	131

TABELA 26: DADOS DE ENTRADA - OCUPAÇÃO DO CANAL DE PASSAGEM POR TERCEIROS .	131
TABELA 27: DADOS DE ENTRADA – RESTRIÇÃO VENTO E ONDAS.....	131
TABELA 28: DADOS DE ENTRADA – RESTRIÇÃO DE MARÉ	132
TABELA 29: DADOS DE ENTRADA – MANUTENÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS DO EMPURRADOR E BARCAÇA	132
TABELA 30: RESULTADOS GERAIS – CENÁRIO BASE	134
TABELA 31: TEMPO MÉDIO DE VIAGEM DO EMPURRADOR COM BARCAÇA VAZIA – CENÁRIO BASE	134
TABELA 32: TEMPO MÉDIO DE VIAGEM DO EMPURRADOR COM BARCAÇA CARREGADA – CENÁRIO BASE	135
TABELA 33: COMPARATIVO DOS DADOS GERAIS – CENÁRIO BASE E DETERMINÍSTICO	137
TABELA 34: COMPARATIVO DA VIAGEM DO EMPURRADOR COM BARCAÇA VAZIA - CENÁRIO BASE E DETERMINÍSTICO.....	137
TABELA 35: COMPARATIVO DA VIAGEM DO EMPURRADOR COM BARCAÇA CARREGADA DO CENÁRIO BASE COM O DETERMINÍSTICO	138
TABELA 36: COMPARATIVO DOS DADOS GERAIS – CENÁRIO BASE E CASO 10.....	141
TABELA 37: COMPARATIVO DOS DADOS GERAIS – CENÁRIO BASE E CASOS 1,2 E 3	142
TABELA 38: COMPARATIVO DOS DADOS GERAIS – CENÁRIO BASE E CASOS 6,5 E 4	142
TABELA 39: COMPARATIVO DOS DADOS GERAIS – CENÁRIO BASE E CASO 7	144
TABELA 40: COMPARATIVO DOS DADOS GERAIS – CENÁRIO BASE E CASOS 1,2 E 3	145

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
Norman	Normas da autoridade marítima
NR	Normas Regulamentadora
OGMO	Órgão Gestor de Mão-de-Obra
ONGs	Organizações Não Governamentais
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CNT	Confederação Nacional de Transportes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO DA PESQUISA.....	19
1.2. OBJETIVOS.....	20
1.3. DELINEAMENTO DO TRABALHO.....	21
2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	22
2.1. A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO CENÁRIO NACIONAL	22
2.1.1. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE MADEIRA EM TORAS.....	23
2.1.2. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE CELULOSE	26
2.1.3. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO.....	28
2.2. A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO CENÁRIO INTERNACIONAL	30
2.3. CABOTAGEM INDUSTRIAL INTERNACIONAL NO TRANSPORTE DE LINGOTES DE ALUMÍNIO	30
2.4. CABOTAGEM INDUSTRIAL INTERNACIONAL NO TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO	32
2.5. DIAGNÓSTICO ATUAL DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL NO BRASIL.....	33
2.5.1. ENTREVISTAS REALIZADAS.....	33
2.5.2. RESULTADOS DA PESQUISA	34
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	44
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	44
3.2. SISTEMA TERMINAIS MARÍTIMOS	51
3.2.1. CLASSIFICAÇÃO E EXPLORAÇÃO PORTUÁRIA.....	53
3.2.2. DESEMPENHO DOS TERMINAIS PRIVATIVOS E PÚBLICOS	55
3.2.3. ASPECTOS LEGAIS.....	58
3.2.4. PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA TERMINAL.....	59
3.2.4.1. SUBSISTEMA RODOVIÁRIO.....	61
a) ACESSO E EGRESSO RODOVIÁRIO	61
b) ELEMENTOS DE CONTROLE DO SISTEMA RODOVIÁRIO.....	66
c) ÁREAS DE CIRCULAÇÃO E MANOBRA RODOVIÁRIA	67
d) ESTACIONAMENTO RODOVIÁRIO.....	69

e) CARGA E DESCARGA RODOVIÁRIA	71
3.2.4.2. SUBSISTEMA FERROVIÁRIO	73
a) ACESSO E EGRESSO FERROVIÁRIO	73
b) ELEMENTOS DE CONTROLE DO SISTEMA FERROVIÁRIO	74
c) CIRCULAÇÃO INTERNA E MANOBRA FERROVIÁRIA	74
d) PÁTIOS FERROVIÁRIOS	75
e) CARGA E DESCARGA FERROVIÁRIA	77
3.2.4.3. SUBSISTEMA ACESSO MARÍTIMO	78
a) CANAL DE ACESSO MARÍTIMO	78
b) BAÍA DE EVOLUÇÃO E FUNDEAMENTO	80
c) SERVIÇO DE REBOCAGEM E PRATICAGEM	81
d) ESTRUTURA DE ATRACAÇÃO MARÍTIMA	82
3.2.4.4. SUBSISTEMA ARMAZENAGEM	88
3.2.4.5. SUBSISTEMA TRANSBORDO	90
3.3. SISTEMA AQUAVIÁRIO	92
4. FATORES CRÍTICOS PARA UM PROJETO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL	98
4.1. FATORES CRÍTICOS DA CABOTAGEM INDUSTRIAL	98
4.1.1. FLUXO DE CARGA	99
4.1.2. REDE DE TRANSPORTE	99
4.1.3. EMBARCAÇÕES	100
4.1.4. TERMINAL MARÍTIMO PRIVATIVO	101
4.1.5. ASPECTOS REGULATÓRIOS E AMBIENTAIS	102
4.1.6. INDICADORES DE GESTÃO DE TRANSPORTE	103
4.1.7. DIMENSIONAMENTO DA FROTA	104
4.2. OS FATORES CRÍTICOS DA CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE TORAS DE MADEIRA NO BRASIL	104
4.2.1. O TRANSPORTE DE TORAS DE MADEIRA POR CABOTAGEM INDUSTRIAL	105
4.2.2. ANÁLISE DOS FATORES CRÍTICOS APLICADOS AO TRANSPORTE DE MADEIRA EM TORAS	108
5. MODELO DE SIMULAÇÃO EM UM SISTEMA DE CABOTAGEM INDUSTRIAL OPERANDO EM CICLO FECHADO	110
5.1. DESCRIÇÃO DO MODELO	110

5.1.1. DESCRIÇÃO DA LÓGICA DE CRIAÇÃO DE BARCAÇA, EMPURRADOR E ATRIBUIÇÃO DO DESTINO.	113
5.1.2. DESCRIÇÃO DA LÓGICA DE CHEGADA, ATENDIMENTO E DESPACHO DO TERMINAL DE DESCARGA.....	114
5.1.3. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CHEGADA, ATENDIMENTO E DESPACHO DO TERMINAL DE CARREGAMENTO	117
5.1.4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE MANUTENÇÃO.....	119
5.1.5. DESCRIÇÃO DO MODELO DE OCUPAÇÃO DO CANAL DE PASSAGEM.....	120
5.1.6. DESCRIÇÃO DO MODELO DE MARÉ E RESTRIÇÃO DE VENTO E ONDA.....	121
5.2. VERIFICAÇÃO DO MODELO.....	123
5.2.1. CAPACIDADE DETERMINÍSTICA DO SISTEMA UTILIZANDO O CÁLCULO RACIONAL E A SIMULAÇÃO DETERMINÍSTICA.....	123
5.3. VALIDAÇÃO DO MODELO.....	126
5.4. PARÂMETROS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO DO MODELO	128
6. RESULTADOS OBTIDOS.....	133
6.1. CENÁRIO BASE: SISTEMA CABOTAGEM INDUSTRIAL.....	133
6.2. CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA A ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA.....	136
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	152
REFERÊNCIAS.....	154
APÊNDICE A - MODELO DE QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTAS	159

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, tem-se verificado no Brasil que muitas empresas estão buscando novas alternativas de escoamento de seus produtos dada a grande competitividade nacional e internacional. Basta analisar as pressões que a China impõe em relação aos preços dos seus produtos no mercado internacional, que, de certo modo, forçam as empresas a reduzirem seus ganhos ou melhorarem seus processos para se manterem competitivas no mercado mundial.

Apesar disto, existem diversos problemas no Brasil que impactam diretamente na competitividade das companhias. Dentre eles, pode-se destacar a falta de uma infraestrutura logística adequada tanto para o recebimento quanto para o escoamento dos produtos.

O modal (meio de transporte) rodoviário, por exemplo, embora seja o que tenha recebido mais investimentos do governo entre 1995 e 2005 (Figura 1), possui altos índices de acidentes e roubo de cargas, além do que, muitas das rodovias do país apresentam péssimas condições de conservação.

Figura 1: Partição dos modais de transporte no total de investimento.

Fonte: Benatti (2006)

Por sua vez, o modal ferroviário possui diversos gargalos, como: malha centenária com traçados longos, sinuosos e com rampas fortes, além da falta de padronização

de bitolas ferroviárias. Há ainda muitos trechos da malha cercados por cidades impondo uma redução na velocidade da locomotiva.

A situação do modal aquaviário é similar. Na cabotagem existem problemas de desbalanço de fluxo entre as regiões Norte/Nordeste e Sul/Sudeste, a frota de cabotagem possui idade elevada, faltam linhas regulares, há muita burocracia para liberação da mercadoria e problemas tributários, por exemplo, com o combustível.

Somado a isto, a maioria das hidrovias brasileiras enfrenta uma série de restrições físicas como: pequena profundidade, limitação de eclusas e espaços entre vãos de pontes, entre outras.

Os terminais marítimos, elemento essencial no transporte multimodal de carga, possuem, em sua grande maioria, deficiências em seus acessos terrestres e aquaviários, o que gera grandes filas de veículos e embarcações. Além disso, destacam-se ainda, os problemas relacionados com o licenciamento ambiental que atrasam a construção de novos empreendimentos portuários e de novas vias de acessos.

Em face destes problemas, algumas empresas estão adotando uma nova modalidade de transporte, cujo objetivo consiste em possuir uma logística própria, que não dependa tanto dos investimentos do governo, e que possibilite ganhos econômicos, ambientais e sociais. Tal modalidade foi denominada neste estudo de **cabotagem industrial** e conceituada a partir da navegação de cabotagem, definida pela legislação Brasileira (lei 10.893/04) como: “viagens realizadas entre portos brasileiros, utilizando exclusivamente a via marítima ou a via marítima e as interiores” e da navegação industrial, caracterizado por Chrzanowski (1985), como sendo um “Transporte de cargas homogêneas em grandes rotas regulares com navios especiais, pertencentes ou fretados por grandes indústrias”

Assim, o termo cabotagem industrial é definido como um meio de transporte aquaviário destinado à movimentação de cargas homogêneas na costa brasileira, cuja frota de embarcações serve exclusivamente a uma empresa e trafega apenas entre dois portos, geralmente com carga em um sentido e vazio em outro, operando com um pequeno tempo de parada nos portos, com poucas interrupções e movimentando expressiva demanda.

As características deste transporte são semelhantes às operações de comboios fluviais. Dessa forma, um sistema empurrador-barcaça opera em um circuito fechado, de modo que o empurrador tenha um tempo de porto reduzido, pois, pelo

fato de se utilizar barcaças adicionais, o empurrador ao chegar no terminal apenas desacopla a barcaça que traz consigo e acopla a uma barcaça que é designada para o trecho de volta da viagem.

Uma das principais vantagens do sistema é o de ser competitivo em relação ao modal rodoviário, mesmo em rotas de curtas distâncias. Dessa forma, ainda que as “pontas” sejam rodoviárias, são menos significativas e causam um impacto menor no tráfego de caminhões por rodovias estaduais e federais.

A cabotagem industrial foi implementada no Brasil em 2003 destinado à movimentação de madeira na costa do país. Há atualmente três empresas que operam na cabotagem industrial brasileira: Aracruz Celulose, Veracel e Arcelor Mittal Tubarão, que serviram de base para delinear esta pesquisa.

1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

A principal justificativa para a realização do presente trabalho surge da necessidade de se compreender o funcionamento deste novo sistema de transporte, e contribuir de uma forma relevante tanto à área acadêmica como às empresas que pretendam migrar para este tipo de atuação.

Sendo assim, algumas respostas precisam ser obtidas para melhor compreensão da cabotagem industrial:

- Como se caracteriza a cabotagem industrial no Brasil e no mundo?
- Quais fatores influenciam as empresas a utilizarem esta modalidade de transporte?
- Quais os fatores críticos para sua implementação e operação?
- Quais parâmetros e diretrizes devem ser adotados para o dimensionamento de um sistema de cabotagem industrial?

Além disso, outras justificativas importantes para a realização da pesquisa estão nos fatos de que a cabotagem industrial carece de uma política/legislação específica e de que o tema é pouco discutido, tanto em fóruns específicos sobre logística como

em operações portuárias, o que permite um campo novo para pesquisas acadêmicas.

Por sua vez, além da necessidade de uma contribuição acadêmica para o setor de transporte brasileiro com foco na cabotagem industrial, a motivação deste trabalho consiste na elaboração de estudos que agrupem os interesses dos setores empresarial e acadêmico, bem como os interesses da sociedade brasileira, no que tange a uma reestruturação da matriz de transportes, uma vez que isto pode acarretar em uma melhora na qualidade de vida, afetando todo o país, e principalmente às pessoas que vivem nas áreas de influência das empresas que utilizam esse sistema.

1.2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é propor diretrizes e elementos básicos de projeto, desde a sua elaboração até a implantação da cabotagem industrial, com base nos levantamentos que serão realizados junto às empresas que praticam a cabotagem industrial no Brasil. Como contribuição pretende-se implementar uma ferramenta de simulação computacional para auxiliar no dimensionamento de um sistema de cabotagem industrial. Para isto, será considerado um sistema de cabotagem industrial fictício, porém, semelhante aos encontrados em operação. Desta forma, serão considerados no modelo os aspectos ambientais (condições climáticas: maré, ventos e ondas) e operacionais (quebras, manutenção, produtividade dos equipamentos, preferência de entrada no canal, entre outros).

Por fim, através do modelo de simulação construído, tem-se por objetivo, realizar análises de sensibilidade para se determinar o impacto de possíveis variações de parâmetros do sistema.

1.3. DELINEAMENTO DO TRABALHO

Este trabalho analisa um sistema de cabotagem industrial de forma que se possa elaborar parâmetros e diretrizes para os futuros participantes. Assim, o capítulo dois apresenta a definição desse sistema e os fatores que contribuíram para sua implementação. São identificadas as empresas que participam do mercado nacional e internacional e analisados seus sistemas de cabotagem industrial. Por fim, é apresentado o resultado das entrevistas realizadas com estas companhias nacionais.

No capítulo três, busca-se levantar, através de revisões bibliográficas, as necessidades básicas de projeto para a cabotagem industrial utilizando a abordagem do enfoque sistêmico. Dessa forma, o sistema cabotagem industrial é decomposto em subsistemas, sendo estudados os subsistemas **terminal** e **aquaviário**.

Em função das necessidades básicas de projeto e das entrevistas realizadas, o capítulo quatro descreve detalhadamente os principais condicionantes a serem considerados na cabotagem industrial. Por fim, é analisado um caso de transporte por cabotagem industrial e identificado o principal fator crítico desse sistema de transporte em questão.

No capítulo cinco, são descritas as lógicas utilizadas pelo modelo de simulação e realizados os processos de verificação e validação do mesmo.

O capítulo seis, por sua vez, apresenta os resultados obtidos pelo modelo, advindos dos diversos cenários construídos para a realização das análises de sensibilidade.

Por fim, o capítulo sete, descreve as principais conclusões e recomendações.

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O capítulo dois identifica as empresas nacionais e internacionais que usufruem da cabotagem industrial e apresenta um resumo sobre o funcionamento deste sistema, demonstrando além dos benefícios de sua adoção, as peculiaridades de cada companhia.

Ao final da seção são elucidados os resultados da pesquisa realizada com as empresas nacionais da cabotagem industrial.

2.1. A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO CENÁRIO NACIONAL

No cenário nacional foram identificadas três grandes empresas que praticam a cabotagem industrial: Aracruz Celulose S.A, a qual se utiliza deste meio para o transporte de madeira em toras; Veracel Celulose, praticante deste tipo de transporte para fardos e bobinas de celulose; e, finalmente, a Arcelor Mittal Tubarão, que usufrui da cabotagem industrial para transportar bobinas de aço.

É importante observar que esse sistema de transporte atua em segmentos diferentes da cadeia de suprimento dessas empresas. Por exemplo, na Aracruz Celulose, são transportadas matérias-primas que servirão de insumos para a fabricação de celulose, enquanto nas demais empresas (Veracel e Arcelor Mittal), são transportados os produtos finais, que serão entregues aos clientes.

Essa peculiaridade pode impor formas de operação diferenciadas para cada companhia. No caso da Aracruz Celulose, a falta de um abastecimento poderia acarretar numa parada da fábrica. Já para as demais empresas (Arcelor Mittal e Veracel), a ocorrência de um atraso na entrega do produto final ao cliente, poderia ser ou não considerado um fator crítico já que tal premissa dependeria da negociação dos contratos com os clientes.

A seguir, será analisado o sistema de transporte de cabotagem industrial destas empresas.

2.1.1. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE MADEIRA EM TORAS

A cabotagem industrial é utilizada no transporte de toras de madeira no Brasil pela Aracruz Celulose S/A, líder mundial no mercado de celulose branqueada de eucalipto, empregada na fabricação de diversos tipos de papéis. Este sistema de transporte foi implementado de forma inédita no país pela empresa em 2003, e é o responsável pelo transporte de toras de eucalipto do centro produtor em Ponta da Areia em Caravelas (BA), até o centro consumidor em Barra do Riacho (ES), numa rota marítima de aproximadamente 275 km, percorridos em cerca de 12 horas de viagem pelo conjunto empurrador - barçaça, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2: Transporte de Toras de Madeira.

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

Em 2007, a cabotagem industrial foi responsável por mais de 1,6 milhões de toneladas transportadas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Total Movimentando Anualmente no Transporte de Cabotagem Industrial

Ano	Total Movimentado (t)
2003	641,691.00
2004	1,028,904.00
2005	1,372,603.00
2006	1,962,817.00
2007	1,621,363.00

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

O transporte adotado pela empresa utiliza o sistema denominado *Integrated Tug and Barge*, e, traduzido pelo operador logístico como navio-barcaça. Nesse sistema, o empurrador é acoplado de forma mecânica a uma barcaça, cujo comportamento é similar ao de uma embarcação convencional autopropelida, como demonstra a Figura 3.

Figura 3: Sistema *Integrated Tug and Barge*.

Fonte: (Cruz; Amorim, 2006)

A operação do conjunto é de responsabilidade da Companhia de Navegação Norsul, que utiliza quatro embarcações de tipo navios-barcaça, com capacidade unitária de transporte de 5 mil toneladas de madeira, com 114 m de comprimento, 23 m de largura e 4 m de calado; e, dois empurradores de 33 m de comprimento, movimentando-se a uma velocidade de 22,5 km/h, (Figura 4 e Figura 5).

Do ponto de vista econômico, a vantagem da operação está no melhor aproveitamento do empurrador, já que este passa a maior parte do tempo em operação de transporte, seja “empurrando” as barcas carregadas para Barra do Riacho, ou, então, “empurrando” barcas vazias para Caravelas.

Figura 4: Empurrador e Barça.
Fonte: Aracruz Celulose (2008)

Figura 5: Barça transportando Toras de Madeira.
Fonte: Aracruz Celulose (2008)

O investimento total foi da ordem de US\$ 51 milhões, que contempla a construção dos terminais marítimos, os equipamentos de carga e descarga, as barças e os empurradores (ANDRADE, 2003). Desse total, cerca de US\$ 32 milhões foram investidos pela Norsul oriundos de recursos próprios ou financiados pelo Fundo de Marinha Mercante, para a construção das embarcações (empurrador e barça), enquanto os 19 milhões restantes foram investidos pela Aracruz Celulose na construção dos terminais marítimos e na aquisição dos equipamentos de carga e descarga.

As principais vantagens para a empresa estão na redução do número de viagens rodoviárias e, conseqüentemente, as reduções no consumo de combustível, permitindo à Aracruz, ganhos na venda do crédito de carbono. Somado a isto, o

sistema traz ganhos para a sociedade ao se reduzir o volume de tráfego na BR-101 e o número de acidentes na estrada.

2.1.2. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE CELULOSE

O transporte de fardos e bobinas de celulose por meio da cabotagem industrial é realizado pela Veracel Celulose, empresa localizada no Sul do Estado da Bahia, e que implementou em 2005 este tipo de transporte. O escoamento da produção é feito com a utilização do Terminal Marítimo de Belmonte, na Bahia. Do terminal (Figura 6), o produto é embarcado para Portocel, no Espírito Santo, de onde é exportado. A distância percorrida é de aproximadamente 550 km.

Figura 6: Terminal Marítimo de Belmonte.
Fonte: Veracel (2008)

O sistema de transporte marítimo é semelhante ao implantado na Aracruz Celulose, em que se utiliza o conceito de navios-barcaça. A operação é de responsabilidade

da Companhia de Navegação Norsul, que opera com três barcas de capacidade individual de 7 mil toneladas de celulose e um empurrador (mostrado na Figura 7). O sistema é capaz de transportar até 1,15 milhões de toneladas de celulose por ano, sendo que em 2006, a empresa atingiu cerca de 975 mil toneladas transportadas.

Figura 7: Barcaça e empurrador da Norsul.

Fonte: Veracel (2008)

Os investimentos na construção das embarcações e do empurrador, realizados pela empresa Norsul, totalizaram aproximadamente US\$ 28 milhões (Companhia de Navegação Norsul, 2008). Enquanto isso, os investimentos para a adequação do terminal Marítimo de Belmonte, na Bahia, sobre responsabilidade da Veracel, foram da ordem de US\$ 8,5 milhões (PORTAL CELULOSE ONLINE, 2008).

Os benefícios desse sistema são semelhantes aos obtidos pela Aracruz: menor impacto ambiental e redução no custo de transporte.

2.1.3. CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO

Em 2006, o sistema de cabotagem industrial foi implantado pela primeira vez no setor siderúrgico brasileiro pela empresa Arcelor Mittal Tubarão, antiga Companhia Siderúrgica de Tubarão, localizada em Vitória-ES. Este meio de transporte exigiu a construção de um terminal privado (Terminal de Barcaças Oceânicas), localizado no Espírito Santo, cujo investimento realizado pela Arcelor Mittal Tubarão demandou aproximadamente US\$ 11 milhões (ARCELOR TUBARÃO, 2008).

O sistema transporta bobinas de aço do terminal de Barcaças Oceânicas para o porto de São Francisco do Sul (SC). Deste porto, a carga é encaminhada para Arcelor Mittal Vega, (Figura 8). A operação das embarcações está também sob responsabilidade da Norsul.

Uma das peculiaridades do sistema é a maior distancia entre os terminais, se comparada ao transporte da Aracruz e Veracel, sendo de aproximadamente 1134 km.

Figura 8: Rota Cabotagem Industrial – Arcelor Tubarão.
Fonte: Arcelor Tubarão (2008)

Os investimentos na construção das embarcações, realizados pela norsul foram de cerca de US\$ 55 milhões (Companhia De Navegação Norsul, 2008), e o sistema conta com quatro barcas de capacidade individual de 10 mil toneladas e 2 empurradores (Figura 9).

A estimativa é de que sejam embarcadas cerca de 1,1 milhões de toneladas de bobinas por ano.

Figura 9: Operação Barcaça Arcelor Tubarão.
Fonte: Arcelor Tubarão (2008)

Além dos ganhos econômicos para a Arcelor Mittal Tubarão e Vega (redução dos custos de frete, em particular), o sistema traz contribuição à melhoria da qualidade ambiental e social, por representar economia de combustível, redução das emissões veiculares de gases, além de contribuir para a redução do tráfego (ARCELOR TUBARÃO, 2008).

2.2. A CABOTAGEM INDUSTRIAL NO CENÁRIO INTERNACIONAL

No cenário internacional foram identificadas duas empresas que praticam a cabotagem industrial: A Aluminerie Alouette, que a utiliza para a movimentação de lingotes de alumínio e o grupo siderúrgico Riva, que usufrui da cabotagem industrial para o transporte de bobinas de aço.

2.3. CABOTAGEM INDUSTRIAL INTERNACIONAL NO TRANSPORTE DE LINGOTES DE ALUMÍNIO

A empresa canadense Aluminerie Alouette em 2005 passou a utilizar barcaças e empurradores na região dos Grandes Lagos, Canadá, para o transporte de lingotes de alumínio. O sistema é semelhante ao encontrado no Brasil, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10: Transporte Cabotagem Industrial Aluminerie Alouette.
Fonte: Aluminerie Alouette (2008)

O ponto inicial do sistema é o centro de distribuição, localizado no porto de Trois-Rivieres. De lá, a carga é movida pelo conjunto barcaça-empurrador, de capacidade de aproximadamente 11 mil toneladas, até a unidade fabril da Aluminerie Alouette, em Sept isles (Figura 11). O transporte é realizado uma vez por semana e é operado pela empresa McKeil Marine. A empresa Aluminerie Alouette estima transportar cerca de 250 mil toneladas de lingotes de alumínio por ano, através da cabotagem industrial.

Figura 11: Rota Cabotagem Industrial Aluminerie Alouette.
Fonte: Google Earth (2008)

De acordo com a empresa, a adoção desse sistema trouxe como principais vantagens: benefícios ambientais, redução do tráfego nas estradas e redução dos custos logísticos.

2.4. CABOTAGEM INDUSTRIAL INTERNACIONAL NO TRANSPORTE DE BOBINAS DE AÇO

A cabotagem industrial é utilizada pela empresa siderúrgica do grupo Riva desde o segundo semestre do ano de 2003 no transporte de bobinas de aço entre as fábricas siderúrgicas localizadas em Táranto e Génova na Itália, cuja rota é de aproximadamente 1296 quilômetros, como ilustra a. Figura 12.

Figura 12: Rota Cabotagem Industrial Internacional Grupo Riva.
Fonte: Google Earth (2008)

A operação é de responsabilidade da empresa italiana ILVA Servizi Marittimi SPA, que opera com dois empurradores (mostrada na figura 13) cuja velocidade máxima é de 30 km/h, e quatro barcas com capacidade para 30.000 toneladas e um comprimento de 205 metros, cada uma.

Figura 13: Barcaça e Empurrador que operam na cabotagem industrial do grupo Riva.

Fonte: Riva (2008)

O sistema é capaz de transportar até quatro milhões de toneladas de bobinas de aço por ano e recebeu um investimento em torno de US\$ 50 milhões.

2.5. DIAGNÓSTICO ATUAL DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL NO BRASIL

O objetivo desta seção é apresentar um diagnóstico atual da navegação de cabotagem industrial no Brasil. Para isso, foram realizadas entrevistas com as empresas envolvidas no mercado de navegação de cabotagem industrial brasileira. A seção 2.3.1 relaciona as entrevistas realizadas enquanto a 2.3.2, os resultados da pesquisa.

2.5.1. ENTREVISTAS REALIZADAS

Para a melhor compreensão do cenário brasileiro de cabotagem industrial, foi elaborado e enviado um questionário para as três empresas atuantes nesse segmento, Aracruz Celulose S/A, Arcellor Mital Tubarão e Veracel (APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTAS).

É importante ressaltar que embora o universo da pesquisa seja pequeno (3 empresas), os dados são muito representativos, pois correspondem a 100 % das companhias que praticam a cabotagem industrial no Brasil.

2.5.2. RESULTADOS DA PESQUISA

A seguir, são relacionados os resultados extraídos dos questionários aplicados às empresas. Para efeito de confidencialidade, as empresas foram nomeadas como A, B e C.

QUESTÃO 1: QUAL O TIPO DE CARGA TRANSPORTADA?

De acordo com as empresas A, B e C as cargas transportadas pela cabotagem industrial no Brasil são: toras de madeira, bobinas de aço laminado e celulose branqueada de eucalipto. Tais cargas podem ser produtos finais, bem como insumos que servirão como matéria-prima para bens de consumo. São provenientes do extrativismo mineral e vegetal.

QUESTÃO 2: QUAL A PARTICIPAÇÃO DA CABOTAGEM NA MATRIZ DE TRANSPORTE NOS ANOS DE OPERAÇÃO?

Dentre as empresas que utilizam a cabotagem industrial no Brasil, as participações deste modal na matriz de transportes apresentam perspectivas de crescimento.

As empresas B e C transportaram em 2007, 23% e 25% (Figura 14 e Figura 15) do **total da carga movimentada pela empresa** por cabotagem industrial.

A empresa A, por sua vez, transportou 93% (Figura 16) do total transportado **do produto final** por cabotagem industrial. É importante ressaltar que esse valor da empresa A corresponde apenas ao transporte do produto final e não à matriz de transporte global da empresa, como responderam as empresas B e C.

Figura 14: Participação da Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa A

Figura 15: Participação da Cabotagem industrial na Matriz de Transportes – Empresa B

Figura 16: Participação da Cabotagem industrial no Total Transportado do Produto Final – Empresa C

QUESTÃO 3: QUAL O PERFIL/COMPOSIÇÃO DA FROTA? (TAMANHO, IDADE E ESPECIALIZAÇÃO)?

Foi identificado que as empresas apresentam diferentes configurações no que tange ao número de empurradores e barcas.

Uma das empresas possui 2 empurradores e 3 barcas, outra possui 2 empurradores e 4 barcas, e a última 3 barcas e apenas 1 empurrador

As barcas, apesar de transportarem produtos diferentes, possuem características similares e suas dimensões principais (comprimento, boca, calado) são bem

próximas. Todas são de frota nova e possuem a capacidade de transporte de até 10.000 t.

QUESTÃO 4: QUAIS OS MODAIS DE TRANSPORTE QUE A EMPRESA UTILIZA INTEGRADO À CABOTAGEM INDUSTRIAL?

As empresas A, B e C utilizam o transporte rodoviário como modal de integração com a cabotagem industrial.

QUESTÃO 5: UMA VEZ IMPLEMENTADA A CABOTAGEM INDUSTRIAL, QUAL FOI O TEMPO DE ADAPTAÇÃO OPERACIONAL (CURVA DE APRENDIZAGEM)?

As empresas A, B e C relataram que o tempo de aprendizado foi superior a 1 ano e meio, 1 ano e 3 meses respectivamente, sendo este tempo em função da carga transportada, operadores logísticos marítimos e terrestres e condições ambientais e operacionais, tais como assoreamento e abastecimento da embarcação.

QUESTÃO 6: A EMPRESA PRETENDE REALIZAR NOVOS INVESTIMENTOS NO TRANSPORTE DE CABOTAGEM INDUSTRIAL? POR QUÊ?

As empresas A, B e C pretendem investir mais na cabotagem industrial em médio e longo prazo, tanto na aquisição de novas embarcações e melhoria de terminais bem como na ampliação das rotas utilizadas.

Todas citam como principal motivador deste investimento os altos custos e tempos de viagens decorrentes da utilização do transporte rodoviário (levando-se em

consideração as condições das estradas no Brasil). Destaca-se ainda a menor agressão ao meio ambiente causada pelo transporte marítimo.

QUESTÃO 7: CONHECE ALGUMA EMPRESA QUE PRATICA A CABOTAGEM INDUSTRIAL FORA DO PAÍS? QUAL?

Apenas a empresa A relatou conhecer alguma empresa, sendo esta a Rhenus Logistics.

QUESTÃO 8: QUAIS SERIAM, EM SUA OPINIÃO, OS FATORES CRÍTICOS NA OPERAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL? POR QUÊ?

As empresas A, B e C identificaram como fatores críticos da cabotagem industrial os seguintes itens:

- Autorizações e Licenciamentos: existem vários licenciamentos e autorizações a serem conseguidos com diversas entidades, por exemplo: Marinha do Brasil, IBAMA, ANTAQ, além ONG's que exigem monitoramentos como de: corais, tartarugas, baleias, camarão, entre outros. Especificamente, podem ser destacadas as licenças das dragagens de projeto e manutenção;
- Qualidade e custo da estiva;
- Falta de um procedimento adequado para este tipo de transporte por órgãos do governo (Receita Federal, Fundo de Marinha Mercante, e outros);
- Infra-estrutura dos portos;
- Recursos e infra-estrutura técnica da Tecnologia de Informação;
- Mudança de paradigmas (as empresas são avessas a mudanças);
- Fluxo de Carga, as empresas devem possuir um fluxo constante de carga;
- Gestão do transporte marítimo;
- Dimensionamento da frota das embarcações.

QUESTÃO 9: QUAIS FORAM OS ENTRAVES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

Os principais entraves para o desenvolvimento da cabotagem industrial, na opinião das empresas A, B e C são:

- Licenciamento ambiental dos terminais e dragagem dos canais de acesso;
- Infra-estrutura portuária adequada e dedicada;
- Monitoramentos e relacionamento com a comunidade;
- Falta de mão-de-obra especializada.

QUESTÃO 10: QUAIS SÃO OS FATORES QUE INIBEM A EXPANSÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

Os principais fatores citados pelas três empresas como inibidores da expansão da cabotagem industrial são:

- Licenciamento ambiental;
- Falta de política de governo incentivando a prática da cabotagem industrial (custo do combustível, por exemplo) e de uma legislação mais adequada;
- Problemas com mão-de-obra especializada;
- Custos portuários ainda bastante altos;
- Falta de investimento em infra-estrutura portuária;
- Estaleiros falidos e sem capacidade de construção de barcas, empurradores e navios para cabotagem.

QUESTÃO 11: NA SUA OPINIÃO, O QUE DEVERIA SER MODIFICADO NA LEGISLAÇÃO PARA ALAVANCAR O SETOR DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

As empresas A, B e C identificaram os seguintes itens que deveriam ser modificados na legislação brasileira:

- Criação de uma política específica para o setor de cabotagem industrial;
- Incentivos do governo para a abertura de terminais privados;
- Redução dos impostos no combustível para utilização na cabotagem;
- Incentivo do governo para importação de navios e/ou barcas, uma vez que os estaleiros nacionais não suprem a necessidade;
- Incentivo do governo para os Portos Organizados em receber carga de cabotagem.

QUESTÃO 12: QUAL SERIA A CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE TERMINAL (DE ORIGEM E DESTINO)

A Tabela 2 apresenta as possibilidades de tipos de terminais, localização, tipo de operador, uso e carga.

Tabela 2: Tipos de terminal, localização, operador, uso e tipo de carga.

Tipo de Terminal	Localização	Tipo de operador	Uso	Tipo de Carga
Público	Dentro da área do porto organizado	Público	Público	De terceiros
Público	Dentro da área do porto organizado	Privado	Privado de uso exclusivo	Própria
Público	Dentro da área do porto organizado	Privado	Privado de Uso misto	De terceiros ou própria
Privado	Fora da área do porto organizado	Privado	Privado de Uso misto	De terceiros ou própria
Privado	Dentro ou fora da área do porto organizado	Privado	Privado de uso exclusivo	Própria

Nas operações das empresas A, B e C, foram identificados três tipos distintos de configurações de terminais:

- **Terminal:** Tipo Privado, **Localizado:** Fora da área do porto organizado, **Operador:** Privado, **Uso:** Privado de uso Misto, **Tipo de Carga:** Terceiros ou Própria;
- **Terminal:** Tipo Público, **Localizado:** Dentro da área do porto organizado, **Operador:** Privado, **Uso:** Privado de uso Misto, **Tipo de Carga:** Terceiros ou Própria;
- **Terminal:** Tipo Privado, **Localizado:** Fora da área do porto organizado, **Operador:** Privado, **Uso:** Privado de uso Exclusivo, **Tipo de carga:** Própria;

QUESTÃO 13: SE O TIPO DE TERMINAL É PÚBLICO, QUAL NOTA VOCÊ ATRIBUI PARA O DESEMPENHO DA MÃO-DE-OBRA FORNECIDA PELO OGMO (ORGÃO GESTOR DE MÃO DE OBRA) (DE 0 A 10)? (SENDO 0, MUITO RUIM E 10 EXCELENTE). JUSTIFIQUE.

Apenas duas empresas responderam. Uma delas atribuiu nota 6 aos desempenhos dos operadores públicos, isto porque, não existe um comprometimento com a qualidade do serviço e sim com a produtividade que gera um ganho maior na estiva. A outra empresa, por sua vez, concedeu nota 2, no entanto, não foi justificado o porquê.

QUESTÃO 14: SE O TERMINAL É PÚBLICO, O SETOR PÚBLICO TEM REALIZADO OS INVESTIMENTOS DE INFRA-ESTRUTURA ADEQUADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

As empresas A, B e C responderam que o setor público não tem realizado investimentos em infra-estrutura portuária.

QUESTÃO 15: SE SIM, EM QUAIS ÁREAS? COM QUAIS OBJETIVOS?

Não houve resposta, já que as empresas A, B e C responderam **não** na questão 14.

QUESTÃO 16: SE NÃO, QUAIS AS ÁREAS QUE NECESSITAM DE INVESTIMENTOS. POR QUÊ?

Apenas uma das empresas respondeu, sendo estas áreas: Acessos rodoviários, ferroviários e marítimos.

QUESTÃO 17: EM RELAÇÃO AO CUMPRIMENTO DO PRAZO DE ENTREGA, PODE-SE DIZER QUE A CABOTAGEM INDUSTRIAL ATENDE A ESTE REQUISITO?

A partir das respostas das empresas A, B e C, foi concluído que os prazos estipulados são cumpridos na grande maioria das vezes. Apenas a empresa A alegou não cumprir os prazos em algumas situações.

QUESTÃO 18: QUAIS OS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NO NÃO CUMPRIMENTO DO PRAZO DE ENTREGA?

Como fatores que influenciam no não cumprimento do prazo de entrega, as empresas A, B e C relacionaram os seguintes aspectos:

- Nível de assoreamento;
- Tempo de carregamento e descarga;
- Velocidade da embarcação;
- Abastecimento do empurrador;
- Desatracação e atracação;
- Condições climáticas;
- Arrumação da carga.

QUESTÃO 19: COMO SE APRESENTAM OS QUESITOS INTEGRIDADE DA CARGA E HISTÓRICO DE SINISTROS NA CABOTAGEM INDUSTRIAL QUANDO COMPARADA AO MODAL RODOVIÁRIO?

As empresas A, B e C responderam que a cabotagem industrial possui melhor desempenho nos quesitos de integridade da carga e histórico de sinistros, quando comparado ao modal rodoviário.

QUESTÃO 20: EM UMA ROTA TÍPICA DE CABOTAGEM INDUSTRIAL, QUAIS SÃO OS SEUS PRINCIPAIS ITENS DE CUSTO (%)?

A seguir, será apresentado o gráfico com a composição dos custos da cabotagem industrial. Cabe salientar que as respostas das empresas foram diferentes quanto à organização das despesas. A empresa A não citou as porcentagens referentes às

despesas, somente a ordem decrescente dos maiores influenciadores destes valores, sendo esta ordem: os portos, combustível e a tripulação.

Por sua vez, as empresas B e C, responderam as porcentagens que cabem a cada fator de gasto, sendo o resultado demonstrado no Figura 17.

Composição de despesas da cabotagem industrial

Figura 17: Composição de despesas da cabotagem industrial para as empresas B e C

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão da literatura no que tange à descrição das necessidades básicas operacionais, técnicas e de regulamentação para apoiar o projeto e a implementação da cabotagem industrial, sendo, para isto, adotada a abordagem do enfoque sistêmico.

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A Logística, até a década de 60, era gerenciada de uma maneira fragmentada, ou seja, suas funções básicas, tais como: distribuição, estoque e armazenagem, eram administradas por áreas diferentes, apesar de possuírem relações operacionais diretas, e, por consequência, custos conflitantes, na medida em que o aumento de um poderia acarretar a diminuição de outro.

Em 1965, Lewis, Culleton e Stell, evidenciaram a necessidade da integração dessas atividades ao demonstrar que o custo de distribuição do modal aéreo poderia ser compensando pela eliminação ou redução dos custos associados à armazenagem e aos estoques, devido à alta velocidade e disponibilidade desse modal (BOWERSOX; CLOSS; HELFERICH, 1986).

O olhar do sistema logístico como um todo e interligado, foi uma resposta ao pensamento mecanicista da época, advindo do método analítico, segundo o qual, todos os fenômenos poderiam ser compreendidos, desmembrando-se em componentes e a partir de relações causais lineares.

Mello (1975), por exemplo, afirma que a avaliação de projetos viários não deve ser feita apenas de modo parcial, ou seja, mensurando-se somente algumas de suas consequências, mas sim, de um modo global, incorporando-se a visão do todo.

Portanto, quando o objeto em questão é um sistema que apresenta características e propriedades que emergem de um conjunto de interações

simultâneas e constitutivas do todo, uma visão mecanicista e fragmentada não consegue identificar as diversas interações e interfaces de um sistema.

Dessa forma, é necessária uma abordagem que procure enxergar “todos os relacionamentos, que não seja reducionista, visualize o contexto e que permita ultrapassar a crise de percepção orientada pelo pensamento cartesiano” (ANDRADE et al, 2006, p 50.).

De acordo com o autor, uma das formas existentes para analisar este tipo de problema é o enfoque sistêmico, cujo objetivo estaria associado às situações e fenômenos que requerem explicação baseada na inter-relação de múltiplas forças ou fatores, permitindo, assim, explicar os mecanismos internos que orientam e condicionam a realidade de um sistema.

Por esse princípio, a cabotagem industrial seria um sistema organizado em torno das interações entre seus múltiplos componentes (terminais, veículos, etc.), devendo ser analisada como uma rede de transporte integrada, onde o todo seria mais que a soma das partes (BERTALANFFY, 1997).

A Figura 18, demonstra a rede de um sistema de cabotagem industrial. O ponto de início é o centro produtor, onde a matéria-prima é produzida ou extraída, para ser transferida por rodovia ou ferrovia a um terminal. Posteriormente, esta matéria-prima segue por cabotagem para o terminal de destino, onde será transportada para o centro consumidor, através do modal rodoviário ou ferroviário. Nota-se, nesse processo, a importância de cada componente no sistema, uma vez que o mau funcionamento de um, afeta a eficiência do todo.

Figura 18: Representação esquemática da cabotagem industrial.
Baseado em Medina et al.(2007)

Quando colocado sob a ótica do enfoque sistêmico, esse mesmo sistema pode ser visualizado através dos seus subsistemas e suas interações, conforme demonstra a Figura 19.

Segundo Gualda (1995), tal decomposição facilita a modelagem do problema e ajuda a conduzir a solução de uma forma ordenada e integrada.

Figura 19: Visão sistêmica da Cabotagem industrial.
Baseado em Gualda (1995)

Pode-se observar pela Figura 19, que o sistema cabotagem industrial foi decomposto em cinco subsistemas distintos, descritos a seguir:

1. Subsistema Carregamento: Está relacionado com a operação de carregamento da matéria-prima no “centro produtor”;
2. Subsistema Transporte: Engloba as atividades relacionadas com o transporte da matéria-prima por rodovia ou ferrovia até o terminal, ou do terminal até a fábrica;
3. Subsistema Terminal: Envolve todas as operações do terminal marítimo. Entretanto, é importante salientar que ao se adotar o conceito de cabotagem industrial, em geral, tem-se uma única origem e um único destino. Assim, dependendo das características da atividade, os terminais de origem e destino podem ser semelhantes ou diferentes, de acordo com a exigência. Por exemplo, um terminal de destino que fica próximo à unidade fabril terá alguns de seus

equipamentos como: balanças, máquinas de abastecimento, oficinas, áreas de reparo, entre outros, localizados na fábrica. Contudo, no terminal de origem estes equipamentos, geralmente, estarão dentro do terminal.

4. Subsistema Aquaviário: Está relacionado com a infra-estrutura necessária para o transporte marítimo da carga, sendo esta a embarcação e a tripulação.
5. Subsistema Pátio: Refere-se às operações de descarga da matéria-prima na fábrica;

Todas as operações que antecedem o carregamento da matéria-prima foram agrupadas no sistema suprimento, assim como, todas as operações após a descarga na unidade fabril foram agrupadas no sistema industrial.

Embora a influência do meio ambiente não esteja demonstrada de uma forma clara nas Figura 18 e Figura 19, Lima (1988) descreve que as peculiaridades dos subsistemas também dependem dos fatores externos ambientais e por isso, devem ser levadas em consideração.

Dessa forma, pode-se analisar o impacto de uma possível dragagem, emissões de gases poluentes dos navios, poluição ocasionada pelo derramamento de óleo e outros componentes tóxicos.

Na análise desse sistema e subsistemas envolvidos, é sabido que a simples modificação de um dos parâmetros dos componentes pode impactar todos os outros. Dessa forma, sua análise deve ser feita inúmeras vezes, numa espiral de projeto (NOVAES;ALVARENGA, 1994), conforme ilustra a Figura 20.

Figura 20: Espiral do Enfoque sistêmico.
Fonte: Novaes e Alvarenga (1994)

A Figura 21 por sua vez, representa as diversas alternativas de solução de um problema genérico de duas incógnitas X, Y.

Figura 21: Diversas alternativas de solução de um problema de duas incógnitas.

Fonte: Novaes e Alvarenga (1994)

O contorno inicial delimita o conjunto da solução, ou seja, o resultado final estará dentro desse contorno. Na primeira interação do problema, surgem as alternativas do tipo A, isto é, as suas possíveis soluções. Após algumas interações, surgem as do tipo B, aquelas que apresentam um melhor resultado, quando comparada às do tipo A. Assim, as alternativas do tipo B, deverão ser examinadas com mais detalhe em uma próxima interação.

Dessa forma, evita-se a perda de tempo com análise de alternativas que não são relevantes, ganhando-se objetividade na tomada de decisão (NOVAES;ALVARENGA, 1994).

Adotando-se o enfoque sistêmico, pretende-se avaliar no presente trabalho, os dois subsistemas mais críticos da cabotagem industrial: o **terminal** e o **aquaviário**, pois representam, em geral, os maiores custos do sistema.

3.2. SISTEMA TERMINAIS MARÍTIMOS

Os terminais podem representar o maior componente funcional do sistema, e serem responsáveis pelos principais custos e possíveis pontos de congestionamento.

Sucintamente, podem ser definidos como a origem ou término de uma operação na qual são descarregados ou carregados bens ou pessoas.

Botter (1985, p 30.) incorpora o conceito do enfoque sistêmico e define os terminais sendo: “conjunto de subsistemas com peculiaridades próprias, na qual a carga deverá fluir com segurança, e, onde o fluxo máximo de carga será dado pelo elemento mais restritivo do sistema”.

Deste modo, a função principal de um terminal é a transferência de carga entre modais, no entanto, se este possuir uma infra-estrutura física, operacional e administrativa, acabará incorporando outras funções, como a armazenagem de carga, o abrigo e a manutenção de veículos (LIMA, 1988).

Morlok (1988) por sua vez, sintetiza as principais funções de um terminal:

- Carregar e descarregar cargas nos veículos de transporte;
- Realizar transferências de um veículo para outro;
- Estocar cargas desde o momento da chegada até a saída;
- Processar e embalar mercadorias para movimentá-las;
- Guardar, dar manutenção e fazer a designação de veículos;
- Prover documentação necessária ao movimento de cargas; e,
- Concentrar cargas (ou passageiros) em grupos de tamanhos economicamente viáveis para movimentação;

Note-se que, devido à necessidade de redução de custos e à busca por melhores índices de eficiência, os terminais estão incorporando cada vez mais serviços como parte de suas funções. Por exemplo: a utilização de uma área para o reparo de caminhões possibilita a eliminação dos tempos perdidos de deslocamento até a oficina mais próxima. Como consequência, minimiza-se o tempo parado das embarcações devido à falta de caminhões, aumentando-se, assim, a eficiência do sistema, contribuindo para a minimização do custo total.

A decisão da localização das instalações físicas do terminal é uma tarefa, segundo Gualda (1995, p. 33), “fundamental para se atingir os objetivos de eficiência e

eficácia de todo o sistema logístico ao qual está associado, já que não só os custos, mas também as receitas e todo o esquema logístico do sistema são dependentes dessa decisão”.

Embora a localização de terminais não faça parte do escopo do estudo, existe uma abrangente literatura sobre o tema. A decisão de onde localizar um terminal é usualmente abordada como um problema de localização de instalação. Galvão apud Widmer;Tiago (2005), apresenta uma descrição abrangente de modelos, e uma lista de 112 referências para a solução desse tipo de problema. Tondo (1993), utilizou o modelo baseado nas p-medianas para estudar a localização de terminais de contêineres no estado de São Paulo. Gualda (1975) por sua vez, aplicou o algoritmo *out-of-killer* para determinar a macrolocalização e o porte dos terminais hidroviários associados à solução de mínimo custo de produção e transporte.

Apesar da ampla literatura acerca de modelos para localização de terminais, Gualda (1995), relata a deficiência de normas e recomendações para concepção e expansão do próprio terminal. Dessa forma, o autor adaptou o plano diretor de aeroportos para criar um conjunto de recomendações para terminais marítimos genéricos; entendendo, portanto, que os terminais aéreos estariam em níveis mais avançados que os demais terminais ferroviários e rodoviários.

O plano diretor visa à representação do estágio final de um terminal e deve ser utilizado como base para a implementação e estruturação das instalações físicas do terminal, uso do solo em seu entorno, determinação dos efeitos ambientais provenientes da sua construção e operação e, por fim, o estabelecimento das necessidades de acessibilidade do terminal (GUALDA, 1995).

Lima (1988) ao estudar o problema do dimensionamento de terminais multimodais fluviais, apresenta uma metodologia para concepção de um terminal marítimo de pequeno porte, na qual foram considerados quatro setores: rodoviário, hidroviário, ferroviário e armazenagem;

O autor aprofunda **apenas na essência dos aspectos de dimensionamento dos componentes desses setores** (por exemplo, acesso/egresso e áreas de circulação e manobras) e ressalta que a metodologia desenvolvida pode ser utilizada para análises isoladas ou como parte integrante de um processo de elaboração de planos diretores.

Segundo Unctad (1985), o desenvolvimento de um porto/terminal precisa ser cuidadosamente planejado, sendo necessária uma combinação de planejamentos

de médio e longo prazo para novas instalações. Nos casos de portos/terminais já existentes, deverá haver em seu desenvolvimento um programa de curto prazo de ações para melhorar o gerenciamento, as instalações já existentes e o uso destas.

3.2.1. CLASSIFICAÇÃO E EXPLORAÇÃO PORTUÁRIA

A atual legislação portuária, regida pela lei 8.630 de 1993, prevê dois tipos de portos: o porto organizado, sob jurisdição da autoridade portuária, e os portos não organizados. A ANTAQ define o porto organizado como “aquele construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação, da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela união, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a circunscrição de uma autoridade portuária”. Por sua vez, os portos não enquadrados nessa situação são ditos “não organizados”.

Os terminais marítimos localizados fora da área do porto organizado não são obrigados a requisitar trabalhadores avulsos por meio de OGMO para a execução de suas operações, tão pouco a pagar taxas, tarifas, contribuições e adicionais portuários que os terminais localizados em áreas de porto organizado são obrigados a requisitar e pagar.

No que tange à exploração dos terminais portuários, esta pode ocorrer de três formas:

1. Diretamente pela união, estados ou municípios;
2. Por terceiros, mediante arrendamento;
3. Por terceiros, mediante autorização dos ministérios competentes;

As possíveis combinações de exploração portuária, previstas na lei 8.630, no que diz respeito ao tipo de terminal e à sua localização, ao tipo de operador e ao uso do terminal e tipo de carga, são resumidas na Tabela 3.

Tabela 3: Exploração Portuária

Tipo de Terminal	Localização	Tipo de operador	Uso	Tipo de Carga
Público	Dentro da área do porto organizado	Público	Público	De terceiros
Público	Dentro da área do porto organizado	Privado	Privativo de uso exclusivo	Própria
Público	Dentro da área do porto organizado	Privado	Privativo de uso misto	De terceiros ou Própria
Privado	Fora da área do porto organizado	Privado	Privativo de uso misto	De terceiros ou Própria
Privado	Fora da área do porto organizado	Privado	Privativo de uso exclusivo / Privado	Própria

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2006).

Pode-se concluir pela Tabela 3, que dentro da área do porto organizado, há a possibilidade de três tipos de terminais:

- Terminal público de uso público: Explorado pela União;
- Terminal público de uso privativo exclusivo: Para movimentação de carga própria do arrendatário;
- Terminal público de uso privativo misto: Para a carga própria do arrendatário e carga de terceiros.

Por sua vez, quando a exploração ocorre fora da área do porto organizado, tem-se:

- Terminal privativo (privado) de uso misto: Movimentação ou movimentação e armazenagem, de carga própria e carga de terceiros, destinadas ao transporte aquaviário ou provenientes deste;
- Terminal privativo (privado) de uso exclusivo: Para a movimentação ou movimentação e armazenagem de carga própria, destinada ao transporte aquaviário ou proveniente deste.

A caracterização de um terminal **privativo misto** exige das empresas a obrigatoriedade de cargas próprias, em escala que justifique economicamente o empreendimento, conforme a resolução 517 da ANTAQ.

É importante ressaltar que tal resolução acaba afastando possíveis investidores que desejam construir terminais privativos no país, uma vez que estes, podem não possuir cargas próprias.

Para contornar esta situação, a ANTAQ pretende colocar em audiência pública, ainda no ano de 2008, o fim da obrigatoriedade de cargas próprias em escala que justifique economicamente o empreendimento, flexibilizando, desta forma, a exploração de portos privados no país.

3.2.2. DESEMPENHO DOS TERMINAIS PRIVATIVOS E PÚBLICOS

A pesquisa aquaviária realizada em 2006 pela CNT com os agentes marítimos que operam nos principais portos brasileiros, evidenciou peculiaridades existentes nos terminais públicos que oneram os desempenhos desses terminais e seus custos associados. A seguir, serão demonstrados, com base nesta pesquisa, os principais fatores que influenciam na escolha entre terminais públicos e privativos.

A Tabela 4 demonstra que o principal motivo pela preferência por um terminal é a eficiência/velocidade operacional (45,7%), seguido por custos (16,4%), as janelas de atracação (13,6%), e por fim, nível de serviço e atendimento (12,9%).

Tabela 4: Preferência de Escolha de Terminal

Motivos de Preferência	Entrevistas	Percentual
Janelas de Atracação	19	13,6%
Eficiência/ Velocidade Operacional	64	45,7%
Custo Operacional	23	16,4%
Nível de serviço/ Melhor atendimento	18	12,9%
Oferece serviço complementar	9	6,4%
Outros	7	5,0%
Total	140	100,0%

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2006)

Ao expandir os motivos de preferência, de acordo com o tipo de terminal escolhido, a Tabela 5 mostra que 20,0% das escolhas para o terminal público é devido à janela de atracação. Enquanto que, no terminal privado/privativo, o motivo maior é a eficiência/velocidade operacional (37,5%), seguida pelo custo operacional (20,8%). É importante observar que enquanto a janela de atracação corresponde ao maior motivo de escolha para um terminal público, este, por sua vez, representa, apenas, 13,36% da preferência, na hora de escolha de um terminal privado ou público.

Tabela 5: Preferência de Escolha por tipo de Terminal

Motivos de Preferência	Terminal Público	Terminal Privado/ Privativo
Janelas de Atracação	20%	18,7%
Eficiência/ Velocidade Operacional	15%	37,5%
Custo Operacional	15%	20,8%
Nível de serviço/ Melhor atendimento	15%	8,4%
Oferece serviço complementar	15%	8,4%
Outros	20%	6,2%
Total	100%	100,0%

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2006)

No que diz respeito à eficiência operacional, observada na Tabela 6, os terminais públicos possuem tempos de carga e descarga considerados elevados por 57,8% dos entrevistados. Por outro lado, no terminal privado, apenas 3,5% dos entrevistados consideram os tempos de carga e descarga elevados. Além disso, 78,6% dos entrevistados avaliaram como adequado ou rápido o tempo de carga e descarga em terminais privados, enquanto que, no terminal público, apenas 22,2% consideraram o mesmo.

Tabela 6: Tempo de carga e descarga

Tempo de carga e descarga	Públicos	Privados / Privativos
Longo	57.8%	3.5%
Adequado	20.0%	42.9%
Rápido	2.2%	35.7%
NS/NR	20.0%	17.9%
Total	100.0%	100.0%

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2006)

Destacam-se ainda, o problema do superdimensionamento de trabalhadores (Tabela 7) e a qualidade, apenas regular, dos serviços executados por eles (Tabela 8). A pesquisa identificou que o custo com o pessoal em terminais públicos, comparado ao da infra-estrutura, chega a ser cinco vezes maior, sendo que, normalmente deve ser de 2 a 3 vezes maior. Tal fator é atribuído ao custo da mão de obra portuária pública.

Tabela 7: Quantidade de trabalhadores portuários na área de um porto organizado

Quantidade de Trabalhadores portuários	Entrevistas	Percentual	
		2006	2002
O dobro do necessário	39	21.7%	37.4%
O triplo do necessário	13	7.2%	7.6%
Mais que o triplo do necessário	15	8.3%	6.9%
Adequada	79	43.9%	42.7%
Insuficiente	21	11.7%	4.6%
NS/NR	13	7.2%	0.8%
Total	180	100.0%	100.0%

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2006)

De acordo com a Tabela 7, parte dos entrevistados avaliou, em 2006, como adequada a quantidade de trabalhadores portuários avulsos (43,9%), enquanto que, o superdimensionamento de mão-de-obra é superior à necessária para 37,2% dos entrevistados, em terminais dentro da área do porto organizado.

Por fim, a Tabela 8 demonstra a qualidade dos serviços oferecidos pelos trabalhadores portuários em terminais dentro da área do porto organizado. Verifica-se que 13,3% dos entrevistados avaliaram como ruim a qualidade, 45,0% como regular, e 36,1% como boa.

Tabela 8: Qualidade dos Trabalhadores portuários na área de um porto organizado

Qualidade dos trabalhadores portuários	Entrevistas	Percentual
Boa	65	36.1%
Regular	81	45.0%
Ruim	24	13.3%
NS/NR	10	5.6%
Total	180	100.0%

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2006)

Com a análise desta pesquisa, pode-se concluir que, em geral, a preferência na escolha do terminal é dada aos que apresentam maior eficiência/velocidade operacional. Observou-se que os terminais privados possuem melhores índices neste quesito e, portanto, são usualmente preferidos pelos agentes marítimos. Além disso, os que se utiliza de terminais públicos, preferem-nos devido à sua maior janela de atracação.

Pode-se destacar ainda que os terminais públicos, em muitos casos, apresentam uma quantidade excessiva de trabalhadores e a qualidade de seus serviços não é bem avaliada pela maioria dos entrevistados.

3.2.3. ASPECTOS LEGAIS

Conforme descrito na seção anterior, a exploração de um terminal pode ocorrer de três formas: pela união, estados ou municípios; por terceiros, mediante arrendamento; e, por terceiros, mediante autorização do ministério competente.

A exploração de um terminal público por arrendamento foi elaborada com base no documento Modelagem para Estudos de Viabilidade de Projetos de Arrendamentos, disponível na página da ANTAQ na internet.

O processo inicia-se com o pedido do interessado no arrendamento e deve ser endereçado à Autoridade Portuária com uma justificativa do pedido, contendo as linhas gerais do futuro projeto. Poderá também, ser de iniciativa da própria Autoridade Portuária, pelo conhecimento do potencial econômico de suas áreas definidas no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento e Programa de Arrendamento do porto.

Uma vez aceito o pleito, a Autoridade Portuária deverá realizar um Estudo de Viabilidade sob a ótica Econômica, Financeira e Ambiental, para o empreendimento. Para isso, é contratada uma consultoria especializada, por meio de licitação.

O estudo é analisado pela ANTAQ e, se aprovado, é dado início ao processo de licitação, disponibilizando aos interessados o edital, termo de referência e a minuta de contrato.

A **exploração do terminal privativo**, por sua vez, depende da autorização da ANTAQ, previsto no artigo 44 da Lei nº 10.233 de 05/06/01. No entanto, para obtê-la, é necessário que os requisitos da Resolução 517 de 2005, sejam atendidos.

Essa resolução exige, entre outros aspectos, a aprovação de diversos órgãos públicos, tais como:

- Marinha do Brasil;
- Órgãos ambientais;
- Corpo de Bombeiros e;
- Prefeitura.

As exigências da Marinha são apresentadas na Norma 11, sendo que o capítulo 1 aborda a questão de obras e o capítulo 2, dragagem e aterros. Para os demais órgãos, os requisitos encontram-se na resolução 517.

Por se tratar de um trâmite complicado, a ANTAQ disponibiliza na internet um fluxograma contendo todas as etapas do processo.

Nas próximas seções, serão abordadas as principais características básicas de projeto, voltadas a um terminal de cabotagem industrial. Para isso, foram consultadas e exploradas diversas fontes e manuais, de forma a abordar os múltiplos aspectos teóricos e práticos envolvidos.

3.2.4. PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA TERMINAL.

Além da categorização de privado ou público, os terminais podem ser classificados de acordo com seus respectivos acessos. Assim, para terminais voltados para a cabotagem industrial, pode-se identificar:

- Marítimo – rodoviário;
- Marítimo – rodoferroviário.

Tomando por base um terminal marítimo – rodoferroviário, e em função de suas características operacionais, podem ser identificadas até cinco subsistemas distintos, como ilustra a Figura 22.

Figura 22: Sistema terminal decomposto em subsistemas

A seguir, serão definidos os subsistemas ilustrados na Figura 22:

- Subsistema Ferroviário: corresponde à recepção e expedição de vagões, composição, formação e manobras internas dos trens, necessárias para operação dentro do terminal;
- Subsistema Rodoviário: responsável pelo controle de saída e chegada de veículos, pelas manobras internas, pelas áreas de circulação e estacionamentos no terminal;
- Subsistema Armazenagem: corresponde às infra-estruturas e instalações necessárias para armazenagem da carga no terminal;
- Subsistema Transbordo: relacionando com o carregamento e descarregamento do navio, assim como, o transporte das cargas para os armazéns e vice-versa;
- Subsistema Acesso Marítimo: Presente em todos os terminais. Diz respeito às instalações e infra-estruturas necessárias para a atracação da embarcação marítima no terminal.

Na próxima seção serão detalhadas as principais características de cada subsistema.

3.2.4.1. SUBSISTEMA RODOVIÁRIO

De acordo com Lima (1988), o subsistema rodoviário pode ser constituído pelos subsistemas acesso e egresso, elementos de controle, circulação e manobras, estacionamento, e carga e descarga.

a) ACESSO E EGRESSO RODOVIÁRIO

Os acessos e egressos a um terminal são realizados por um conjunto de vias pavimentadas, ou não, que possibilitam o acesso às dependências do terminal.

O dimensionamento dessas vias deverá ser feito com base no volume de veículos que acessarão o terminal, e será dado através de dois parâmetros principais: **a configuração de número de faixas e o controle de acesso à via**; podendo apresentar as configurações de pista simples, dupla ou de múltiplas faixas de tráfego, conforme demonstra a Tabela 9:

Tabela 9: Classe de Projeto

Classes de projeto		Características	Critério de classificação Técnica	Velocidade de Projeto (km/h)		
				Plano	Ondulado	Montanhoso
0		Via Expressa (controle Total de Acesso)	Decisão Administrativa	120	100	80
I	A	Pista Dupla (controle Parcial de Acesso)	O projeto em pista simples resultaria em níveis de serviços C ou D	100	80	60
	B	Pista Simples	Volume de tráfego projetado: >200 VPH ou 1400 VPD	100	70	50
II		Pista Simples	Volume de tráfego projetado: 700 a 1400 VPD			
III		Pista Simples	Volume de tráfego projetado: 300 a 700 VPD	80	60	40
IV	A	Pista Simples	Tráfego na data de abertura: 50 VPD a 200 VPD	60	40	30
	B	Pista Simples	Tráfego na data de abertura: < 50 VPD			

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999)

A Tabela 9 define as classes de projeto de uma rodovia a ser construída, segundo os padrões do DNIT. As características de cada padrão de projeto variam de acordo com o número de veículos que é projetado para passar diariamente pela seção mais congestionada da rodovia.

Para terminais portuários **em áreas de grande densidade populacional, áreas conturbadas e grandes cidades** são recomendadas que seus acessos sejam projetados segundo as características das classes 0 e IA (recomenda-se devido ao alto fluxo de veículos por dia – VPD). Os acessos com padrão de projeto segundo a classe 0 são aqueles em que todos os acessos a rodovia são controlados, com uma

pista exclusiva para o tráfego de passagem, separada da pista onde ocorrem os acessos ao solo lindeiro (que dá acesso às edificações/construções) e outras vias; enquanto que, os acessos rodoviários de classe de projeto IA também são compostos por vias de pista dupla, porém, sem a existência de uma pista exclusiva de acesso às interseções, bastante utilizadas em locais onde o volume de tráfego veicular é mais baixo ou em áreas que não permitem a construção de rodovias da classe 0 por razões de falta de espaço físico ou de verbas, uma vez que esse tipo de rodovia possui custo de implantação mais elevado.

Para acessos a terminais portuários **em áreas rurais, fora de grandes centros urbanos e sem acessos a terminais de pequeno e médio porte**, podem-se adotar como padrão de projeto as características das classes IB e II, que são os tipos de acessos a terminais portuários mais comuns verificados no país.

Paralelamente à definição do padrão de projeto da via de acesso ao terminal portuário, tem-se a definição das características das interseções entre a via de acesso ao terminal e a rodovia, que variam de acordo com o volume de veículos, as características da rodovia, e, ainda, com a interferência que os veículos que acessam o terminal causam à via principal e em menor escala, com o número de veículos que utilizam o acesso ao terminal, uma vez que esse número é normalmente baixo quando comparado ao volume veicular diário de uma rodovia.

Dentre as diversas características de geometria viária possíveis, em uma interseção entre acesso ao terminal portuário e a rodovia de acesso, podemos citar:

- Interseção perpendicular: recomendada para baixos fluxos de tráfego na via pública, como pode ser observado na Figura 23.

Figura 23: Interseção Perpendicular.
Baseado em: Highway Capacity Manual (2000)

- Interseção inclinada: adequada para níveis intermediários de fluxo, com o movimento de acesso ao terminal sendo, predominantemente, em um determinado sentido, conforme pode ser visto na Figura 24.

Figura 24: Interseção Inclinada.
Baseado em: Highway Capacity Manual (2000).

- Interseção com faixa exclusiva de acomodação de veículos para o acesso ao terminal portuário: empregada para rodovias com alto fluxo de tráfego, como pode ser observado nas Figura 25, Figura 26 e Figura 27.

Figura 25: Interseção com faixa exclusiva de acomodação no acesso ao terminal.
Baseado em: Highway Capacity Manual (2000)

Figura 26: Interseção com faixa exclusiva de acomodação no acesso e saída ao terminal.
Baseado em: Highway Capacity Manual (2000)

Figura 27: Interseção com faixa exclusiva de acomodação e via exclusiva de acesso ao terminal.
Baseado em: Highway Capacity Manual (2000)

Da Figura 23 à Figura 27, são observados cinco tipos de geometria viária que podem ser adotados em uma interseção entre o acesso ao terminal portuário e a rodovia de acesso, com seus respectivos raios de giro para veículos de grande porte. Conforme o volume de veículos de acesso ao terminal e ao sentido predominante dos veículos na rodovia principal, a via de acesso poderá ser ortogonal à rodovia (Figura 23) ou oblíqua (Figura 24), com seus respectivos raios de giro, favorecendo o movimento de veículos para um determinado sentido de tráfego.

No caso de acessos a rodovias com **alto volume de tráfego**, deverá ser projetado um acesso com faixa exclusiva de entrada à rodovia, também chamado de baía de acomodação, separando os fluxos de entrada ao terminal e o fluxo livre da rodovia, como pode ser observado nas Figura 25 e Figura 26; sendo a Figura 25, um caso típico onde o maior volume veicular é em um só sentido da via, e a Figura 26, exemplifica o caso em que o volume veicular é mais elevado nos dois sentidos da via.

Em casos onde o terminal marítimo encontra-se em áreas muito adensadas e áreas centrais de grandes centros urbanos, deverá ser projetada uma via de acesso separada da via principal, porém, com a existência de uma interseção em nível, como mostra a Figura 27. Pode-se também construir uma interseção em desnível (viaduto) da rodovia com a via de acesso, para melhorar o fluxo veicular de acesso ao terminal. Porém, essa medida deverá ser adotada somente em casos mais

problemáticos em termos de capacidade viária, uma vez que essa é a solução que exige maiores aportes de recursos financeiros.

Por fim, sempre que possível, deverão ser previstas opções alternativas de entradas e saídas de veículos no terminal, de forma que a operação não seja paralisada, em caso de acidentes ou obras nas vias de acesso.

b) ELEMENTOS DE CONTROLE DO SISTEMA RODOVIÁRIO

Como elementos que constituem o sistema rodoviário, Lima (1988) destaca a portaria e os postos de pesagem como os principais, no entanto, podem existir outros como: postos de fiscalização e amostragem de carga, entre outros.

A portaria tem como função o controle de entrada e saída de veículos e pessoas, além de contribuir para a segurança.

Podem-se destacar as seguintes atividades que, usualmente, ocorrem em uma portaria:

- Vistoria de cargas;
- Verificação e emissão de documentos necessários para o transporte;
- Registro de informações no sistema;
- Direcionamento dos veículos aos seus respectivos destinos.

De acordo com a Unctad (1985), o número de portões de acesso deve ser minimizado e um rigoroso sistema de passagem pelo portão deve ser imposto.

A balança, por outro lado, tem por finalidade apurar o peso dos veículos com os seguintes objetivos:

- Constatar o recebimento da carga informada;
- Averiguar se o total transportado não ultrapassou os limites legais permitidos;
- Informar ao sistema o total transportado.

Devido à possível formação de filas nesses elementos, é necessário a previsão e o dimensionamento de áreas de estacionamento próximas a estes locais. A escolha dessas áreas deve ser precedida de uma análise econômica, pois, dependendo do seu tamanho, é economicamente viável a duplicação dos elementos que constituem o sistema (balança, portaria, entre outros) (LIMA, 1988).

O mesmo autor dimensiona, através da teoria de filas, a capacidade de atendimento de postos de pesagem em função do tamanho médio da fila e da área necessária, nas seguintes condições:

- Quando um único posto atende, tanto os veículos que chegam, como os que saem do sistema;
- Quando existem 2 postos e cada um atende apenas um sentido;
- Quando existem 2 postos que atendem indiferentemente os 2 sistemas.

c) ÁREAS DE CIRCULAÇÃO E MANOBRA RODOVIÁRIA

Mass (2001) explica que as áreas de circulação e manobra são as interfaces entre os diversos componentes do setor rodoviário, principalmente, entre as plataformas de carga e descarga e, o estacionamento de veículos.

Devido à sua importância, devem possuir um arranjo interno de pistas que favoreça a fluidez dos veículos no terminal, de modo a não comprometer o desempenho do sistema.

O dimensionamento dessas vias, ou seja, a quantidade de pistas necessárias no terminal deve levar em consideração **os fluxos de veículos diários**. Por sua vez, **as características das vias** (largura, declividade, etc) são definidas com base no projeto geométrico viário, que leva em consideração os fluxos viários e as características dos veículos que circularão no terminal.

A Figura 28 exemplifica diversos tipos de manobras que são adotadas por veículos de grande porte, em um terminal, conforme suas características geométricas.

Figura 28: Diversos tipos de manobras veicular adotadas em um Terminal Marítimo.
Fonte: Mass (2001)

O detalhamento da Figura 28 é realizado a seguir:

- O primeiro exemplo, observado no canto superior esquerdo, mostra a necessidade de um espaçamento mínimo entre veículo e construção;
- O segundo caso, no centro superior, evidencia a necessidade de um “chanfro”, isto é, um alargamento da via próximo a uma curva de raio fechado, para que o veículo tenha um raio de giro mínimo;
- O terceiro modelo, localizado no canto superior direito, demonstra a largura mínima que uma via deverá possuir, para que um veículo faça manobra de retorno, neste caso, um veículo de 10 m de comprimento;
- O quarto exemplo, encontrado no canto inferior esquerdo, mostra que em bifurcações em “T” é necessária a adoção de medidas mínimas para que seja possível realizar os movimentos de acesso, regresso e retorno;
- O quinto modelo, observado no centro inferior, demonstra quais as medidas mínimas de largura e comprimento para executar os mesmos movimentos, porém, em interseções de duas vias, formando ângulo de 90° entre elas;

- O sexto caso, localizado no canto inferior direito, evidencia as medidas mínimas de largura de vias para se efetuar os mesmos movimentos em uma interseção em “Y”.

d) ESTACIONAMENTO RODOVIÁRIO

As áreas de estacionamento têm a função de comportar os veículos que esperam um atendimento devido aos períodos de picos no terminal. Dessa forma, contribuem para que estes não atrapalhem o andamento das operações.

Sua existência, de acordo com Mass (2001), está condicionada ao arranjo físico e ao fluxo de veículos no terminal, podendo existir em áreas de:

- Concentração de veículos;
- Posicionamento de veículos e;
- Recepção e Expedição de veículos.

Lima (1988) demonstra os diversos tipos de estacionamento (Figura 29) e dimensiona a área necessária para diversos tipos de configuração.

Figura 29: Diversos tipos de configurações de estacionamento em um Terminal marítimo.
Fonte: Lima (1988)

Ao se analisar a Figura 29 percebe-se que a configuração de estacionamento que apresenta a melhor relação entre quantidade de veículos por área necessária é a configuração D. No entanto, é importante salientar que a maioria dos terminais

marítimos brasileiros possui sérios problemas com relação ao espaço físico, portanto, essa opção dificilmente seria aplicável. Isso porque, ao considerar o comprimento de um veículo típico que circula em um terminal marítimo de 24 m, seria necessário pelo menos algo em torno de 60 m de largura (24 m de um lado do estacionamento e 24 m do outro, mais 12 m de circulação e manobra) no estacionamento para comportar estes veículos nos dois lados. Com isto, percebe-se que para cada terminal em específico deve-se analisar qual a configuração de estacionamento mais indicada, pois não existe uma regra estabelecida para tal, já que esta configuração indicada dependerá da área útil disponível e dos veículos que circulam no terminal.

Além disso, é importante salientar que devem ser previstos nos estacionamentos, áreas que permitam todo tipo de movimento do veículo sem ocasionar interferências nas operações do terminal, respeitando, portanto, seus raios mínimos de giro, conforme é ilustrado na Figura 30.

Figura 30: Possíveis Movimentos realizados por um veículo para a entrada/saída de uma área de carregamento/descarga.

Fonte: Turning vehicle templates: Instruction Manual (1987)

A Figura 30 demonstra uma típica área de carga e descarga de um terminal e suas respectivas manobras. Ao se dimensionar o número de postos/áreas de carga/descarga e suas localizações, deverão ser analisados também seus raios de giro e suas interferências no tráfego de passagem das vias internas, estabelecendo, assim, uma geometria viária que não cause problemas a outros veículos em circulação ou estacionados.

Ademais, em lugares onde o espaço para o estacionamento é limitado, a Unctad (1985) recomenda a implantação de uma central de agendamentos ou um centro de informação de movimentos de veículos, visando a melhoria da coordenação dos fluxos dos veículos no terminal, inclusive concedendo prioridade de entrada na área onde os navios estão ancorados aos caminhões que chegarem no período agendado.

e) CARGA E DESCARGA RODOVIÁRIA

O carregamento ou descarregamento pode ser realizado ao nível do solo ou em plataformas (baias). A função da plataforma é possibilitar a movimentação de carga num mesmo nível e sua escolha deve ser pautada no método e nos equipamentos de movimentação a serem utilizados. (LIMA, 1988).

De acordo com a UNCTAD (1985), quando o processo de carregamento e descarga é realizado em plataformas, um número suficiente deve ser previsto para conseguir armazenar todos os produtos, mesmo em picos de fluxo de mercadorias. Além disso, as baias devem ser adaptáveis a condições futuras.

A Figura 31 apresenta diversas configurações para a realização da carga e descarga. Cada uma delas visa atender a um determinado arranjo operacional, influenciado pela área disponível, veículo de projeto, tipo de carga, método e equipamentos de movimentação a serem utilizados.

Figura 31: Diversas Configurações para o carregamento/descarga de um veículo rodoviário.
Fonte: Lima (1988)

Ainda segundo Lima (1988), indiferentemente do local, o processo de carga / descarga está associado a três tempos:

1. Manobra do veículo: em função do arranjo físico do local;
2. Arrumação da carga: em função do veículo e da carga;
3. Transferência da carga: em função do veículo, equipamento e método de movimentação utilizado.

Como o tempo de manobra e arrumação de carga é normalmente menor que o de transferência de carga, Lima (1988) ao dimensionar o número de postos de atendimento, fixa os tempos de manobra e arrumação, não importando a configuração, e modifica apenas os tempos de transferência de carga.

3.2.4.2. SUBSISTEMA FERROVIÁRIO

O sistema ferroviário é responsável pela recepção, expedição, composição, formação e manobras internas necessárias para a operação ferroviária.

De acordo com Neto (1986), esse sistema é complexo e envolve vários subsistemas e componentes. Dessa forma, quando colocado sob a ótica do enfoque sistêmico, pode ser decomposto em cinco subsistemas: acesso e egresso, elementos de controle, circulação e manobras, pátio, e carga e descarga. Tais subsistemas são descritos a seguir.

a) ACESSO E EGRESSO FERROVIÁRIO

O acesso do modal ferroviário ao terminal marítimo é constituído por linhas férreas normalmente do tipo singelas (linhas únicas, destinadas à circulação de trens nos dois sentidos), devido ao seu menor custo de implantação, quando comparada com as linhas duplas.

Dependendo do fluxo de chegada no terminal, os trens que chegam através da via principal poderão adentrar-se no pátio ferroviário através da mesma ou serem desviados para uma linha ou feixe específico de recepção, cuja principal função é de receber e acomodar os trens que chegam, atuando como elemento regulador do tráfego entre terminal e linha principal.

A configuração adequada da linha de recepção deve proporcionar um número suficiente de linhas a fim de não ocasionar o congestionamento e atrasos nas operações ferroviárias e do terminal. Além disso, o seu comprimento deve ser compatível com o trem padrão, de forma que não fique uma parte do trem na linha principal (PEREIRA, 2001).

A linha de expedição, por sua vez, tem o objetivo de preparar e acomodar os trens que partirão do terminal, permitindo que a partida, após a conclusão das operações, seja rápida e sem atrasos.

Rives, Mendes, Puente (1980) apresenta, diversas técnicas para o dimensionamento do número de vias de recepção e expedição, sendo estas em função do intervalo de

circulação dos trens, da carga de trabalho e dos dados estatísticos, baseando-se na teoria de filas, simulação e, através de métodos gráficos.

b) ELEMENTOS DE CONTROLE DO SISTEMA FERROVIÁRIO

Segundo Mass (2001), o componente de uma via férrea tem pouca flexibilidade em relação a sua configuração, e, portanto resume-se apenas ao número de vias de acesso e egresso ao terminal.

Lima (1988) destaca a balança de pesagem como o elemento de controle mais comum do sistema ferroviário.

c) CIRCULAÇÃO INTERNA E MANOBRA FERROVIÁRIA

A movimentação das composições ferroviárias na linha férrea só pode ser efetuada em um único sentido, sendo, portanto, necessárias formas ou condições para a execução das manobras internas. Lima (1988) demonstra algumas dessas formas como a pêra ferroviária e o posicionador de vagões, conforme ilustra a Figura 32.

Figura 32: Formas de manobras ferroviárias.
Fonte: Lima (1988)

Podem-se destacar, ainda, dois elementos importantes, tanto para circulação quanto para manobras: as vias concorrentes e os aparelhos de mudança de vias.

As vias concorrentes, como ilustra a Figura 33, além de possibilitar uma maior flexibilidade na circulação das composições ferroviárias, permitem distribuí-las entre

as vias, de forma que a operação no terminal não pare por problemas de congestionamentos ferroviários.

Figura 33: Exemplificação de vias concorrentes.

Já os aparelhos de mudanças de vias permitem ao trem alternar entre vias, podendo, com isso, trafegar pelas vias principais e vias concorrentes, dando maior flexibilidade nas manobras e circulação do trem (Figura 34).

Figura 34: Aparelho de mudança de vias.
Fonte: Porto (2004)

d) PÁTIOS FERROVIÁRIOS

Segundo Ravara (2005), os pátios ferroviários concentram as atividades de apoio às viagens ferroviárias, como por exemplo, a formação das composições, manobras

auxiliares, abastecimento das locomotivas, manutenções em vagões e locomotivas, emissão do despacho documental das mercadorias, troca de equipagem (tripulação das composições).

Acerca das áreas existentes em um pátio ferroviário, Rives, Mendes, Puente (1980) cita como principais:

- Recepção e expedição: Grupos de vias designadas para a recepção e expedição dos vagões ferroviários. Eles devem estar conectados com as vias principais de circulação.
- Estacionamento: Destinado exclusivamente para o estacionamento de vagões carregados e vazios.
- Formação (composição e decomposição): Tem como função, agregar e desagregar os vagões, sendo necessários para isso dois tipos de manobras: ordenação e posicionamento.
 - A ordenação dos vagões só é necessária em terminais que fazem a individualização dos vagões e, quando há a existência de um determinado nível de tráfego.
 - O posicionamento dos vagões para o carregamento e descarga só deve existir, se houver uma necessidade de diminuir os tempos mortos de operações que, segundo o autor, acontecem, normalmente, em terminais com alto fluxo.
- Carregamento e descarga: Local onde são realizados o carregamento e descarga das composições.

A Figura 35 demonstra a composição de um típico pátio ferroviário.

Figura 35: Concepção de um pátio ferroviário.
Fonte: Lima (1988)

e) CARGA E DESCARGA FERROVIÁRIA

De acordo com Lima (1988) a carga e descarga ferroviária podem ser realizadas através de três maneiras distintas:

- Transferência ao Nível do Solo (Figura 36);
- Transferência em Plataforma Elevada Unilateral (Figura 37); e,
- Transferência em Plataforma Elevada Bilateral (Figura 38).

Figura 36: Carregamento/Descarga em nível de solo.

Fonte: Lima (1988)

Figura 37: Carregamento/Descarga ferroviário em Plataforma Elevada Unilateral.

Fonte: Lima (1988)

Figura 38: Carregamento/Descarga ferroviário em Plataforma Elevada Bilateral.

Fonte: Lima (1988)

O autor, ainda apresenta algumas formulações matemáticas que podem ser utilizadas para definir o número de pontos de carga e descarga.

3.2.4.3. SUBSISTEMA ACESSO MARÍTIMO

O subsistema acesso Marítimo é responsável pelas atividades, desde a chegada dos navios até o momento que ele fica disponível para o transbordo.

Botter (1985) agrupa os elementos que compõem esse sistema em 2 grupos:

1. Físicos: Relacionados com a infra-estrutura necessária para a chegada e atracação de navio, como o canal de acesso, a baía de evolução e fundeamento e os berços de atracação, denominado nesse estudo de estrutura de atracação.
2. Operacionais: Envolvem as atividades prestadas durante esse processo, como, por exemplo, os serviços de rebocagem e de atracação do navio.

Tais elementos são apresentados com melhor detalhamento na seção a seguir.

a) CANAL DE ACESSO MARÍTIMO

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2006, p. 107) o canal de acesso “é o que permite o tráfego das embarcações desde a barra (local que demarca a entrada do porto e a partir de onde se torna necessário uma adequada condição de sinalização) até as instalações de acostagem ou vice-versa”.

Podem ser classificados em externos (expostos à ação da agitação ondulatória) e internos, protegidos das ondas.

No que diz respeito ao fluxo no canal, este pode ser unidirecional ou bidirecional, conforme demonstra a Figura 39

Figura 39: Tipo de fluxos em um canal de acesso marítimo.
Fonte: Lima (1988)

Para canais **unidirecionais**, a Unctad (1985) recomenda que a largura deverá ser suficiente para permitir os movimentos que os navios realizam, adicionando-se, para isto, uma certa margem de segurança. Além disso, a largura do canal dependerá, particularmente, das condições ambientais da região e da intensidade do tráfego.

Já para canais **bidirecionais**, é recomendado que seja feita uma distinção entre os tipos de navios. Se o tráfego bi-direcional for aplicado à utilização de embarcações maiores, o aumento em relação ao canal de fluxo unidirecional deve ter uma compensação de 3 a 5 vezes a dimensão da boca destes navios.

A Tabela 10 por sua vez, demonstra os fatores que influenciam na largura requerida do canal na visão de Alfredini (2005).

Tabela 10: Fatores que influenciam na largura requerida de um canal.

Largura Requerida do Canal	
Fator 1	Manobrabilidade
Fator 2	Velocidade do Navio
Fator 3	Ventos transversais prevaescentes
Fator 4	Correntes transversais prevaescentes
Fator 5	Correntes longitudinais prevaescentes
Fator 6	Altura significativa (H_s) e comprimento de onda (L)
Fator 7	Auxílios à navegação
Fator 8	Superfície de fundo
Fator 9	Profundidade da via navegável
Fator 10	Nível de periculosidade da carga
Fator 11	Intensidade do tráfego
Fator 12	Largura adicional devido à folga com a margem
Fator 13	Largura de passagem para canais de mão dupla

Fonte: Alfredini (2005)

No que tange ao layout do canal de acesso, este é ditado pela topografia da região e outras condições locais. Somado a isto, a Unctad (1988) recomenda que o canal deva apresentar a menor curvatura possível, tendo um raio de, pelo menos, 10 vezes o comprimento dos navios. Além disso, as curvas devem ser evitadas nas proximidades de entrada do porto, já que esse ponto apresenta outras dificuldades de manobras.

b) BAÍA DE EVOLUÇÃO E FUNDEAMENTO

A baía de evolução é a área destinada para a realização de manobras necessárias para a atracação dos navios e, quando necessário, para abrigar as embarcações que aguardam para atracar. Portanto, devem estar protegidas de ondas fortes, correntes, ventos e possíveis obstruções.

Segundo Alfredini (2005) a dimensão da baía de evolução pode variar entre uma área circular, cujo diâmetro é quatro vezes o comprimento da embarcação projeto ou uma que ofereça maior dificuldade de giro, correspondendo a duas vezes o comprimento da embarcação, proporcionando dessa forma, um tempo maior para a atracação do navio e maiores quantidades de recursos e assistência de empurradores.

Na visão da Unctad (1988) a área necessária de manobra varia de acordo com o tipo do navio. Assim, para porta-contêineres, que possuem pequenas capacidades de manobras, é recomendado um diâmetro de 6 a 8 vezes o comprimento do navio, enquanto petroleiros e graneleiros, 3 a 4 vezes.

Já a área de fundeamento, de acordo com Botter (1985) pode variar com o método utilizado. Quando empregado bóia, é recomendado um raio correspondente ao comprimento do navio mais 25 metros e quando utilizado âncoras, uma área de raio igual ao comprimento do navio mais seis vezes o seu pontal.

c) SERVIÇO DE REBOCAGEM E PRATICAGEM

Os serviços de rebocagem são utilizados como apoio para auxiliar na atracação e desatracação dos navios e são escolhidos com base no porte da embarcação. As normas para emprego de rebocadores são estabelecidas pelas “Normas e Procedimentos das Capitania dos Portos” e variam de capitania para capitania.

Já os serviços de praticagem são regidos pela NORMAM 12 “Serviços de Praticagem”. De acordo com a mesma, estes serviços são obrigatórios nas áreas denominados “Zonas de Praticagem”; que, devido às peculiaridades locais, exigem a experiência e o conhecimento da região, por parte de um Serviço de Praticagem. A Tabela 11, traz as circunstâncias onde é estabelecida a obrigatoriedade ou não, da contratação destes serviços.

Tabela 11: Regras de utilização de um serviço de Praticagem.

ARQUEAÇÃO BRUTA	TIPO DE NAVIO	ÁREA	BRASILEIRA	BANDEIRA ESTRANGEIRA
				O(**) (exceto as embarcações de apoio marítimo contratadas por empresa brasileira que tenha sua sede e administração no país, desde que comandadas por marítimos brasileiros de categoria igual ou superior a 1º Of de Náutica, ou de posto compatível com o porte do navio)
até 2000	qualquer tipo	qualquer	F(*)	
	Petroleiros, navios que transportam produtos químicos perigosos a granel e navios que transportam gases liquefeitos a granel, desde que carregados ou descarregados e não desgaseificados	Zonas de Praticagem Obrigatórias exceto trechos listados no ANEXO 4-E da Norman 12	O	O
acima de 2000	demais tipos	Rio Guaíba, Lagoa dos Patos e da Bacia Amazônica, constituídas de todas as suas hidrovias e portos, abrangendo os rios tributários e confluente dos rios Amazonas e Solimões, em território nacional	O (exceto embarcação empregada na pesca)	O
		Portos e terminais das ZPObrigatórias (ANEXO 4-D da Norman 12)	O	O
		Trechos facultativos de ZP obrigatórias (ANEXO 4-E da Norman 12)	F	F

(*) Embarcações com praticagem facultativa deverão obrigatoriamente comunicar suas movimentações dentro de ZP às Estações Coordenadoras destas (ver item 0404).

(**) As embarcações de bandeira peruana, de acordo com o preconizado no item 0407.

Legenda: F - FACULTATIVO
O - OBRIGATÓRIO

Fonte: Normas da Autoridade Marítima Brasileira para o serviço de praticagem – Norman 12 (2008)

d) ESTRUTURA DE ATRACAÇÃO MARÍTIMA

As estruturas de atracação marítima mais conhecidas são píer e o cais. A Pesquisa Aquaviária CNT (2006) define o píer sendo: “uma espécie de infraestrutura portuária que se projeta dentro do mar e, oferece atracação para os navios, em suas laterais”, como ilustra a Figura 40.

Figura 40: Estrutura de atracação marítima – Pier.
Fonte: Google Earth (2008).

Por sua vez, pode-se definir um cais como uma plataforma em parte da margem de um rio ou porto de mar em que atracam os navios e se faz o embarque ou desembarque de pessoas ou mercadorias (ANTAQ, 2008), conforme demonstrado na Figura 41.

Figura 41: Estrutura de atracação marítima – Cais.

Fonte: <http://img141.imageshack.us/img141/6558/img7764qf3.jpg> (2008)

É importante ressaltar que embora o conceito berço seja usualmente confundido como uma estrutura de atracação, ele é apenas um espaço destinado ao navio em um cais ou píer.

No que tange as formas de atracação, a *Globalsecurity* (2008) sintetiza diversas configurações (Figura 42) e compara as vantagens e desvantagens de cada uma.

Figura 42: Diversas configurações de atracação.
Baseado em Globalsecurity (2008).

As especificidades de cada exemplo serão descritos, a seguir:

- **Cais paralelo à costa** (ilustrado pelo exemplo 1, Figura 42). Portos com atracação em cais são geralmente utilizados quando o calado necessário não é grande. Têm como vantagens: a estabilidade e capacidade estrutural para suportar a carga, além do fácil acesso terrestre. Porém, têm como desvantagens: a necessidade de aterros e dragagens para sua implantação e, seu metro linear disponível para ancoragem restrito pelo comprimento linear do cais.
- **Cais offshore** (exemplo 8 e 9): Um ancoradouro *offshore* é localizado afastado da costa, mas, ainda sim, paralelo a ela, com pontes fazendo ligação com a terra, ou, até mesmo, com dutos e esteiras, no caso dos granéis.

Tem o objetivo de possibilitar a ancoragem de navios de grande calado, sem a necessidade de dragagem. Pode ser do tipo U ou T, como mostrado nos exemplos 8 e 9. As vantagens do ancoradouro *offshore* são: a grande profundidade obtida sem dragagem, e a vantagem econômica em costas rochosas e irregulares. Porém, tem como desvantagens: os possíveis problemas de tráfego nas vias de acesso e, a dificuldade estrutural de se construir o cais *offshore*.

- **Píers perpendiculares** (exemplo 3, 4 e 6): São muito utilizados nos portos comerciais e, proporcionam espaços para berço perpendiculares à costa. Deve ser longo o bastante para acomodar os navios e, suficientemente largos, para prover um espaço de trabalho satisfatório para os equipamentos de carga e o tráfego de veículos. Além disso, o atracadouro deve prover profundidade e espaço suficiente, entre dois navios atracados, para embarcações e para equipamento flutuante de suporte portuário.

A grande vantagem desse sistema é oferecer mais metro linear de berço, para um dado comprimento de costa. Mas apresenta como desvantagem o denso tráfego de embarcações causado pelo espaço limitado entre píers e a restrição de espaço navegado quando localizado em canais estreitos.

- **Píers Quadrados** (exemplo 2): Possui acomodação em ambos os lados e na face, além de ser sustentado tanto por estaqueamento, quanto por material sólido. Tem como vantagens: a estabilidade e capacidade estrutural oferecidas pela construção com material sólido, a acessibilidade terrestre e o

ancoradouro em ambas as faces. Já as desvantagens, são: a grande necessidade de aterramento e dragagem, com grande mudança no meio ambiente.

- **Píers angulados** (exemplo 5 e 7): Fornecem berços para atracação ao longo da costa, mas, não são construídos com um ângulo de 90°. São muito utilizados onde, correntes e ventos constantes de grande intensidade iriam impossibilitar o uso de píers perpendiculares ou; também, onde o canal de acesso não é largo o suficiente para o píer perpendicular ou para o navio fazer as manobras necessárias para ancorar no cais perpendicular.

Tem como desvantagem a maior dificuldade de construção e a necessidade de maior espaço, quando comparada ao píer perpendicular; além disso, caso ocorram correntes e ventos anormais, o uso de rebocadores é crítico.

- **Finger-Pier** (Exemplo 10): Diferencia-se pelo acesso terrestre mais estreito que a área de trabalho. Muito utilizado com estruturas flutuantes, possibilita a ancoragem em locais onde há grandes variações de marés. Porém, o acesso estreito pode causar congestionamento dos processos de carga e descarga; além disso, no caso do píer flutuante, há, também, a possibilidade de não se obter estabilidade suficiente para a ancoragem, necessitando-se, assim de amarras especiais.

No que diz respeito ao local e posicionamento do cais para o carregamento e descarga, o *Wastewater treatment system design augmenting handbook* (1997) recomenda que sejam considerados os seguintes fatores: comprimento de cais necessário, manobrabilidade, ondas e correntes predominantes, calado de projeto, restrições ambientais, leis portuárias e acesso terrestre.

Além disso, o autor aconselha direcionar os berços de forma que os navios atracados fiquem orientados na direção das correntes e ventos predominantes, assim como, em áreas expostas a ondulações, os berços devem ser norteados de forma que os navios atracados recebam as ondas de frente.

3.2.4.4. SUBSISTEMA ARMAZENAGEM

Como citado anteriormente, o subsistema **armazenagem** corresponde às infra-estruturas e instalações necessárias para armazenagem da carga.

Uma das suas funções é permitir a transferência das cargas entre modos de transporte, dessa forma, as cargas devem permanecer no terminal o menor tempo possível aguardando somente a formação do lote ou a chegada de veículos (MASS,2001).

Existem inúmeros tamanhos e formas de armazenagem. A Figura 43 sintetiza algumas para os tipos de carga: granel sólido de alta densidade, granel sólido de baixa densidade e granel líquido.

Figura 43: Exemplo de diversas formas de armazenagem.

Fonte: Lima (1988).

Os tanques podem apresentar uma estrutura de metal ou aço e possuem a capacidade de armazenar grãos líquidos com diferentes características.

Os silos por sua vez, são construções de metal, aço ou concreto armado, dispostas horizontalmente ou verticalmente, destinadas normalmente a armazenar produtos agrícolas. De acordo com Rodrigues (2007), possuem a capacidade de armazenar simultaneamente e separadamente grãos com diferentes granulométricas, graus de umidade, pesos específicos e teores de gordura.

As pilhas de estocagem ou pátios são áreas normalmente pavimentadas e descobertas, com zonas demarcadas, dispondo de vias de acesso definidas para equipamentos de transporte e movimentação horizontal ou empilhadeiras.

No que tange a carga geral, o formato mais conhecido de um armazém é o retangular, no entanto poderão existir outras formas, como ilustra a Figura 44 e Figura 45.

Figura 44: Possíveis Configurações de um armazém de carga geral.
Fonte: Lima (1988).

Figura 45: Possíveis layouts de um armazém de carga geral.
Fonte: Bartholdi e Gue (2003).

Para **armazéns de transferência** (limitam-se apenas a receber e despachar mercadorias, eliminando as atividades de estocagem e separação de pedidos) Ballou (2006) relata que o formato ideal dependerá do número de portas de recebimento e despacho necessárias no sistema.

Rodrigues (2007) demonstra uma formulação matemática para calcular a capacidade estática, dinâmica e área útil de um armazém de carga Geral. Lima (1988) por sua vez, apresenta diretrizes para o dimensionamento de tanques, silos, armazéns graneleiros e pilhas de estocagem.

Ademais, é importante ressaltar que a atividade de armazenamento deve respeitar as **Normas Regulamentadoras**, que regulamentam e fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à saúde e segurança no trabalho.

Entre as diversas NR's, foram identificadas as que estão associadas às atividades de armazenamento, descritas a seguir:

- **NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais:** Estabelece normas de segurança para operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras. O armazenamento de materiais deverá obedecer aos requisitos de segurança para cada tipo de material.
- **NR 12 - Máquinas e Equipamentos:** Estabelece os procedimentos obrigatórios nos locais destinados a máquinas e equipamentos, como piso, áreas de circulação, dispositivos de partida e parada, normas sobre proteção de máquinas e equipamentos, bem como manutenção e operação.
- **NR 17 - Ergonomia:** Visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Destaca-se o levantamento, transporte e descarga individual dos materiais.

3.2.4.5. SUBSISTEMA TRANSBORDO

O subsistema transbordo está relacionando com o processo de transferência de carga do terminal para o navio e vice-versa; assim como para o transporte dessas cargas do terminal até os armazéns ou também em seu sentido inverso (BOTTER, 1984).

Ainda de acordo com o autor, esse subsistema está intimamente relacionado com a chegada de navios, já que a fila é fruto da interação entre as chegadas e o atendimento ao navio.

Por existir uma grande variabilidade de produtos, o processo de transferência de carga pode envolver mão-de-obra especializada, como estiva e capatazia, além de equipamentos portuários ou de bordo do navio.

Lima (1988) estima o tempo de processamento nos elementos de carga e descarga, considerando os seguintes parâmetros: tempos envolvidos em manobras e preparação da operação, capacidade dos equipamentos e método de movimentação de carga utilizado, como demonstra a equação 1.

$$TP = \frac{C_e * X}{E} + t_{oa} \quad (1)$$

onde:

$C_e \rightarrow$	capacidade da embarcação (t)
$X \rightarrow$	percentual de carga desembarcada/embarcada
$E \rightarrow$	capacidade de transferência dos equipamentos utilizados (t/h)
$t_{oa} \rightarrow$	tempos de operação auxiliares com a embarcação (atracação, desatracação, abertura, e fechamento de escotilhas) (h)

Para definir o número de pontos de carga e descarga, o autor utiliza, para um nível de serviço desejado (fila média), a seguinte relação, mostrada na equação 2 e 3:

$$C(N, E) = \frac{\rho * N}{TP} \quad (2) \quad CD = C(N, E) * TO * K_o \quad (3)$$

onde:

$CD \rightarrow$	capacidade de movimentação diária
$C(N, E) \rightarrow$	capacidade de movimentação necessária
$\rho \rightarrow$	índice de congestionamento
$N \rightarrow$	número de ancoradouros para carga/descarga
$K_o \rightarrow$	índice de paralisações operacionais
$TP \rightarrow$	tempo de processamento
$TO \rightarrow$	tempo de operação do setor

Porém, caso não haja empurradores disponíveis, é necessário verificar se o tempo de processamento da embarcação é menor que o intervalo entre manobras (IM). Caso seja, a relação passa a ser a demonstrada na equação 4:

$$N = CD * \frac{IM}{TO} \quad (4)$$

onde:

$CD \rightarrow$	capacidade diária necessária, em embarcações
$N \rightarrow$	número de atracadouros
$IM \rightarrow$	intervalo entre manobras
$TO \rightarrow$	tempo de operações do setor

3.3. SISTEMA AQUAVIÁRIO

O sistema aquaviário está diretamente relacionado aos componentes necessários para o transporte marítimo da carga, sendo estes: a **embarcação** e sua **tripulação**.

A embarcação é classificada de acordo com seu sistema propulsivo, podendo existir embarcações autopropelidas, que possuem meios próprios de locomoção, ou seja, além de possuírem os compartimentos de carga, são dotadas de um ou mais propulsores instalados; e existem, também, embarcações que não possuem um sistema de locomoção próprio, isto é, possuem os compartimentos de carga, mas necessitam de uma segunda embarcação para realizar a sua locomoção. Chatas e barcaças oceânicas são exemplos de embarcações que usualmente não possuem sistema propulsivo e necessitam da segunda embarcação, comumente denominada empurrador. Este, por sua vez, é responsável pelo deslocamento do conjunto, e, para isto, é dotado de sistemas de propulsão, governo e manobra.

Nesse sentido, surge o comboio marítimo, que é um conjunto formado por uma ou mais chatas (Figura 46), ou barcaças oceânicas (Figura 47), acopladas a um empurrador.

Figura 46: Comboio de chatas.

Fonte: http://logisticaetransportes.blogspot.com/2007_03_25_archive.html (2008)

Figura 47: Barcaça e Empurrador.

Fonte: Companhia de Navegação Norsul (2008).

Segundo Pereira (2007), o empurrador deve ser adaptado ao meio em que trafega de modo que garanta a segurança e eficiência da operação. De acordo com o autor, a eficiência do empurrador está relacionada a algumas características físicas, como: dimensões principais e formas de casco e, também, a características operacionais, como, por exemplo, dos sistemas de propulsão e governo.

Acerca da propulsão, os sistemas tanto para embarcações autopropelidas como para empurradores podem ser de diferentes tipos. De acordo com Pereira (2007), dentre os mais utilizados, citam-se, os seguintes: o sistema convencional a diesel, que necessita de sistemas mecânicos de redução de rotação, o sistema diesel-elétrico, onde subsistemas elétrico-eletrônicos regulam a rotação produzida pelo

motor a diesel; e, o sistema azimuthal, composto por propulsores independentes que podem girar completamente e, proporcionar melhor manobrabilidade e, também, menor tempo de parada à embarcação.

No que tange às barcas, estas também existem de diferentes especificações e, podem ser projetadas para um fim exclusivo, a fim de proporcionar maior produtividade a uma única operação pré-determinada; ou, podem ser genéricas, com o intuito de abranger um maior número de operações, reduzindo-se, assim, um pouco, sua produtividade em uma operação específica. Da Figura 48 à Figura 51, mostram-se alguns exemplos de seção transversal de meia-nau, de barcas existentes.

A Figura 48 apresenta a barca tanque, utilizada para o transporte de granel líquido, contêineres, entre outros.

Figura 48: Barcaça tipo *flat deck*.
Fonte: Silva (2006)

Na Figura 49, está presente um tipo de barcaça que pode ser utilizado para o transporte de cargas secas, como: contêineres, areias, grãos sólidos, cargas gerais, e outros.

Figura 49: Barcaça tipo *drop deck*.
Fonte: Silva (2006)

A Figura 50 traz um tipo de barça, que pode ser utilizado para o transporte de grãos líquidos nos porões e, cargas secas no convés, como, por exemplo, o granel em pó.

Figura 50: Barça tipo deck house.
Fonte: Silva (2006)

Já a Figura 51, mostra um tipo de barça, para o transporte de carga seca, podendo conter grãos ou carga geral.

Figura 51: Barça tipo hopper.
Fonte: Silva (2006).

De acordo com Amorim (2005), o acoplamento do empurrador à barça ou ao conjunto de barças pode ser realizado de duas maneiras: por cabos ou por sistemas mecânicos. A primeira, mais antiga, demanda mais tripulação, por necessitar de muito esforço humano nas operações de acoplamento e desacoplamento. Já a acoplagem por sistemas mecânicos, que se utiliza de pinos para fixação, e pode ser articulada ou rígida, tem um custo de construção mais alto, porém, requer menos esforço humano e, conseqüentemente, menos tripulação. Isso porque, conta com sistemas de cilindros hidráulicos para a realização das operações

de acoplamento e desacoplamento. Em relação aos tipos de acoplamento, o acoplamento rígido proporciona mais velocidade média ao conjunto para grandes distâncias, e, geralmente, é utilizado nesses casos, enquanto o articulado é usualmente alocado para menores trajetos.

Ao comparar comboios com embarcações autopropelidas, Allan (2006), mostra que estas levam vantagem em alguns aspectos, como: menor resistência ao avanço, maior eficiência propulsiva, maior velocidade para a mesma potência instalada, possibilidade de instalação de lemes maiores, menor susceptibilidade a fatores climáticos e, maior facilidade para realização de manutenções. No entanto, os comboios são muito mais flexíveis em relação à propulsão, pois, dependem apenas do empurrador para isto e, à operação em si, porque, um único empurrador, pode atuar com múltiplas barcas. Ademais, a favor dos comboios está, também, principalmente, o fato de poder contar com uma tripulação reduzida. De acordo com o autor, para uma mesma capacidade de transporte, onde um comboio necessita de quatro tripulantes (EUA E CANADÁ), o autopropelido precisa de oito ou nove pessoas, e isto se reflete diretamente nos custos operacionais de cada opção. O mesmo acontece com o Brasil, onde a Norman 1 estabelece que comboios marítimos necessitam de um número menor de tripulantes em relação a embarcações autopropelidas. Tal fato é evidenciado pela Companhia de Navegação Norsul (2008), ao relatar que o sistema da Aracruz Celulose opera com apenas 8 tripulantes, enquanto os navios convencionais requerem 26.

Flanagan (2005), também realizou estudos comparativos entre os tipos de embarcações e, concluiu que, os custos operacionais diários de um autopropelido, podem chegar até ao dobro dos custos de um comboio de mesma capacidade de transporte, acarretando, por fim, em um retorno mais lento do capital investido.

Além destas informações, para realizar a escolha das embarcações, Silva (2001) destaca que, devem ser consideradas as necessidades de cada operador, em particular. De um modo geral, para a aquisição de uma embarcação, o autor destaca 2 possibilidades:

1. **Já existentes no mercado que são destinadas à operação desejada, sendo novas ou já em operação:** As vantagens deste processo estão na aquisição mais rápida das embarcações e maior facilidade na obtenção de indicadores operacionais para uma prévia avaliação do sistema. No entanto, provavelmente, se farão necessários ajustes que encarecerão ou até

inviabilizarão a operação. Além disso, no caso de embarcações que já operam, a vida útil restante é reduzida e a tecnologia, provavelmente, obsoleta.

2. **O desenvolvimento de projetos exclusivos, específicos para a operação, tem como vantagens:** A ideal adaptação ao percurso e suas limitações, maior vida útil e maior tempo entre troca de embarcações. Os principais limitantes desse tipo de escolha são: o tempo demandado para projeto, construção e testes, além dos custos, que, geralmente, são mais elevados que os de projetos já existentes.

Hoorn (2005), explica que se faz difícil uma comparação geral entre as opções de embarcações, pois, são muitos os pontos a serem avaliados, como, por exemplo: a capacidade de carga demandada, o tempo em trânsito admissível, o custo operacional viável, entre outros; e, cada um dos tipos de embarcação possui pontos fortes e fracos em relação a cada aspecto. Além disso, seu estudo mostra que tanto comboios, como embarcações autopropelidas, são soluções viáveis para a maioria dos problemas, e que a escolha deve ser baseada no escopo e nas necessidades do trabalho em questão.

Antes de efetuar a escolha, então, o operador deve verificar a viabilidade e funcionalidade da embarcação através de estudos econômicos e operacionais, visando à escolha da melhor alternativa para cada problema em particular.

4. FATORES CRÍTICOS PARA UM PROJETO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL

O capítulo quatro aborda os fatores críticos para a cabotagem industrial no Brasil, trazendo uma descrição detalhada de cada um destes, e, por fim, a aplicação e análises destes em um sistema de transporte de toras por cabotagem industrial no Brasil.

4.1. FATORES CRÍTICOS DA CABOTAGEM INDUSTRIAL

Mediante a consolidação das entrevistas realizadas com as empresas praticantes da cabotagem industrial no Brasil e com base na revisão bibliográfica apresentada na seção 3 do presente trabalho, concluem-se sete fatores condicionantes para um projeto de um sistema de cabotagem industrial, os quais são listados abaixo:

1. Fluxo de Carga Constante;
2. Rede de Transporte;
3. Embarcações
4. Terminais Marítimos Privativos;
5. Aspectos organizacionais, regulatórios e ambientais;
6. Dimensionamento da frota;
7. Indicadores de gestão de transporte;

A seguir, são detalhados cada um destes fatores condicionantes, e, para tanto, parte-se inicialmente de um sistema de cabotagem industrial padrão, no qual as embarcações operam em um circuito fechado, trafegando apenas entre dois portos e com tempo de parada do empurrador reduzido, visto que o mesmo, ao chegar ao terminal, apenas desacopla a barça que traz consigo para acoplar outra que está em processo de carga/descarga ou já o finalizou (Figura 52).

Figura 52: Cabotagem Industrial Padrão.

4.1.1. FLUXO DE CARGA

O sistema de cabotagem industrial apresenta custos fixos elevados em terminais e embarcações (empurrador e barça) como uma de suas peculiaridades. Para amenizar este problema, uma das idéias centrais da cabotagem industrial é manter o empurrador em constante operação, impondo uma regularidade ao sistema, visto que sua paralisação acarretaria no aumento dos custos.

Dessa forma, o sistema cabotagem industrial depende de um fluxo de carga constante, não sendo adequado a cenários onde ocorra grande variabilidade de demanda, dado que esta sazonalidade ocasionaria a sub-utilização do conjunto empurrador-barça e dos ativos investidos nos terminais.

4.1.2. REDE DE TRANSPORTE

Uma rede de transporte consiste na integração e gestão de recursos necessários para que se possa efetuar o deslocamento da carga de seu ponto de origem até seu destino final. Nesta rede podem existir um ou mais modos de transporte. Por exemplo, ela pode ser composta apenas pelo modal rodoviário do ponto de início até o destino, ou possuir mais de um modal, com a integração dos diversos meios de transporte que a compõem, assim, pode-se transportar até um determinado trecho

por rodovia, em seguida, ferrovia ou marítimo e por fim rodovia novamente, por exemplo.

No caso da Cabotagem Industrial, a sua adoção deve ser justificada a princípio pelos ganhos econômicos proporcionados pela implementação de uma rede de transporte mista, ou seja, o somatório dos custos totais (do transporte marítimo, ferroviário ou rodoviário, de transferência e movimentação no terminal de embarque e desembarque na fábrica, dos estoques, da construção dos terminais e embarcações) deve compensar os custos da antiga rede de transporte utilizada.

Embora a literatura oriente a aplicação do transporte marítimo para grandes distâncias, foram identificadas empresas praticando a cabotagem industrial de forma economicamente viável para pequenos trechos, inferiores a 300 km, consolidando uma nova perspectiva de utilização para o transporte marítimo.

Isto implica em dizer que não se deve descartar a possibilidade de se realizar a cabotagem industrial para pequenas distâncias, típicas de modal rodoviário, pois, uma análise dos custos totais de implementação e operação desse sistema pode revelar resultados economicamente vantajosos.

4.1.3. EMBARCAÇÕES

As embarcações normalmente representam um dos maiores custos do sistema de cabotagem industrial, e devido às características desse sistema apresentado, de operação em sistema fechado, essas devem ser projetadas de forma a proporcionar uma alta produtividade ao sistema, ou seja, maximizar a capacidade de transporte e minimizar os tempos de paradas, carregamento e descarga, manobras, consumo de combustível e o uso da tripulação, e, para se obter estes pontos desejáveis de operação é necessário que a embarcação esteja constantemente em uso.

Embora as embarcações possam ser classificadas em autopropelidas ou comboios, foi identificado que para a cabotagem industrial só há operações com comboios, o que pode ser explicado devido à maior flexibilidade destes por possuírem menor calado, além disso, destaca-se a menor necessidade de tripulação e menores custos

operacionais diários de um comboio quando comparado a um autopropelido de mesma capacidade.

Ainda assim, frisa-se que devem ser realizados estudos técnicos e econômicos a fim de se obter a melhor configuração de embarcação para um cenário pré-determinado, já que são muitos aspectos a serem levados em consideração, como: demanda projetadas, restrições da via, aspectos operacionais, entre outros.

4.1.4. TERMINAL MARÍTIMO PRIVATIVO

Um terminal marítimo que opera a cabotagem industrial deve ser provido de toda a infra-estrutura necessária para recepcionar a carga, movimentá-la e transferi-la de maneira rápida do próprio terminal para a barcaça, ou da barcaça para o terminal.

Assim, busca-se não impactar os tempos de ciclo da embarcação, evitando, portanto, um descompasso entre empurradores e barcaças, ou seja, um empurrador ao chegar a um terminal deve aguardar o menor tempo possível antes de ser alocado a uma nova viagem.

Desta maneira, de acordo com as entrevistas apresentadas e a seção 3 do presente trabalho, os usuários da cabotagem industrial devem optar **por terminais privativos**, dado que estes proporcionam menores tempos de carregamento e descarga, quando comparados a terminais públicos.

Somado a isto, há nos terminais públicos os problemas do super-dimensionamento de trabalhadores, o que onera os custos deste tipo de terminal, e da qualidade apenas regular dos serviços executados por eles, comprometendo o desempenho operacional do terminal. Tal fato é comprovado pelas entrevistas realizadas com as empresas da cabotagem industrial (seção 2) que atribuíram uma nota média de 4, em uma escala de 0 a 10, à qualidade dos serviços prestados pela mão-de-obra portuária nos terminais que se encontram dentro da área de porto organizado.

Assim, sugere-se que um terminal para cabotagem industrial seja do tipo privativo, por apresentar melhor desempenho operacional, contribuindo para a redução dos tempos totais de ciclo do sistema. Além disso, deve ser projetado buscando-se a minimização dos custos envolvidos, garantindo que a demanda e os níveis de

serviços projetados sejam atendidos e evitando que a sua operação seja paralisada por problemas de *layout*, falta de equipamentos, infra-estrutura, dificuldade de acesso (marítimo, ferroviário e rodoviário), fatores climáticos, entre outros.

4.1.5. ASPECTOS REGULATÓRIOS E AMBIENTAIS

O processo para obtenção das licenças de operação de um terminal privativo, concedidas pela ANTAQ, envolve muita burocracia e depende da aprovação de diversos órgãos públicos como: Marinha do Brasil, Corpo de Bombeiros, Prefeitura, órgãos ambientais, além de monitoramentos da fauna marinha exigidos por diversas ONGs.

Algumas dessas licenças demoram muito para serem obtidas, cerca de dois a três anos (Estadão, 2008), representando assim um obstáculo à implementação e expansão da cabotagem industrial no Brasil. Como exemplo, podem-se citar as licenças ambientais para o terminal em si e para a dragagem, que foram identificadas pelas entrevistas realizadas como entraves e fatores de suma importância a um projeto de cabotagem industrial, dado que uma dragagem de manutenção, por exemplo, deve ser realizada em caráter emergencial, não podendo esperar mais de 24 meses por esta licença.

Deve-se ainda ressaltar a questão da compensação ambiental, ou “imposto verde”. Para alguns, este é um instrumento que tira a competitividade do país, visto que atualmente uma empresa além de arcar com as mitigações ambientais, ou seja, ações que obrigatoriamente são realizadas no entorno do projeto para atenuar seu impacto, como: remoção de animais e plantio de árvores, ainda deve pagar um taxa proporcional ao investimento e não ao dano que o projeto possa causar ao meio ambiente, como é praticado na maioria dos países.

Além disso, pode-se destacar como aspecto regulatório de extrema importância a falta de políticas para o incentivo da cabotagem industrial, por exemplo: o custo do combustível no transporte internacional é isento de impostos, mas na cabotagem não há esta isenção. Não existe uma legislação própria ao transporte de cabotagem

industrial no Brasil, pois, como relatado nas entrevistas, o transporte de cabotagem industrial carece de um procedimento adequado por órgãos do governo.

Desta forma, conclui-se que são fatores críticos e que requerem muita atenção, já que podem encarecer, atrasar e até mesmo inviabilizar o projeto, tanto em fase de implementação como já em operação.

4.1.6. INDICADORES DE GESTÃO DE TRANSPORTE

Dentre as características que o modal marítimo apresenta, duas se sobressaem devido à fragilidade que impõem ao sistema marítimo. A primeira está associada aos grandes volumes transportados. Caso haja algum acidente com a embarcação, o volume que poderá ser perdido é enorme, quando comparado a um caminhão. Em uma das entrevistas, o usuário da cabotagem industrial mencionou um acidente ocorrido, onde se perdeu parte da carga, da ordem de 1500 toneladas, o que corresponderia à carga avariada de cerca de 37 caminhões.

A segunda característica é a falta de flexibilidade na substituição das embarcações. No modal rodoviário a quebra de um caminhão pode ser facilmente suprida com a alocação de outro, já no modal marítimo isto não ocorre. Devido ao alto custo de investimento necessário nas embarcações, elas são dimensionadas de forma a não ficar ociosas, ou seja, na maioria dos casos, não existe uma embarcação reserva. Dessa forma, quando uma embarcação quebra a substituição por outra é improvável e a perda do potencial de transporte é inevitável. Além disso, em muitos casos, não é possível realizar o transporte que iria pelo modal marítimo por caminhões, já que muitos destes seriam necessários, tornando essa operação impraticável.

Essas características demonstram que **o sucesso da cabotagem industrial** não está associado somente ao bom planejamento do sistema, mas também a uma gestão mais apurada, de forma que haja mecanismos de controle que proporcionem uma antecipação a futuros problemas, de modo a evitar ao máximo o atraso do sistema por eventuais quebras e também prevenir qualquer perda de carga, seja por acidentes, mau planejamento ou paradas não planejadas.

As entrevistas identificaram que as empresas estão muito preocupadas com esses aspectos. De acordo com os entrevistados, eles estão sempre levantando dados em relação ao transporte marítimo, estoques, controlando horários e acompanhando as manutenções das embarcações.

4.1.7. DIMENSIONAMENTO DA FROTA

A cabotagem industrial é uma rede de ciclo fechado, onde há um conjunto de atividades de uma frota atendendo a um modal de transporte, que sai de uma origem, passa por um único destino cumprindo sua missão e retorna ao ponto de origem.

O dimensionamento da frota é influenciado por processos de alta aleatoriedade, não determinísticos, o que acarreta em filas que impactam fortemente o tempo de ciclo e conseqüentemente o desempenho global do sistema. Dessa forma, o mau dimensionamento das embarcações acarretaria no aumento dos custos do sistema, devido a possíveis formações de filas, falta de embarcação e conseqüentemente ociosidade nos recursos dos terminais, ou até mesmo subutilização das embarcações devido à sua quantidade em excesso. A seção 5 abordará mais profundamente este assunto.

4.2. OS FATORES CRÍTICOS DA CABOTAGEM INDUSTRIAL NO TRANSPORTE DE TORAS DE MADEIRA NO BRASIL

A seguir, será detalhado o transporte de toras de madeira por cabotagem industrial realizado entre o terminal Luciano Villas Boas Machado, em Caravelas (BA), e o terminal de Portocel, localizado em Aracruz (ES), cuja distância marítima é de aproximadamente 275 km.

4.2.1. O TRANSPORTE DE TORAS DE MADEIRA POR CABOTAGEM INDUSTRIAL

O transporte de toras de madeira é realizado com 4 barçaas e 2 empurradores, e, foi projetado de tal forma que, enquanto um empurrador transporta uma barçaaa cheia, o outro empurrador faz o percurso de volta, transportando uma barçaaa vazia. Durante esse ciclo, uma barçaaa deverá estar em cada terminal, seja carregando ou descarregando.

A Figura 53, ilustra detalhadamente todas as etapas envolvidas no transporte marítimo.

Figura 53: Transporte de toras entre Caravelas e Portocel.

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

De acordo com a Figura 53, a barçaaa carregada sai do terminal de Caravelas, acoplada a um empurrador, e se desloca para o terminal de Portocel a uma velocidade de 22,5 km/h. Em seguida, no terminal de Portocel, o empurrador e a barçaaa esperam para entrar no porto, já que os navios de celulose têm preferência. Uma vez autorizada a entrada, a barçaaa cheia (juntamente com o empurrador),

adentra no terminal com uma velocidade reduzida, e, em seguida, inicia-se o processo de atracação, que consiste no posicionamento da embarcação carregada no berço de espera, no lançamento e amarração dos cabos e no desengate dos pinos que unem a barça ao empurrador.

Finalizado esse processo, o empurrador é desacoplado da barça carregada, e, conforme o número de viagens do empurrador, é efetuado o seu abastecimento em um berço específico, sendo utilizado óleo combustível a cada quatro viagens, e diesel marítimo a cada duas viagens.

Havendo uma barça vazia disponível, o empurrador desloca-se para o berço, onde será realizado o posicionamento da mesma para o posterior acoplamento, liberação e recolhimento dos cabos e por fim, o engate dos pinos. Após todo esse procedimento, a barça vazia estará acoplada ao empurrador e pronta para realizar a viagem com destino ao Terminal, em Caravelas (Figura 54).

Uma vez retirada a barça vazia do berço, a barça carregada, que se encontra localizada no berço de espera, é puxada por cabos, para o berço onde ocorrerá o seu descarregamento. A utilização deste método proporciona uma redução de tempos “mortos” de acoplamento e desacoplamento, já que elimina a necessidade do empurrador deslocar a barça carregada de um berço até outro.

Na saída do terminal de Portocel, o conjunto (barça e empurrador) espera por condições de ventos e ondas e pela vez de saída, uma vez que a preferência no canal de acesso ao terminal é atribuída aos navios de celulose.

Figura 54: Empurrador retirando barcaça vazia do terminal de Portocel.

Fonte: Aracruz (2008)

O ingresso ao terminal de Caravelas é mais complexo do que o do terminal de Portocel. O Canal do Tomba, passagem obrigatória para a entrada no terminal (Figura 55), tem uma profundidade que varia ao longo do ano em função do seu assoreamento entre 3,7 e 5m; enquanto o conjunto empurrador-barcaça necessita de 5 m (4 m de calado + 1 m de segurança) para realizar a navegação. Assim, por vezes a embarcação é obrigada a esperar por maré para cruzar o canal. Além disso, a navegação no canal impõe uma restrição de velocidade, forçando uma redução para aproximadamente 11 km/h.

Figura 55: Canal de Tomba

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

Uma vez no terminal, o processo é semelhante ao que acontece em Portocel, onde é realizada a atracação da barça vazia no berço de espera, o desacoplamento e acoplamento do empurrador (Figura 56), a desatracação do conjunto empurrador e barça carregada, e, o deslocamento da barça vazia do berço de espera para o de carregamento. Durante o cruzamento do canal e as manobras de atracação o conjunto empurrador-barça se vale do sistema de governo complexo, com uso de lemes independentes, hélices de passo variável e *bow thrusters* para garantir sua estabilidade direcional e manobrabilidade. Não é realizado o abastecimento do empurrador no terminal de Caravelas.

Na saída deste terminal, o conjunto (barça e empurrador) espera por condições favoráveis de ventos e ondas, e, por maré.

Figura 56: Empurrador acoplado a barça carregada em Caravelas.

Fonte: Aracruz Celulose (2008)

4.2.2. ANÁLISE DOS FATORES CRÍTICOS APLICADOS AO TRANSPORTE DE MADEIRA EM TORAS

De todos os fatores críticos da cabotagem industrial relacionados na seção 3 deste trabalho, foi identificado pelas entrevistas que o mais problemático no transporte de

madeira é o dimensionamento da operação e do número das embarcações para atender uma demanda projetada. Isto ocorre porque ele é influenciado pelos desempenhos de cada terminal, pelas características da via navegável, como diminuição de calado devido a assoreamentos e por eventos climáticos / marítimos, como: ventos, correntes e marés, fatores esses, não determinísticos.

Assim, caso ocorra algum desvio nesses parâmetros ao longo da operação do sistema, o número de embarcações poderá não ser suficiente para atender a demanda projetada, ocasionando dessa forma, custos maiores ao projeto.

Fatores já observados, como: o assoreamento do canal do Tomba, que trouxe como consequência a espera por maré para a sua travessia, a diferença nos desempenhos dos terminais, ocasionando a quebra dos ciclos das embarcações e por consequência a espera dos empurradores nos terminais e por fim, o aumento do fluxo de embarcações nos terminais, impondo prioridades na entrada / saída do terminal a determinadas embarcações, são fatores de difícil previsão e que **impactam o ciclo das embarcações** e por consequência o seu dimensionamento.

Embora todos estes tempos individuais sejam relativamente pequenos, quando somados, dadas as características do sistema fechado onde estes tempos se acumulam e há diversas atividades paralelas ocorrendo, tornam-se de grande magnitude. Assim, o problema do dimensionamento da frota de embarcações em um ciclo fechado, deve ser abordado de uma forma mais aprofundada, sendo, portanto, abordado no próximo capítulo.

5. MODELO DE SIMULAÇÃO EM UM SISTEMA DE CABOTAGEM INDUSTRIAL OPERANDO EM CICLO FECHADO

Este capítulo descreve o modelo de simulação proposto para analisar os impactos ocasionados por eventos aleatórios em um sistema de cabotagem industrial. Estes eventos de difícil previsão foram descritos no capítulo anterior, e alteram o tempo de ciclo das embarcações e por consequência o dimensionamento do sistema.

5.1. DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo construído representa um sistema de transporte de madeira entre dois terminais, um para carregamento e outro para descarga, com quatro barcas e dois empurradores em operação. Desta forma, enquanto um empurrador transporta uma barca cheia, o outro faz o percurso de volta, transportando uma barca vazia, como ilustra a Figura 57. Paralelamente, as demais barcas, são carregadas / descarregadas nos terminais. A atracação da barca pode ser realizada tanto no berço principal quanto em um auxiliar, quando o primeiro está ocupado. Quando se utiliza o berço auxiliar, a embarcação é “puxada” por cabos para o berço principal, quando este é liberado. Essa flexibilidade proporciona ao empurrador uma redução nos tempos de espera, já que ao atracar a barca no berço auxiliar, o empurrador não precisa esperar acoplado à barca por um berço desocupado.

Figura 57: Resumo do Ciclo marítimo estudado

A Figura 57 resume o ciclo de viagem com todas as restrições e processos descritos. Pode-se observar que foram considerados diversos fatores investigados ao longo do trabalho, que impactam diretamente na capacidade de transporte do sistema e que fazem parte do modelo elaborado, tais como:

- Canal de passagem: Só permite o tráfego simultâneo de embarcações em um mesmo sentido, além de impor severas restrições ao sistema, como:
 - Maré: Devido ao assoreamento deste canal, em alguns momentos, as embarcações necessitam aguardar por maré para que se possa realizar a navegação;
 - Ocupação do canal de passagem por embarcações de terceiros: Por vezes, o conjunto empurrador-barcaça deve esperar pela navegação de outras embarcações no canal;

- Condições de vento e ondas: O conjunto empurrador-barcaça só consegue entrar e sair do terminal se houver condições favoráveis de vento e onda. Do contrário, as embarcações aguardam por tais condições;
- Prioridade na entrada e saída do terminal de carregamento para outras embarcações: O conjunto empurrador-barcaça não possui a preferência na entrada/saída do terminal. Desta forma, havendo uma embarcação com uma prioridade superior, o empurrador-barcaça aguarda pela sua vez;
- Manutenções do empurrador e barcaça: Tanto empurrador como barcaça necessitam docar para a realização das manutenções preventivas e corretivas;
- Abastecimento do empurrador: Para a realização das viagens, o empurrador necessita ser abastecido de óleo combustível e diesel marítimo, sendo este processo realizado apenas no terminal de descarga.

Além disso, buscou-se assegurar no modelo de simulação a capacidade máxima de transporte do sistema marítimo. Para isso, assumiu-se como premissa que outros sistemas não influenciariam em sua capacidade. A Figura 58 ilustra o sistema da cabotagem industrial, sendo a parte destacada em vermelho, a cadeia considerada no estudo.

Figura 58: Sistema cabotagem industrial considerado no estudo

Desta forma, com tal premissa garante-se que o sistema marítimo proposto possa ser analisado de forma desacoplada dos demais sistemas/subsistemas, garantido que não haverá nenhum gargalo no abastecimento de madeira para o terminal de embarque e desembarque. Portanto, sempre haverá madeira disponível para o transporte aquaviário, bem como, sempre haverá meios de transportes disponíveis para realizar o transporte da carga entre os terminais e os centros produtores/consumidores.

Para simplificar a exposição do modelo será elaborada uma divisão em seis blocos, descritos a seguir:

- Lógica de criação barçaça, empurrador e atribuição de destino;
- Lógica de chegada, atendimento e despacho do terminal de Descarga;
- Lógica de chegada, atendimento e despacho do terminal de Carregamento;
- Lógica de restrição de maré;
- Lógica do Canal de Passagem;
- Lógica de restrição de ventos e ondas;
- Lógica de manutenção do empurrador e barçaça.

5.1.1. DESCRIÇÃO DA LÓGICA DE CRIAÇÃO DE BARÇAÇA, EMPURRADOR E ATRIBUIÇÃO DO DESTINO.

O modelo apresentado na Figura 59 descreve a lógica da geração da barçaça no simulador. Inicialmente geram-se 4 barçaças, posteriormente, são atribuídas as suas características, tais como: número da embarcação (1,2,3 e 4), já que o sistema é composto por 4 barçaças, capacidade de transporte, instante inicial da manutenção, entre outros. Em seguida, é verificado o número da barçaça, sendo 1 ou 2, a mesma é despachada diretamente para os terminais, já que estes ocuparão os berços de carregamento e descarga.

Caso o número da barçaça verificado seja 3 ou 4, esta é alocada a um empurrador e são atribuídas suas características como: velocidade vazio, carregado, abastecimento, entre outros.

Uma vez com o empurrador acoplado, a barça é despachada para seu respectivo destino, dando início à viagem.

Figura 59: Fluxograma da Geração de Barça, empurrador e atribuição de destino.

5.1.2. DESCRIÇÃO DA LÓGICA DE CHEGADA, ATENDIMENTO E DESPACHO DO TERMINAL DE DESCARGA

Para entrar no terminal de descarga o conjunto empurrador-barça deve esperar pela sua vez, já que o canal de entrada/saída é único.

Uma vez com a preferência, o comboio deve aguardar por condições favoráveis de vento e onda. Além disso, havendo outras embarcações em fila com maior prioridade de entrada, o conjunto empurrador-barcaça deve esperar pela passagem das mesmas, para dar início ao processo de entrada no terminal, demonstrado na Figura 60 como “conjunto empurrador-barcaça se desloca para dentro do terminal”.

Figura 60: Fluxograma de chegada, atendimento e despacho do terminal de descarga

Em seguida, o conjunto entra no terminal com uma velocidade reduzida e se inicia o processo de atracação e desacoplamento, que pode ocorrer no berço principal, caso este esteja livre, ou no berço auxiliar, quando o berço principal está ocupado

Seguindo o fluxo, quando a atracação ocorre no berço auxiliar, a barcaça espera pela liberação do berço de descarga. Do contrario, a barcaça é descarregada no berço principal.

Após o processo de descarga, é verificado se a barcaça necessita de manutenção. Se sim, é iniciado o processo. Não havendo necessidade, a barcaça aguarda o empurrador

Já o empurrador, após a atracação e independentemente do tipo de berço, é desacoplado da barcaça.

Enquanto ocorrem os processos descritos para a barcaça, é verificado, paralelamente, se há necessidade de realizar a manutenção do empurrador. Caso haja, é iniciado o processo de manutenção. Não havendo, verifica-se conforme o número de viagens efetuadas pelo mesmo, a necessidade do abastecimento do óleo combustível ou do diesel marítimo.

Caso haja necessidade de abastecimento, o empurrador se desloca para um berço específico onde será realizado o abastecimento. Se não, é verificado se existe uma barcaça aguardando por empurrador. Não havendo barcaça aguardando, o empurrador espera por uma barcaça disponível. Caso haja, estes realizam o acoplamento.

Desta forma, está finalizado o processo de desatracação e acoplamento e o conjunto empurrador-barcaça aguarda no berço principal, pela preferência do canal, e quando existir, por condições de ventos e ondas e passagem de outras embarcações.

Atendendo a todas essas condições, o conjunto empurrador-barcaça, libera o berço principal e se desloca com destino ao canal de passagem.

Uma vez liberado o berço principal, e havendo barcaça aguardando no berço auxiliar, esta é puxada por cabos para berço principal, iniciando o processo de descarga.

5.1.3. DESCRIÇÃO DO MODELO DE CHEGADA, ATENDIMENTO E DESPACHO DO TERMINAL DE CARREGAMENTO

O processo é semelhante ao que ocorre no terminal de descarga. A

Figura 61 ilustra toda a lógica, onde o canal de entrada e saída do terminal só permite a passagem de uma embarcação por vez, o que ocasiona a espera pela liberação do canal. Além disso, a embarcação precisa aguardar por condições de onda e ventos para acessar o terminal.

Uma vez no terminal é verificada a necessidade de manutenção da barça ou empurrador,. Havendo, inicia-se o processo de manutenção. Não sendo necessário, é realizado o desacoplamento do empurrador e barça e inicia-se o processo de atracação no berço principal ou auxiliar.

Uma vez atracada no berço auxiliar, a barça espera pela liberação do berço de descarga. Caso contrário, a barça é carregada no berço principal.

Após o processo de carregamento, a barça aguarda um empurrador.

O empurrador por sua vez, ao realizar a atracação e desacoplar da barça, verifica se existe outra barça o aguardando. Não havendo, o mesmo passa a aguardar por uma barça disponível. Em caso afirmativo, o empurrador desloca-se para o berço onde será realizado o posicionamento do mesmo para o posterior acoplamento à barça.

Realizado novamente o acoplamento, o conjunto empurrador-barça aguarda no berço principal pela preferência do canal, e quando existir, por condições de ventos e ondas.

Suprida todas essas condições, o conjunto empurrador-barça libera o berço principal e se desloca com destino ao canal de passagem.

Com o berço principal livre, havendo barça esperando no berço auxiliar, esta é puxada por cabos para o berço principal, onde ocorre seu carregamento.

Figura 61: Fluxograma da chegada, atendimento e despacho do terminal de carregamento

5.1.4. DESCRIÇÃO DO MODELO DE MANUTENÇÃO

O processo de manutenção é ilustrado pela Figura 62. Uma vez sendo terminal de descarga, não é necessário realizar o desacoplamento da embarcação, do contrario, é realizado o seu desacoplamento.

Figura 62: Fluxograma do processo de manutenção

Em seguida, é verificado o tipo de embarcação. Caso seja embarcação do tipo empurrador, verifica-se se existe alguma manutenção para ser realizada. Se não houver, o mesmo é direcionado novamente à lógica principal do respectivo terminal.

Caso exista manutenção a ser realizada, é atribuído o tipo de manutenção. Em seguida, a embarcação realiza esta manutenção atribuída. Após o término do processo, é verificado novamente se é necessário realizar outras manutenções. Caso positivo, o processo se repete até não existirem mais manutenções a serem feitas.

Não havendo mais manutenções, realiza-se o abastecimento do empurrador, caso necessário. Posteriormente, este é destinado novamente à lógica principal do terminal.

Para a barça, checka-se a necessidade de ser realizar alguma manutenção. Em caso negativo, esta retorna à lógica principal do terminal em questão.

Havendo a necessidade de se realizar manutenções na barça, estas são cumpridas. Após a conclusão da manutenção, a embarcação retorna à lógica de seu terminal.

5.1.5. DESCRIÇÃO DO MODELO DE OCUPAÇÃO DO CANAL DE PASSAGEM

A lógica do modelo de canal de passagem inicia-se com a chegada da embarcação no canal, conforme ilustrado na Figura 63.

Como o canal só permite a passagem de uma embarcação por vez, o conjunto empurrador-barça por vezes aguarda a espera pela liberação do canal.

Uma vez com a preferência, é verificado se existe restrição de maré. Caso haja, a embarcação aguarda por maré. Caso contrário é verificado se existem embarcações de terceiros trafegando no canal. Havendo, a embarcação aguarda o canal livre para cruzá-lo. Do contrário, a embarcação diminui a velocidade e realiza o tráfego no canal.

Ao cruzar o canal, a embarcação dá continuidade à viagem, deslocando-se ao terminal de destino.

Figura 63: Fluxograma do processo de ocupação do canal de passagem

5.1.6. DESCRIÇÃO DO MODELO DE MARÉ E RESTRIÇÃO DE VENTO E ONDA

A lógica de maré inicia-se com a geração de uma entidade de controle, denominada maré, que percorrerá a lógica durante toda a simulação.

Após a sua criação, é verificado se existe restrição de maré, ou seja, se não é possível trafegar no canal. Não havendo nenhuma restrição, a entidade maré é direcionada para o bloco “aguarda o horário de restrição de maré”, apresentado na Figura 64.

Esse bloco retém a entidade de controle até o horário que não seja possível trafegar no canal. Em seguida é verificada a existência de restrição de maré.

Caso haja restrição, a entidade controle fecha o canal de passagem e em seguida é direcionada para o bloco “aguarda restrição de maré” que segurar a entidade de controle até que seja possível trafegar novamente no canal. Em seguida, é liberado o canal. A partir desse ponto o processo se repete até o final da simulação.

Figura 64: Fluxograma do processo da geração de maré

A lógica de ondas e ventos começa com a geração de uma entidade de controle, denominada vento e onda, a qual percorrerá a lógica durante toda a simulação.

Uma vez criada a entidade, verifica-se a existência de restrição de vento e onda, em outras palavras, é checado se não é possível entrar ou sair do terminal. Caso não haja restrição, a entidade aguarda o horário da restrição, como ilustra a Figura 65. O objetivo é reter a entidade de controle até o horário que não seja possível entrar no terminal.

Após isto, verifica-se a existência de restrição de maré. Caso haja restrição, a entidade controle fecha o terminal em análise e em seguida é retida até que seja possível sair ou adentrar-se no terminal. Quando ocorrido, a entrada e saída do terminal são liberadas. A partir desse ponto, o processo se repete até o final da simulação.

Figura 65: Fluxograma do processo de geração de vento e onda

5.2. VERIFICAÇÃO DO MODELO

De acordo com Chwif e Medina (2006), a etapa de verificação de um modelo está relacionada com a forma na qual o modelo está sendo implementada. Assim, busca-se nesta fase apurar os possíveis erros contidos neste, de forma a averiguar se o modelo computacional esta de acordo com o modelo conceitual.

Segundo os autores, uma técnica empregada para verificação é a simulação determinística, ou seja, o modelo desenvolvido é utilizado com dados constantes ou determinísticos e comparam-se os resultados com os de uma planilha de cálculo, por exemplo. Para considerar o modelo verificado, os resultados devem ser os mesmos. Sendo assim, para a verificação do modelo proposto neste estudo, utilizou-se da simulação determinística e do cálculo racional em planilha eletrônica como forma de verificação do modelo. É importante ressaltar que os dados utilizados na verificação foram estimados apenas com a finalidade de se averiguar a resposta do modelo.

5.2.1. CAPACIDADE DETERMINÍSTICA DO SISTEMA UTILIZANDO O CÁLCULO RACIONAL E A SIMULAÇÃO DETERMINÍSTICA

Os dados utilizados tanto para o cálculo racional quanto na simulação, apresentado na Tabela 12, baseiam-se em estimativas com o objetivo único de realizar a verificação do modelo.

Tabela 12: Dados utilizados para a verificação do modelo

Tempo Estimado (minutos)	Terminal de Descarga	Terminal de Carregamento
Deslocamento até	813	735
Atracação e Desacoplamento	12	12
Deslocamento do empurrador	3	3
Acoplamento e Desatracação	12	12
Carregamento	666.67	
Descarregamento	750	

A Tabela 13 por sua vez, mostra as premissas utilizadas para o cálculo de capacidade do sistema.

Tabela 13: Premissas adotadas no modelo	
Capacidade da Embarcação (t)	5,000.00
Operação (dias)	365
Horas Operada no dia (hh:mm)	24:00

Para o calculo da capacidade determinística máxima de transporte do sistema utilizou-se a equação 5, descrita a seguir:

$$\frac{Ndo * Nhod}{Tciclo} * Nempurradores * CapEmbarcação \quad (5)$$

Onde:

Ndo = Número de dias operacionais no Ano;

Nhod = Número de horas operacionais no dia;

Tciclo = Tempo de ciclo de um empurrador (em horas);

Nempurradores = número de empurradores no sistema;

CapEmbarcação = Capacidade de transporte da embarcação acoplada ao empurrador (em tonelada).

Substituindo os valores das Tabelas 20 e 21 na Equação 5, chegou-se ao resultado de 3,280,216 toneladas de madeira transportada, demonstrada na equação 6.

$$\frac{365 * 24}{26,705556} * 2 * 5.000 = 3,280,216 \quad (6)$$

Por outro lado, os resultados obtidos pela simulação determinística podem ser vistos nas tabelas 14, 15 e 16.

Tabela 14: Resultados da viagem do empurrador com barça vazia

Parâmetro	Tempo médio (horas)
Viagem empurrador com barça vazia	12.70
Empurrador esperando barça no Terminal de Descarga	0.00
Espera devido a restrição de vento e onda	0.00
Espera devido a restrição de passagem de outros navios	0.00
Acoplamento e desatracação	0.20
Deslocamento do empurrador	0.05
Espera para sair do terminal	0.00
Deslocamento até o canal de passagem	11.75
Espera por canal	0.00
Espera devido a restrição de navegação de terceiros no canal de passagem	0.00
Espera por maré no canal de passagem	0.00
Passagem pelo Canal de passagem	0.50
Espera para atracar no Terminal de Carregamento	0.00
Espera devido a restrição de ventos	0.00
Atracação e desacoplamento	0.20
Deslocamento do empurrador	0.00
Manutenção empurrador	0.00

Tabela 15: Resultados da viagem do empurrador com barça carregada

Parâmetro	Tempo médio (horas)
Ciclo empurrador com barça carregada	14.01
Esperando barça no Terminal de Carregamento	0.00
Espera devido a restrição de vento e onda	0.00
Acoplamento e desatracação	0.20
Deslocamento do empurrador	0.05
Espera para sair do terminal	0.00
Espera devido a restrição de navegação de terceiros no canal de passagem	0.00
Espera por maré no canal de passagem	0.00
Passagem do canal de passagem	0.50
Deslocamento até Terminal de Descarga	13.06
Tempo médio de espera para atracar	0.00
Espera devido a restrição de vento e onda	0.00
Devido a restrição de passagem de outros navios	0.00
Atracação e desacoplamento	0.20
Manutenção	0.00
Fila para o abastecimento	0.00
Abastecimento	0.00

Tabela 16: Resultados gerais

Quantidade de empurradores	2
Quantidade de barcas	4
Capacidade da barca (tonelada)	5000
Número de Barcas Carregada	656
Número de Barcas Descarregada	656
Volume Carregado	3,280,000
Volume Descarregado	3,280,000
Tempo de carregamento (minutos)	666.67
Tempo de descarregamento (minutos)	750.00
Ciclo médio total do empurrador	26.7056

Ao comparar os resultados obtidos pela simulação determinística com os gerados pela conta racional, percebe-se que todos os tempos estão muito próximos. No entanto, o total descarregado pela simulação apresenta uma diferença de 216 toneladas. Isto pode ser explicado pela forma que a estatística é coletada pelo simulador. Nele o total descarregado é apurado apenas quando uma barca termina a operação, dessa forma o sistema só contabiliza um numero inteiro de barcas descarregadas, diferentemente do que ocorre com a metodologia do calculo racional.

Deste modo, em função dos parâmetros de entrada utilizados e dos resultados obtidos, pode-se considerar que o modelo está verificado.

5.3. VALIDAÇÃO DO MODELO

Uma vez verificado o modelo é necessário realizar a experimentação, que consiste em utilizar dados reais e observar os resultados obtidos, devendo ser condizentes com o mundo real. Quando isto ocorre, o modelo é considerado validado operacionalmente.

Desta forma, para a realização da validação do modelo, foram utilizados dados reais de uma empresa alfa que praticam a cabotagem industrial, demonstrado pela Tabela 17.

Além disso, para uma maior precisão dos resultados, o modelo foi executado com 100 replicações.

Tabela 17: Dados reais de ciclo da empresa alfa

	Média (hh:mm)	Desvio
Tempo de Carregamento	11:42	1:04
Tempo de Descarga	12:56	1:57
Tempo de Viagem para o Terminal de Descarga	14:52	1:10
Tempo de Viagem para o Terminal de Carregamento	14:27	1:15
Tempo abastecimento Óleo	4:05	1:18
Tempo abastecimento Diesel	0:45	0:15

Fonte: Empresa Alfa

É importante explicar que o abastecimento do óleo ocorre a cada duas viagens e o do diesel a cada quatro.

Por sua vez, a Tabela 18 mostra os dados de entrada para o simulador. A Tabela 19 apresenta a comparação dos resultados operacionais de um sistema real com os obtidos pelo simulador.

Tabela 18: Dados de entrada utilizados no simulador

	Distribuição	Parâmetro
Volume/Viagem	-	5,000
Produtividade Carregamento (tph)	Triangular	Valor mínimo: 384
		Moda: 427
		Valor máximo: 470
Produtividade Descarga (tph)	Triangular	Valor mínimo: 336
		Moda: 386
		Valor máximo: 436
Veloc. Carregado (km/Hr)	Triangular	Valor mínimo: 15.84
		Moda: 17.07
		Valor máximo: 18.03
Veloc. Vazio (Km/Hr)	Triangular	Valor mínimo: 16
		Moda: 17.55
		Valor máximo: 19
Abastecimento Óleo (minutos)	Triangular	Valor mínimo: 30
		Moda: 45
		Valor máximo: 60
Abastecimento Diesel (minutos)	Triangular	Valor mínimo: 167
		Moda: 245
		Valor máximo: 323
Distância entre Terminais (km)	-	254

Tabela 19: Comparação do resultado obtido pelo simulador e o real praticado pela empresa alfa

	Cenário Real (hh:mm)	Resultado Simulado (hh:mm)	Diferença Percentual entre o simulado e sistema real
Tempo de Carregamento	11:42	11:43	0.14%
Tempo de Descarga	12:56	12:58	0.26%
Tempo de Viagem para o Terminal de Descarga	14:52	14:52	0.00%
Tempo de Viagem para o Terminal de Carregamento	14:27	14:27	0.00%
Volume Descarregado (t)	2,581,145	2,600,000	0.73%

Pode-se observar pela Tabela 19 que os resultados obtidos pelo simulador estão muito próximos ao do sistema real. É importante ressaltar que em função da falta de dados estatísticos, como, por exemplo, o intervalo de confiança, validou-se o modelo através da aderência percentual dos resultados obtidos pelo simulador com os dados reais.

5.4. PARÂMETROS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO DO MODELO

Esta seção aborda os dados utilizados no simulador para o sistema de cabotagem industrial estudado. Como o sistema não existe em operação, grande parte dos dados utilizados são fictícios, no entanto, são baseados nas empresas que praticam a cabotagem industrial no Brasil, ou seja, sistemas de características muito semelhantes ao modelado.

Para uma melhor compreensão, os dados de entrada foram divididos em oito categorias, descritos a seguir:

- 1) **Composição Aquaviária:** Refere-se apenas aos dados do conjunto empurrador-barcaça, sendo estes, demonstrados na Tabela 20.

Tabela 20: Dados de entrada – composição aquaviária

	Parâmetro	Distribuição
Velocidade Vazio (km/h)	Mínimo: 14	Triangular
	Moda:20	
	Máximo: 26	
Velocidade Carregado (km/h)	Mínimo:12.6	Triangular
	Moda:18	
	Máximo: 23.4	
Velocidade no Canal de Passagem (km/h)	Mínimo:7	Triangular
	Moda:10	
	Máximo: 13	
Capacidade de Transporte da Barcaça (t)	5,000	-

2) **Parâmetros Operacionais:** Categoria subdividida em três grupos:

- a) **Geral:** Grupo relacionado aos dados operacionais que não variam de acordo com os terminais. A Tabela 21 mostra os parâmetros adotados.

Tabela 21: Dados de entrada – parâmetros operacionais (geral)

Quantidade de empurradores	2
Quantidade de barcaças	4
Distância do terminal de Descarga até o canal de passagem (km)	235
Tamanho do canal de passagem (km)	5
Distância do canal de passagem até o terminal de Carregamento (km)	0
Distância do terminal de Carregamento até o canal de passagem (km)	0
Tamanho do canal de passagem (km)	5
Distância do canal de passagem até o terminal de Descarga (km)	235

- b) **Terminal de Descarga:** Corresponde apenas aos dados operacionais do referido terminal. Os parâmetros utilizados no modelo são demonstrados na Tabela 22.

Tabela 22: Dados de entrada – parâmetros operacionais (terminal de descarga)

	Parâmetro	Distribuição
Tempo de atracação e desacoplamento (minutos)	Mínimo:8.4	Triangular
	Moda:12	
	Máximo: 15.6	
Tempo de deslocamento do empurrador (minutos)	Mínimo:2	Triangular
	Moda:3	
	Máximo: 4	
Tempo de desatracação e acoplamento (minutos)	Mínimo:8.4	Triangular
	Moda:12	
	Máximo: 15.6	
Produtividade da Máquina de Descarregamento (tph)	Mínimo:500	Triangular
	Moda:400	
	Máximo: 550	
Número de berços disponíveis para a descarga	1	-
Número de berços auxiliares	1	-
Tempo para puxar a embarcação do berço auxiliar para o de descarga (minutos)	Mínimo:7	Triangular
	Moda:10	
	Máximo: 13	

- c) **Terminal de Carregamento:** Refere-se apenas aos dados operacionais relativos a este terminal. A Tabela 23 representa os dados operacionais considerados.

Tabela 23: Dados de entrada – parâmetros operacionais (terminal de carregamento)

	Parâmetro	Distribuição
Tempo de atracação e desacoplamento (minutos)	Mínimo:8.4	Triangular
	Moda:12	
	Máximo: 15.6	
Tempo de desatracação e acoplamento (minutos)	Mínimo:8.4	Triangular
	Moda:12	
	Máximo: 15.6	
Produtividade da Máquina de Carregamento (tph)	Mínimo:350	Triangular
	Moda:450	
	Máximo: 550	
Número de berço disponível para o carregamento	1	-
Número de berço auxiliar	1	-
Tempo para puxar a embarcação do berço auxiliar para o de carregamento (minutos)	Mínimo:7	Triangular
	Moda:10	
	Máximo: 13	

- 3) **Ocupação do canal de entrada/saída do terminal de descarga:** A Tabela 24 demonstra os dados utilizados para a ocupação do canal de entrada/saída do terminal por embarcações cuja prioridade de entrada/saída é maior que a do conjunto empurrador-barcaça.

Tabela 24: Dados de entrada – ocupação canal do terminal de descarga

	Parâmetro	Distribuição
Probabilidade de Ocupação (%)	30%	Triangular
Tempo de ocupação (minutos)	Mínimo:14 Moda:20 Máximo: 26	Triangular

- 4) **Abastecimento:** Os dados apresentados na Tabela 25 referem-se aos parâmetros utilizados para o abastecimento do empurrador no terminal de descarga. É importante ressaltar que o número de viagens possíveis descrito na tabela corresponde a uma “pernada”, ou seja, apenas a viagem de ida ou volta.

Tabela 25: Dados de entrada – abastecimento dos empurradores

Parâmetros	Óleo combustível	Diesel marítimo
Número de viagens possíveis	4	8
Tempo de abastecimento (minutos)	Mínimo:38.25 Moda:45 Máximo: 51.75	Mínimo:153 Moda:180 Máximo: 207

- 5) **Ocupação do canal de Passagem por terceiros:** A Tabela 26 demonstra os dados utilizados para a ocupação do canal de passagem

Tabela 26: Dados de entrada - ocupação do canal de passagem por terceiros

	Parâmetro	Distribuição
Probabilidade do canal estar ocupado	30%	-
Tempo de ocupação do canal por terceiros (minutos)	Mínimo:10.5 Moda:15 Máximo: 19.5	Triangular

- 6) **Restrição Vento e Ondas:** Os parâmetros utilizados para a restrição de vento e onda estão demonstrados na Tabela 27

Tabela 27: Dados de entrada – restrição vento e ondas

	Parâmetro
Número de vezes no dia que não é possível atracar e desatracar no terminal carregamento	1
Duração (minutos)	Mínimo:17.5 Moda:25 Máximo: 32.5
Número de vezes no dia que não é possível atracar e desatracar no terminal descarga	2
Duração (minutos)	Mínimo:17.5 Moda:25 Máximo: 32.5

- 7) **Restrição Maré:** A Tabela 28 mostra os intervalos nos quais as embarcações necessitam aguardar por melhores condições de maré. A leitura da tabela é feita da seguinte maneira: na primeira restrição de maré a embarcação não pode entrar no canal das 06:00 às 08:00. Já na segunda restrição, o horário em que a embarcação não pode acessar o canal, é das 18:00 às 20:00.

Tabela 28: Dados de entrada – restrição de maré

	Parâmetro
Intervalo da primeira restrição de maré (horas)	6
	8
Intervalo da segunda restrição de maré (horas)	18
	20

- 8) **Manutenção Empurrador e Barcaça:** A Tabela 29 demonstra tanto para o empurrador quanto para barcaça, o intervalo médio entre quebras e a sua duração média consideradas no modelo.

Tabela 29: Dados de entrada – manutenções preventivas e corretivas do empurrador e barcaça

	Intervalo médio entre Quebras	Distribuição	Duração média das quebras	Distribuição
Docagem - Barcaça (dias)	Mínimo:130 Moda:150 Máximo: 170	Triangular	Mínimo:8 Moda:10 Máximo: 12	Triangular
Docagem - Empurrador (dias)	Mínimo:60 Moda:71.25 Máximo: 82.5	Triangular	Mínimo:10 Moda:12 Máximo: 14	Triangular

É importante ressaltar que a utilização da distribuição estatística triangular se deve ao fato do sistema não existir e, portanto optou-se a favor da segurança. Além disso, de acordo com Kelton, Sandowski e Sturrock (2004), a curva triangular é aplicada quando não se conhece a forma exata da distribuição, mas, pode-se estimar a moda, o valor mínimo e o máximo que podem ocorrer. Ainda segundo o autor, nesta situação o uso desta distribuição é mais simples de ser justificado.

6. RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos pelo modelo de simulação elaborado, através do qual foram simulados diversos cenários, sendo denominado como cenário base, o sistema de cabotagem industrial descrito no capítulo cinco.

A partir dele, alguns parâmetros de entrada foram motivos de análise de sensibilidade, cujo objetivo foi quantificar o impacto gerado no sistema como um todo, em função da alteração de uma variável.

6.1. CENÁRIO BASE: SISTEMA CABOTAGEM INDUSTRIAL

Como premissas de entrada para o simulador, foram consideradas neste cenário os dados e as distribuições apresentadas na seção 5.4.

A Tabela 30 resume os principais resultados obtidos com a utilização do simulador, enquanto que, as Tabelas 31 e 32 demonstram os resultados relativos às viagens do empurrador com barça vazia e carregada.

Tabela 30: Resultados Gerais – Cenário Base

Parâmetro	Cenário Base
Número de Barcaças Carregadas	546
Número de Barcaças Descarregadas	546
Total Carregado (t)	2,730,000
Total Descarregado (t)	2,730,000
Tempo de carregamento (horas)	11.19
Tempo de descarregamento (horas)	12.63
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%
Utilização do pórtilho no Terminal Descarga (%)	79%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%
Utilização do pórtilho Terminal Carregamento (%)	70%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.06
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.25
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	2.75

Tabela 31: Tempo médio de viagem do empurrador com barcaça vazia – Cenário Base

Parâmetro	Tempo Médio (horas)	Média apenas daqueles que aguardaram (h)	% da viagens que aguardaram
Empurrador esperando barcaça no Terminal de Descarga	1.39	3.47	40.05%
Espera devido a restrição de vento e onda	0.01	0.21	3.50%
Espera devido a restrição de passagem de outros navios	0.10	0.33	29.81%
Acoplamento e desatracação	0.20	0.20	100.00%
Deslocamento da Embarcação para sair do berço	0.05	0.05	100.00%
Espera para sair do terminal	0.00	0.00	0.00%
Deslocamento até o canal de passagem	11.94	11.94	100.00%
Espera pelo canal	0.00	0.00	
Espera devido a restrição de navegação de terceiros no canal de passagem	0.08	0.25	30.08%
Espera por maré no canal de passagem	0.16	1.02	16.16%
Navegação no Canal de passagem	0.51	0.51	100.00%
Espera para atracar no Terminal de Carregamento	0.00	0.78	0.00%
Espera devido a restrição de ventos	0.00	0.20	1.46%
Atracação e desacoplamento	0.20	0.20	100.00%
Deslocamento do empurrador	0.01	0.05	18.19%
Manutenção do empurrador	0.51	288.96	0.18%
Viagem do empurrador com barcaça vazia	15.15		

Tabela 32: Tempo médio de viagem do empurrador com barça carregada – Cenário Base

Parâmetro	Tempo Médio (horas)	Média apenas daqueles que aguardaram (h)	% das viagens que aguardaram
Empurrador esperando barça no Terminal de Carregamento	0.66	3.72	17.77%
Espera devido a restrição de vento e onda	0.00	0.23	1.66%
Acoplamento e desatracação	0.20	0.20	100.00%
Deslocamento da Embarcação para sair do berço	0.05	0.050	100.00%
Espera para sair do terminal	0.00	0.44	0.00%
Espera devido a restrição de navegação de terceiros no canal de passagem	0.07	0.25	29.90%
Espera por maré no canal de passagem	0.13	1.36	9.77%
Navegação no canal de passagem	0.51	0.51	100.00%
Deslocamento até Terminal de Descarga	13.26	13.26	100.00%
Espera para atracar no terminal de descarga	0.00	3.50	0.00%
Espera devido a restrição de vento e onda	0.01	0.21	3.51%
Espera devido a restrição de passagem de outros navios	0.10	0.33	30.19%
Atracação e desacoplamento	0.20	0.20	100.00%
Deslocamento do empurrador	0.04	0.05	73.96%
Manutenção	0.56	292.94	0.19%
Fila para o abastecimento	0.00	0.00	0.00%
Abastecimento	1.12	2.24	49.91%
Viagem empurrador com barça carregada	16.91		

Analisando-se as tabelas 30, 31 e 32 é possível concluir que:

- Havendo sempre madeira disponível, o limite máximo de transporte do sistema é de aproximadamente 2.730.000 toneladas;
- A alta taxa de ocupação do berço principal está associada principalmente ao tempo em que a barça espera pelo empurrador, sendo este igual a 4.25 e 2.75 horas, nos terminais de carregamento e descarga, respectivamente;
- Desta forma, embora a utilização dos pódios nos terminais esteja em torno de 70 a 80%, uma ocupação do berço de quase 100% indica que este é o limitante do sistema.
- A espera do empurrador por barça no terminal de descarga é o maior gargalo na viagem do empurrador com barça vazia. Aproximadamente 40% das viagens tiveram empurrador esperando por barça em torno de 3.47 horas, o equivalente a 1.39 horas em média por ciclo;
- Destaca-se ainda a manutenção dos empurradores neste terminal, que impõe um aumento na viagem de aproximadamente 0.51 horas.
- Por outro lado, na viagem do empurrador com barça carregada, o maior gargalo foi o abastecimento, seguida pela espera do empurrador por barça e a manutenção do mesmo.
- Cerca de 50% das viagens realizadas tiveram que parar aproximadamente 2.24 horas para abastecer, ou seja, 1.12 horas em média por ciclo.
- Somando-se a manutenção do empurrador e a espera deste por barça, tem-se um impacto no tempo de viagem do empurrador em 1.22 horas

Pode-se concluir que a espera por barçaça, manutenções e o abastecimento influenciam significativamente no ciclo do empurrador quando comparados aos demais processos.

Além disso, a espera do empurrador por barçaça assim como a espera da barçaça por empurrador, são conseqüências em grande parte da falta de sincronismo do sistema, ocasionado por inúmeros fatores que contribuem para o aumento do tempo de ciclo, tais como: grande aleatoriedade dos tempos de cada processo, restrições de espera por maré, de preferência de entrada de outras embarcações nos terminais, de passagem de embarcações de terceiros no canal de passagem, entre outros.

Desta forma, será realizada na próxima seção uma análise de sensibilidade, com o objetivo de quantificar o impacto de algumas variáveis no sistema.

6.2. CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA A ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA

A seguir encontram-se relacionados os cenários simulados a partir do cenário base, as considerações realizadas e os resultados obtidos:

- a) **Cenário Base Determinístico:** Tem por objetivo mensurar o impacto no sistema advindo do uso de tempos determinísticos.

Desta forma os parâmetros de entrada considerados foram semelhantes aos adotados no cenário base, diferenciando-se apenas na substituição do uso de distribuições probabilísticas por tempos constantes (determinísticos).

As Tabela 33, 34 e 35 demonstram um comparativo dos resultados do cenário base com o determinístico.

Tabela 33: Comparativo dos dados gerais – Cenário Base e Determinístico

Parâmetro	Cenário Base	Cenário Base determinístico
Número de Barcaças Carregadas	546	571
Número de Barcaças Descarregadas	546	571
Total Carregado (t)	2,730,000	2,855,000
Total Descarregado (t)	2,730,000	2,855,000
Tempo de carregamento (horas)	11.19	11.11
Tempo de descarregamento (horas)	12.63	12.50
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%	98%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%	12%
Utilização do pórtilho no Terminal Descarga (%)	79%	82%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%	97%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%	3%
Utilização do pórtilho Terminal Carregamento (%)	70%	73%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.06	30.63
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.25	3.63
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	2.75	2.29

Tabela 34: Comparativo da viagem do empurrador com barcaça vazia - Cenário Base e Determinístico

Parâmetro	Cenário Base	Cenário Base Determinístico
Tempo médio empurrador esperando barcaça no Terminal de Descarga (horas)	1.39	0.52
Tempo médio de espera devido a restrição de vento e onda (horas)	0.01	0.01
Tempo médio de espera devido a restrição de passagem de outros navios (horas)	0.10	0.10
Tempo médio de acoplamento e desatracação (horas)	0.20	0.20
Tempo médio para a embarcação sair do berço (horas)	0.05	0.05
Tempo médio de espera para sair do terminal (horas)	0.00	0.00
Tempo médio de deslocamento até o canal de passagem (horas)	11.94	11.75
Tempo médio de espera pelo canal (horas)	0.00	0.00
Tempo médio de espera devido a restrição de navegação de terceiros no canal de passagem (horas)	0.08	0.07
Tempo médio de espera por maré no canal de passagem (horas)	0.16	0.20
Tempo médio de passagem pelo Canal de passagem (horas)	0.51	0.50
Tempo médio de espera para atracar no Terminal de Carregamento (horas)	0.00	0.00
Tempo médio de espera devido a restrição de ventos (horas)	0.00	0.00
Tempo médio de atracação e desacoplamento (horas)	0.20	0.20
Tempo médio de deslocamento do empurrador entrada (horas)	0.01	0.00
Tempo médio de manutenção do empurrador (horas)	0.51	0.51
Tempo médio total de viagem do empurrador com barcaça vazia (horas)	15.15	14.12

Tabela 35: Comparativo da viagem do empurrador com barça carregada do cenário base com o determinístico

Parâmetro	Cenário Base	Cenário Base Determinístico
Tempo médio empurrador esperando barça no Terminal de Carregamento (horas)	0.66	0.53
Tempo médio de espera devido a restrição de vento e onda (horas)	0.00	0.00
Tempo médio de acoplamento e desatracação (horas)	0.20	0.20
Tempo médio para a embarcação se deslocar do berço (horas)	0.05	0.05
Tempo médio de espera para sair do terminal (horas)	0.00	0.00
Tempo médio de espera devido a restrição de navegação de terceiros no canal de passagem (horas)	0.07	0.07
Tempo médio de espera por maré no canal de passagem (horas)	0.13	0.14
Tempo médio de passagem do canal de passagem (horas)	0.51	0.50
Tempo médio de deslocamento até Terminal de Descarga (horas)	13.26	13.06
Tempo médio de espera para atracar	0.00	0.00
Tempo médio de espera devido a restrição de vento e onda (horas)	0.01	0.01
Tempo médio de espera devido a restrição de passagem de outros navios (horas)	0.10	0.10
Tempo médio de atracação e desacoplamento	0.20	0.20
Tempo médio de deslocamento do empurrador entrada (horas)	0.04	0.03
Tempo médio de manutenção (horas)	0.56	0.49
Tempo médio em fila para o abastecimento	0.00	0.00
Tempo médio para abastecer (horas)	1.12	1.12
Tempo médio total de viagem empurrador com barça carregada (horas)	16.91	16.51

Através da análise das tabelas 33, 34 e 35 nota-se que a utilização de tempos constantes proporcionou um aumento na capacidade do sistema em aproximadamente 4,58%, o que significa 25 viagens a mais, ou ainda, 125.000 toneladas. Isto porque, ao se retirar a aleatoriedade, aumenta-se o sincronismo do sistema melhorando-o como um todo.

Esse efeito pode ser observado principalmente no tempo de espera do empurrador por barça nos terminais, já que no cenário determinístico houve uma redução de 1,44 horas no tempo total do ciclo, sendo 70% desta, resultado da diminuição de 2.05 para 1.05 horas do tempo de espera do empurrador por barças.

b) **Cenário Abastecimento:** Com o objetivo de quantificar o impacto do abastecimento no sistema, consideraram-se as seguintes alternativas:

- Caso 1: Tempo de abastecimento: 150 minutos para Diesel Marítimo e 45 minutos para óleo combustível;
- Caso 2: Tempo de abastecimento: 120 minutos para Diesel Marítimo e 45 minutos para óleo combustível;
- Caso 3: Tempo de abastecimento: 90 minutos para Diesel Marítimo e 45 minutos para óleo combustível;

- Caso 4: Tempo de abastecimento: 60 minutos para Diesel Marítimo e 45 minutos para óleo combustível;
- Caso 5: Tempo de abastecimento: 30 minutos para Diesel Marítimo e 45 minutos para óleo combustível;
- Caso 6: Tempo de abastecimento: 0 minuto para Diesel Marítimo e 45 minutos para óleo combustível;
- Caso 7: Tempo de abastecimento: 180 minutos para Diesel Marítimo e 30 minutos para óleo combustível;
- Caso 8: Tempo de abastecimento: 180 minutos para Diesel Marítimo e 15 minutos para óleo combustível;
- Caso 9: Tempo de abastecimento: 180 minutos para Diesel Marítimo e 0 minutos para óleo combustível;
- Caso 10: Sem abastecimento.

A Figura 66 ilustra o impacto no sistema proveniente da alteração do tempo de abastecimento do diesel marítimo (casos 1, 2, 3, 4, 5 e 6). O eixo vertical principal refere-se ao número de barças descarregadas enquanto o secundário, ao tempo do ciclo médio total do empurrador (em horas).

Figura 66: Impacto no sistema proveniente da redução do tempo de abastecimento do diesel marítimo

Pela Figura 66, percebe-se que a diminuição do tempo de abastecimento do diesel marítimo proporciona uma redução no ciclo médio do empurrador. Além disso,

observa-se que, aproximadamente, a cada 30 minutos de redução no tempo médio deste abastecimento, o sistema consegue realizar duas viagens completas a mais por ano.

Por sua vez, a Figura 67 ilustra os cenários simulados em função dos ganhos advindos da redução do tempo de abastecimento de óleo combustível.

Nota-se que mesmo reduzindo para zero o tempo de abastecimento de óleo combustível, só é possível descarregar 552 barcaças no ano.

Figura 67: Impacto no sistema proveniente da redução do tempo de abastecimento do óleo combustível

Por fim, a Tabela 36 demonstra um comparativo entre o cenário base e o caso 10, sendo que, neste não foi considerada a opção de abastecimento.

Tabela 36: Comparativo dos dados gerais – Cenário Base e Caso 10

Parâmetro	Cenário Base	Caso 10
Número de Barcaças Carregadas	546	565
Número de Barcaças Descarregadas	546	564
Total Carregado (t)	2,730,000	2,825,000
Total Descarregado (t)	2,730,000	2,820,000
Tempo de carregamento (horas)	11.19	11.20
Tempo de descarregamento (horas)	12.63	12.63
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%	98%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%	11%
Utilização do pórtico no Terminal Descarga (%)	79%	82%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%	97%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%	5%
Utilização do pórtico Terminal Carregamento (%)	70%	72%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.06	30.99
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.25	3.69
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	2.75	2.26
Tempo médio empurrador esperando barcaça no Terminal de Descarga (horas)	1.39	1.45
Tempo médio empurrador esperando barcaça no Terminal de Carregamento (horas)	0.66	0.75

Como pode ser visualizado na Tabela 36, quando não há necessidade de abastecimento, o sistema é capaz de transportar 2.825.000 de toneladas de madeira, um ganho de aproximadamente 3.48%.

A diminuição do tempo que a barcaça espera pelo empurrador é explicada pelo fato que esta não necessita mais esperar pelo abastecimento do empurrador.

c) **Cenário Docagem:** Este cenário visa apurar o impacto da docagem para o sistema. Sendo assim, foram consideradas as seguintes opções:

- Caso 1: Tempo de docagem: 8 dias do empurrador e 10 dias da barcaça
- Caso 2: Tempo de docagem: 4 dias do empurrador e 10 dias da barcaça
- Caso 3: Tempo de docagem: 0 dias do empurrador e 10 dias da barcaça
- Caso 4: Tempo de docagem: 12 dias do empurrador e 6 dias da barcaça
- Caso 5: Tempo de docagem: 12 dias do empurrador e 3 dias da barcaça
- Caso 6: Tempo de docagem: 12 dias do empurrador e 0 dias da barcaça
- Caso 7: Sem docagem da barcaça e empurrador

A Tabela 37 demonstra os resultados simulados para os casos 1,2 e 3 e os compara com o obtido no cenário base

Tabela 37: Comparativo dos dados gerais – Cenário Base e Casos 1,2 e 3

	Cenário Base	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Número de Barcaças Carregadas	546	552	558	565
Número de Barcaças Descarregadas	546	552	558	565
Total Carregado (t)	2,730,000	2,760,000	2,790,000	2,825,000
Total Descarregado (t)	2,730,000	2,760,000	2,790,000	2,825,000
Tempo de carregamento (horas)	11.19	11.20	11.20	11.20
Tempo de descarregamento (horas)	12.63	12.63	12.64	12.64
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%	98%	98%	98%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%	17%	17%	17%
Utilização do pórtilho no Terminal Descarga (%)	79%	80%	81%	82%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%	97%	97%	97%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%	5%	5%	4%
Utilização do pórtilho Terminal Carregamento (%)	70%	71%	71%	72%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.06	31.70	31.33	30.96
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.25	4.07	3.90	3.71
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	2.75	2.58	2.40	2.21

Pode-se observar através da Tabela 37 o aumento significativo do total transportado nos cenários simulados. O caso 3 demonstra que um ano da operação do sistema sem a docagem do empurrador poderia movimentar até cerca de 95.000 toneladas a mais que o cenário base. Os casos 1 e 2 também mostram ganhos parciais para o sistema com a melhoria gradual na manutenção do mesmo.

Nota-se que o tempo que a barcaça espera por empurrador se reduz em cada caso. Isto ocorre, pois ao se diminuir o tempo de manutenção do empurrador, este fica mais tempo no sistema, aumentando desta forma a probabilidade da barcaça encontrar um empurrador disponível.

A Tabela 38 por sua vez, resume os resultados para os casos 4, 5 e 6 simulados.

Tabela 38: Comparativo dos dados gerais – Cenário Base e Casos 6,5 e 4

Parâmetro	Cenário Base	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Número de Barcaças Carregadas	546	552	557	562
Número de Barcaças Descarregadas	546	552	556	562
Total Carregado (t)	2,730,000	2,760,000	2,785,000	2,810,000
Total Descarregado (t)	2,730,000	2,760,000	2,780,000	2,810,000
Tempo de carregamento (horas)	11.19	11.20	11.20	11.20
Tempo de descarregamento (horas)	12.63	12.63	12.63	12.63
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%	99%	99%	100%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%	18%	18%	19%
Utilização do pórtilho no Terminal Descarga (%)	79%	80%	80%	81%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%	98%	99%	100%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%	5%	5%	5%
Utilização do pórtilho Terminal Carregamento (%)	70%	71%	71%	72%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.06	31.69	31.43	31.13
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.25	4.20	4.22	4.20
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	2.75	2.73	2.71	2.67
Tempo médio empurrador esperando barcaça no Terminal de Descarga (horas)	1.39	1.18	1.07	0.93
Tempo médio empurrador esperando barcaça no Terminal de Carregamento (horas)	0.66	0.51	0.38	0.23

Percebe-se que, de maneira análoga às análises dos casos 1, 2 e 3, os casos 4 e 5 demonstram ganhos de capacidade que o sistema teria se as manutenções fossem melhoradas ou diminuídas por motivos econômicos, por exemplo. Por outro lado, o caso 6 mostra a capacidade máxima do sistema se não houvesse manutenções da barcaça no ano de operação.

Ao se analisar a Tabela 38, nota-se o efeito similar ao ocorrido quando é retirado um empurrador do sistema, uma vez que uma diminuição dos tempos de quebra das barcaças reduz o tempo médio que o empurrador aguarda por barcaça.

Além disso, percebe-se que a melhoria da manutenção do empurrador (caso 1) ou da barcaça (caso 4) de quatro dias, resulta em uma capacidade do sistema semelhante.

No entanto para os restantes dos casos apresentados não se pode afirmar, sobre o âmbito de ganho de capacidade, qual seria a política mais vantajosa. Isto porque, as premissas de melhoria da manutenção nestes cenários são diferentes, sendo de três dias para a barcaça e quatro dias para o empurrador.

Por fim, a Tabela 39 mostra a capacidade máxima do sistema, se não houvesse docagem tanto do empurrador quanto da barcaça.

Conclui-se que a docagem neste sistema estudado impacta no máximo em aproximadamente 6.4% (175.000 toneladas) na capacidade do sistema de transporte, em relação ao cenário base.

Tabela 39: Comparativo dos dados gerais – Cenário Base e Caso 7

Parâmetro	Cenário Base	Caso 7
Número de Barças Carregadas	546	581
Número de Barças Descarregadas	546	581
Total Carregado (t)	2,730,000	2,905,000
Total Descarregado (t)	2,730,000	2,905,000
Tempo de carregamento (horas)	11.19	11.20
Tempo de descarregamento (horas)	12.63	12.64
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%	100%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%	18%
Utilização do pórtico no Terminal Descarga (%)	79%	84%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%	100%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%	5%
Utilização do pórtico Terminal Carregamento (%)	70%	74%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.06	30.10
Tempo médio que a barça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.25	3.68
Tempo médio que a barça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	2.75	2.14
Tempo médio empurrador esperando barça no Terminal de Descarga (horas)	1.39	0.93
Tempo médio empurrador esperando barça no Terminal de Carregamento (horas)	0.66	0.23

d) **Cenário Maré:** Busca identificar o efeito da restrição de maré no sistema. Para tal, foram simuladas as seguintes alternativas:

- Caso 1: Aumenta a restrição de maré em 2 horas por janela. Assim, o intervalo considerado da primeira restrição é das 6 às 10 e da segunda entre 18 e 22.
- Caso 2: Diminui a restrição da maré do cenário base em 1 hora para as 2 janelas de restrição.
- Caso 3: Não considera a restrição de maré

A Tabela 40 demonstra os diversos impactos que a restrição de maré pode acarretar no sistema quando comparado ao cenário base.

No caso 1, que considera dois intervalos de maré com duração de 4 horas cada, houve uma perda de capacidade em torno 2.25% ou 12 viagens ao ano.

Tabela 40: Comparativo dos dados gerais – Cenário Base e Casos 1,2 e 3

	Caso 1	Cenário Base	Caso 2	Caso 3
Número de Barcaças Carregadas	534	546	549	551
Número de Barcaças Descarregadas	534	546	549	551
Total Carregado (t)	2,670,000	2,730,000	2,745,000	2,755,000
Total Descarregado (t)	2,670,000	2,730,000	2,745,000	2,755,000
Tempo de carregamento (horas)	11.20	11.19	11.20	11.20
Tempo de descarregamento (horas)	12.61	12.63	12.63	12.63
Utilização do berço principal no Terminal Descarga (%)	98%	98%	98%	98%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Descarga (%)	17%	17%	17%	17%
Utilização do pátio no Terminal Descarga (%)	77%	79%	79%	80%
Utilização do berço principal no Terminal Carregamento (%)	97%	97%	97%	97%
Utilização do berço auxiliar no Terminal Carregamento (%)	5%	5%	5%	5%
Utilização do pátio Terminal Carregamento (%)	68%	70%	70%	71%
Ciclo médio total do empurrador (horas)	32.78	32.06	31.84	31.74
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Carregamento (horas)	4.58	4.25	4.14	4.08
Tempo médio que a barcaça espera por empurrador no terminal Descarga (horas)	3.13	2.75	2.65	2.62
Tempo médio de espera por maré no canal de passagem, sentido terminal de carregamento (horas)	0.68	0.16	0.04	0.00
% da viagens afetadas que aguardaram por maré - sentido terminal de carregamento	32%	16%	8%	0%
Média daqueles que aguardaram por maré - sentido terminal de carregamento (horas)	2.15	1.03	0.51	0.00
Tempo médio de espera por maré no canal de passagem, sentido terminal de descarga (horas)	0.35	0.13	0.04	0.00
% da viagens afetadas que aguardaram por maré - sentido terminal de descarga	11%	9%	8%	0%
Média daqueles que aguardaram por maré - sentido terminal de descarga (horas)	3.09	1.34	0.52	0.00

Além disso, a porcentagem de viagens afetadas pela maré no sentido terminal carregamento aumentou de 15,86%, para aproximadamente 32% e o tempo de viagem do empurrador com barcaça vazia de 0.16 para 0.68 horas.

Nota-se no caso 2, cuja restrição é de apenas 1 hora em cada janela, que o impacto da maré para o ciclo do empurrador, no sentido de ambos os terminais é de aproximadamente 0.04 horas. E que o ganho proporcionado é de três viagens ou 15.000 toneladas, em relação ao cenário base.

Por fim, analisando-se o caso 3, a falta de restrição de maré reduziu o ciclo do empurrador em 0.32 horas, resultando em uma capacidade de transporte de aproximadamente 2.755.000 de toneladas, ou um ganho de seis viagens por ano.

e) **Cenário Vento e Onda:** O Objetivo deste cenário é apurar o impacto da restrição de vento e onda no sistema. Desta forma são consideradas as opções:

- Caso 1: Duração da restrição no terminal de carregamento de 20 minutos e no terminal de descarga de 25;

- Caso 2: Duração da restrição no terminal de carregamento de 10 minutos e no terminal de descarga de 25;
- Caso 3: Duração da restrição no terminal de carregamento de 0 minuto e no terminal de descarga de 25;
- Caso 4: Duração da restrição no terminal de carregamento de 25 minutos e no terminal de descarga de 20;
- Caso 5: Duração da restrição no terminal de carregamento de 25 minutos e no terminal de descarga de 10;
- Caso 6: Duração da restrição no terminal de carregamento de 25 minutos e no terminal de descarga de 0;
- Caso 7: Duração da restrição no terminal de carregamento e descarga de 0 minuto;

Pela Figura 68, conclui-se que a diminuição da restrição de vento e onda no terminal de carregamento não impacta na capacidade de transporte do sistema. No entanto, uma vez retirada tal restrição no terminal de descarga, percebe-se o ganho de uma viagem no ano, ou 5.000 toneladas.

Figura 68: Impacto no sistema proveniente da redução do tempo de restrição de vento e onda

- f) **Cenário prioridade de outras embarcações na entrada/saída do terminal de descarga:** A finalidade deste cenário é analisar o impacto da prioridade de outras

embarcações na entrada/saída do terminal de descarga. Assim, foram consideradas as seguintes alternativas:

- Caso 1: Aumento do tempo de ocupação das embarcações do canal de entrada/saída para 25 minutos;
- Caso 2: Redução do tempo de ocupação das embarcações do canal de entrada/saída para 15 minutos;
- Caso 3: Redução do tempo de ocupação das embarcações do canal de entrada/saída para 10 minutos;
- Caso 4: Redução do tempo de ocupação das embarcações do canal de entrada/saída para 0 minutos;
- Caso 5: Mantém-se o tempo de ocupação de 20 minutos e aumenta-se a probabilidade de espera de 30 para 40%;
- Caso 6: Mantém-se o tempo de ocupação de 20 minutos e aumenta-se a probabilidade de espera de 30 para 50%;
- Caso 7: Mantém-se o tempo de ocupação de 20 minutos e aumenta-se a probabilidade de espera de 30 para 100%;

Observa-se na Figura 69 que o aumento de apenas 5 minutos no tempo de entrada/saída de outras embarcações no terminal reduz a capacidade do sistema em uma viagem, quando comparado ao cenário base.

Figura 69: Impacto no sistema proveniente da alteração do tempo de entrada/saída de embarcações cuja prioridade é superior ao do conjunto empurrador barcaça

Por outro lado, o sistema adquire uma maior capacidade de transporte quando se diminui este tempo de 20 para 10 minutos, o que permite a realização de duas viagens a mais ou 10.000 toneladas.

A Figura 70 por sua vez, ilustra o impacto no sistema quando mantido o tempo de 20 minutos de ocupação e a aumenta-se a probabilidade de espera.

Figura 70: Impacto no sistema decorrente do aumento da probabilidade de ocupação de entrada/saída por outras embarcações de maior prioridade

Nota-se que a alteração da probabilidade de espera 30% para 40% diminui a capacidade do sistema em duas viagens. No entanto, quando alterado de 40% para 50%, não há impacto nenhum.

Por fim, caso o empurrador esperasse 100% das vezes para entrar e sair do terminal, o sistema deixaria de transportar um total de 35.000 toneladas, o equivalente a sete viagens.

g) Cenário tráfego de embarcações no canal de passagem: Esse cenário avalia o impacto das embarcações de terceiros no canal de passagem para o sistema, sendo descritas a seguir as alternativas consideradas:

- Caso 1: Aumento do tempo de ocupação das embarcações de terceiros no canal de passagem para 20 minutos;
- Caso 2: Redução do tempo de ocupação das embarcações de terceiros no canal de passagem para 10 minutos;
- Caso 3: Redução do tempo de ocupação das embarcações de terceiros no canal de passagem para 5 minutos;
- Caso 4: Redução do tempo de ocupação das embarcações de terceiros no canal de passagem para 0 minuto;
- Caso 5: Mantém-se o tempo de navegação de terceiros em 15 minutos e aumenta-se a probabilidade de espera de 30% para 40%;
- Caso 6: Mantém-se o tempo de navegação em 15 minutos e aumenta-se a probabilidade de espera de 30% para 50%;
- Caso 7: Mantém-se o tempo de navegação em 15 minutos e aumenta-se a probabilidade de espera de 30% para 100%;

Observa-se pela Figura 71 o impacto na capacidade de transporte do sistema ocasionado pela variação do tempo de navegação no canal de passagem de outras embarcações.

Quando este tempo é de aproximadamente 20 minutos, o sistema perde uma viagem no ano, se comparado ao cenário base. No entanto, a partir da redução deste tempo para 5 minutos ou menos, é possível transportar cerca de 2.740.000 toneladas, ou seja, 2 viagens a mais.

Figura 71: Impacto no sistema proveniente da variação do tempo de navegação de embarcações no canal de passagem

Por outro lado, a Figura 72 ilustra o impacto ocasionado no sistema pela variação da probabilidade de ocupação do canal de passagem por outras embarcações.

Figura 72: Impacto no sistema proveniente da variação da probabilidade de ocupação do canal de passagem

Nota-se pela Figura 72 a perda gradativa da capacidade de transporte conforme se aumenta a probabilidade de ocupação.

No caso mais extremo, no qual o conjunto empurrador-barcaça aguarda 100% das vezes a navegação de outras embarcações, antes de trafegar no canal, o sistema perde uma capacidade de transporte de aproximadamente 25.000 toneladas ou cinco viagens no ano.

A seguir, serão apresentadas as principais conclusões e recomendações do presente trabalho.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa abordou uma nova modalidade de transporte aquaviário, que vem sendo utilizado e ganhando adeptos no Brasil e no mundo, devido aos ganhos econômicos, ambientais e/ou sociais que esta pode apresentar. Tal modalidade foi denominada neste estudo por cabotagem industrial.

A partir de questionários aplicados às empresas que a praticam no mercado nacional e da revisão bibliográfica efetuada, concluiu-se que este é um setor ainda pouco explorado e com grande potencial. No entanto, observou-se falta de incentivos a esta modalidade, como por exemplo:

- Inexistência de uma legislação específica;
- Assim como na cabotagem convencional, há uma tributação adicional ao combustível utilizado quando comparado ao de longo curso;
- Muitos entraves ambientais à sua implantação e operação;
- Carência por uma infra-estrutura adequada, entre outros.

Sendo assim, o trabalho propôs diretrizes de projeto para a cabotagem industrial, visando o balizamento deste tipo de empreendimento.

Além disso, foram identificados os sete principais fatores condicionantes para o projeto de um sistema de cabotagem industrial. Dentre estes, concluiu-se que devido às características do sistema, como: a aleatoriedade dos tempos de processos e por operar em um ciclo fechado, o mais problemático para cabotagem industrial é o dimensionamento da sua operação e do número das embarcações para atender à demanda projetada.

Desta maneira, foi elaborado um modelo de simulação de eventos discretos com o intuito de auxiliar na tomada de decisão, no que tange ao dimensionamento da frota. Para isto, foram simulados diversos cenários com o objetivo de quantificar o impacto de algumas variáveis identificadas ao longo do trabalho que influenciam no dimensionamento do sistema.

Observou-se, que a modificação de uma única variável pode afetar o dimensionamento do sistema como um todo, devido às inter-relações entre os

subsistemas presentes na cabotagem industrial. No entanto, este impacto pode ser relevante ou não, conforme demonstraram as análises de sensibilidade.

Com as premissas adotadas, algumas análises, como: alteração nos tempos de abastecimento e de docagem apresentaram grande impacto no sistema.

Já em outras análises, como: alterações na restrição de maré, prioridade de entrada de outras embarcações no terminal, restrição de vento e onda e, por fim, a espera da navegação de outras embarcações no canal de passagem, foi observada uma pequena variação no sistema

Além disso, as análises de sensibilidade demonstraram que o fato de não se considerar os desvios de tempos dos processos, pode acarretar possíveis erros no dimensionamento de um sistema. Em um dos casos estudado, a diferença entre os cenários com desvio e sem desvio, foi de aproximadamente 25 barcas descarregadas ou 125.000 toneladas.

Cabe ressaltar, que os impactos apresentados são derivados das premissas adotadas e dos dados de entrada, descritos no capítulo 5, que podem ser modificados, no modelo apresentado, para qualquer sistema de cabotagem industrial semelhante ao descrito nesta dissertação.

Desta forma, o modelo de simulação elaborado mostrou-se eficaz ao que foi proposto: comparação entre distintos cenários propostos, e, a partir disto, fornecer ao usuário diversas opções e respostas para melhor balizar e embasar quantitativamente a decisão acerca do dimensionamento.

Portanto, pode-se concluir que o trabalho como um todo foi capaz de atender aos objetivos indicados de prover diretrizes para o transporte de cabotagem industrial, além de fornecer uma ferramenta de apoio à decisão para o dimensionamento de um sistema de transporte deste tipo.

Como recomendações para trabalhos futuros e possíveis continuações do tema abordado, sugere-se estudar e analisar a cadeia logística como um todo, e o impacto da inclusão das pontas ferroviárias ou rodoviárias e os centros produtores e/ou distribuidores, no modelo de simulação proposto.

Além disso, espera-se que o presente trabalho obtenha aplicações práticas, seja no âmbito das diretrizes sugeridas, como também no auxílio à dimensionamento de sistemas reais, através da utilização da metodologia da simulação e da ferramenta construída.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Glossário Aquaviario**. Disponível em: < :// www.antaq.gov.br >. Acesso em: 30 jan. 2008.

ALFREDINI, Paolo. **Obras e gestão de portos e costas**. 1.^aed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

ALUMINERIE ALOUETTE. Disponível em: < www.alouette.qc.ca >. Acesso em 01 de fev.2008

AMORIM, R.P.L. **ESTUDO DO TRANSPORTE DE PRODUTOS SIDERÚRGICOS, EM VIAGENS CÍCLICAS DE COMBOIOS OCEÂNICOS, DENTRO DE UMA VISÃO LOGÍSTICA**. Dissertação apresentada à UFES para obtenção do título em Mestre de Engenharia Civil, Vitória, 2005.

ANDRADE, Aurélio L.,SELEME, Acyr, RODRIGUES, Luís H., SOUTO, Rodrigo. **Pensamento Sistêmico**: Caderno de Campo. Porto Alegre: Bookman, 2006

ANDRADE, T. **A logística da madeira da Aracruz Celulose**. Salvador: BAHIA ANÁLISE & DADOS, v. 13, n. 2, p. 247-251, 2003.

ARACRUZ CELULOSE. Disponível em: < www.aracruz.com.br>. Acesso em: 23 jan. 2008.

ARCELOR TUBARÃO. Disponível em: < www.arcelormittal.com/br>. Acesso em: 30 jan. 2008.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimento/Logística Empresarial**. 5.ed.Porto Alegre:Bookman,2006

BARTHOLDI,J J. GUE,K R. The best shape for a croosdock. **Inform: Transportation Science**.2005.Vol 38, No 2. p - 235-244.

BENATTI, F. **PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA DE TRANSPORTES: Entraves e Perspectivas**. SISTEMA CNT (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE), 2006.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3.^a Edição. Petrópolis: Vozes. 1977 .

BOTTER, R.C. **Planejamento Portuário: Modelo para Análise Operacional do Sistema Porto Associado a Níveis de Serviço**, Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Naval. EPUSP,1985.

BOWERSOX, Donal J; CLOSS, David J; HELFERICH, Osmar K. **Logistical Management: A Systems Integration of Physical Distribution, manufacturing support, and materials procurement**. Third Edition. New York: Macmillan, 1986.

CHYZANOWSKI, Ignacy. **An Introduction to Shipping Economics**. Reino Unido: Fairplay Publications, 1985.

CHWIF,Leonardo; MEDINA, Afonso. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Prática**. 2^a Edição.São Paulo, 2007.254 p.

COMPANHIA DE NAVEGAÇÃO NORSUL. Disponível em: < www.norsul.com.br>. Acesso em: 31 jan. 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa Aquaviária CNT 2006: Portos Marítimos: Longo Curso e Cabotagem**. Brasília, 2006.

CRUZ, M.M. AMORIM, P.L. **Estudo do Transporte de Produtos Siderúrgicos, em Viagens Cíclicas de Comboios Oceânicos, dentro de uma Visão Logística**.2006.

Globalsecurity. Disponível em: < [://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-480/Ch3.htm#tab3_1](http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-480/Ch3.htm#tab3_1)> Acesso em: 23 jan. 2008.

Google Earth. Google Corporation.Versão 1.0 em portugues. 2006.

GOY,L.Minc anuncia redução no prazo para licenças ambientais.**O Estadão de São Paulo**. 17 de julho. 2008.ECONOMIA.

GUALDA, N.D.F. **Terminais de transportes: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional**. Tese de Livre Docência, Departamento de Engenharia de Transportes, 1995.

GUALDA, N.D.F. **The Out-of-Killer algorithm Applied to the Analysis of Alternative Limestone Transport Systems.** Tese apresentada para obtenção do título de Master of Science in Engineering – The University of Texas at Austin. Austin, Texas, 1975.

Highway Capacity Manual. 3rd Ed Washington, D. C., 2000.

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. **Turning vehicle templates: Instruction Manual,** 1987

LIMA JR, O.F. **Metodologia para Concepção e dimensionamento de terminais multimodais de pequeno e médio porte.** Dissertação apresentada à EPUSP para obtenção do título em Mestre de Engenharia, São Paulo, 1988.

Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Rio de Janeiro, 1999.

Marine heavy transport & lift, September 2005. HOORN, F.VAN. **CONTAINER CRANE TRANSPORT OPTION: SELF-PROPELLED SHIP x TOWED BARGE.** London, 2005.

Maritime Technology Conference, October 21, 2005. FLANAGAN, Chris. **Modern ATB The Jones Act Solution.** 2005.

MASS, César A. **Projeto de Terminais Intermodais de Carga Utilizando os Conceitos CADD e Simulação.** Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título em Mestre de Engenharia Civil, Campinas, 2001.

MEDINA, A.C. et al. **DIAGNÓSTICO DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM VISANDO À REGULAÇÃO DO SETOR.** São Paulo, 2007.

MELLO, José Carlos. **Planejamento dos transportes.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

MORLOK, E. K. **Introduction to Transportation Engineering and Planning.** McGraw Hill Kogakusha Ltda, Tokio, 1988.

NETO, R.F. **Modelo de Planejamento e Otimização Ferroviária**. Dissertação apresentada ao Instituto Militar de Engenharia para obtenção do título em Mestre em Ciências em Transportes, Rio de Janeiro, 1986.

Normas da Autoridade Marítima. . Disponível em: < [www. Mar.mil. br/](http://www.Mar.mil.br/) >. Acesso em: 30 jan. 2008.

North American Marine Conference, 2006. ALLAN, R.G. **REGULATIONS ON THE DESIGN AND OPERATION OF SHIPS vs. TUG-BARGE SYSTEMS**. VANCOUVER, 2006.

NOVAES, Antonio Galvão N.,ALVARENGA, Antonio Carlos. **Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição Física**. 2ª Edição, São Paulo: Pioneira, 1994.

PEREIRA, N.N. **Um estudo sobre instalações propulsoras para empurradores fluviais**. Dissertação apresentada à EPUSP para obtenção do título em Mestre de Engenharia Naval, São Paulo, 2007.

PORTAL CELULOSE ONLINE. Disponível em: < www.celuloseonline.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2008.

PORTO, T.M. **Ferrovias**. São Paulo: Epusp, 2004.81 p. Apostila para disciplina de graduação do departamento de engenharia de transportes, PTR – 2501 – Transporte Ferroviário e Aéreo.

RAVARA, ANDRÉ. **Transporte Ferroviário de Cargas: Método de Custeio e Determinação de Fretes**. Dissertação apresentada à EPUSP para obtenção do título em Mestre de Engenharia, São Paulo, 2005.

RIVES, F. O.; MENDES, M. N. e PUENTE, M. M. **Tratado de Ferrocarriles II – Ingeniería Civil e Instalaciones**.Madrid: Editorial Rueda, 1980.

RODRIGUES, P.R.A. **Gestão estratégica da armazenagem**. São Paulo: Aduaneiras, 2003.

RTM. **Regulamento de tráfego marítimo**. Rio de Janeiro: Diretoria de Portos e Costas, 1992.

SILVA, J.L.M. **BARCAÇAS OCEÂNICAS**.São Paulo, 2006.

SILVA, C.A.N. **Transporte hidroviário urbano de passageiros para a região metropolitana de Florianópolis.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título em Mestre de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2001.

W. D. Kelton, R. P. Sadowski, e D. T. Sturrock. **Simulation With Arena.** 3ª edição, 2004

TONDO, C.M. **Um modelo matemático para a localização estratégica de terminais de Contêineres no interior: Aplicação ao Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado – EPUSP. São Paulo, 1992.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Port development: A handbook for planners in developing countries.** New York: 1985

VERACEL. Disponível em: < www.veracel.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2008

WASTEWATER TREATMENT SYSTEM DESIGN AUGMENTING HANDBOOK. DEPARTMENT OF DEFENSE OF UNITED STATES OF AMERICA HANDBOOK, 1997

APÊNDICE A - modelo de questionário para entrevistas**Questionário da Cabotagem Industrial – Versão 1.0**

Nome da
Empresa: _____
Entrevistado: _____
Função: _____
Local: _____
Data: ____/____/2008

1. ESTE QUESTIONÁRIO É **CONFIDENCIAL**.
2. O NOME DO ENTREVISTADO **NÃO SERÁ REMETIDO** JUNTAMENTE COM O QUESTIONÁRIO
3. O OBJETIVO DA ENTREVISTA É ELABORAR UM DIAGNÓSTICO DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL

• DEFINIÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL

Antes de iniciar a entrevista, é necessário definir o que é cabotagem industrial. Dessa forma, evita-se a confusão do que é a cabotagem industrial para os atores e o que está sendo definido nesse estudo.

A cabotagem industrial pode ser definida como uma modalidade de transporte aquaviário destinada à movimentação de cargas homogêneas na costa brasileira, cuja frota de embarcações serve exclusivamente a uma empresa e trafega apenas entre dois portos, com carga em um sentido e vazio em outro, utilizando também barcaças adicionais que permitem a operação com um pequeno tempo de parada nos portos, operando com mínimas interrupções e movimentando expressiva demanda.

1. ENTREVISTA

1.1. INFORMAÇÕES SOBRE A EMPRESA

1.1.1. QUAL O TIPO DE CARGA TRANSPORTADA?

1.1.2. QUAL A PARTICIPAÇÃO DA CABOTAGEM NA MATRIZ DE TRANSPORTE NOS ANOS DE OPERAÇÃO?

1.1.3. QUAL O PERFIL/COMPOSIÇÃO DA FROTA? (TAMANHO, IDADE E ESPECIALIZAÇÃO)

1.1.4. QUAIS OS MODAIS DE TRANSPORTE QUE A EMPRESA UTILIZA INTEGRADO A CABOTAGEM INDUSTRIAL?

RODOVIÁRIO
RODOVIÁRIO E AÉREO
RODOVIÁRIO E FERROVIÁRIO
RODOVIÁRIO E FLUVIAL
RODOVIÁRIO, FERROVIÁRIO E AÉREO
RODOVIÁRIO, FERROVIÁRIO E FLUVIAL
RODOVIÁRIO, FERROVIÁRIO, FLUVIAL E AÉREO
RODOVIÁRIO, FLUVIAL E AÉREO

1.1.5. UMA VEZ IMPLEMENTADO A CABOTAGEM INDUSTRIAL, QUAL FOI O TEMPO DE ADAPTAÇÃO OPERACIONAL (CURVA DE APRENDIZAGEM)?

1.1.6. A EMPRESA PRETENDE REALIZAR NOVOS INVESTIMENTOS NO TRANSPORTE DE CABOTAGEM INDUSTRIAL? POR QUÊ?

MENOS DE 6 MESES
DE 6 MESES A 1 ANO
DE 1 ANO A 1 ANO E MEIO
MAIS DE UM ANO E MEIO

1.1.7. CONHECE ALGUMA EMPRESA QUE PRATICA A CABOTAGEM INDUSTRIAL FORA DO PAÍS? QUAL?

1.1.8. QUAIS SERIAM, EM SUA OPINIÃO, OS FATORES CRÍTICOS NA OPERAÇÃO DE CABOTAGEM INDUSTRIAL? POR QUÊ?

1.1.9. QUAIS FORAM OS ENTRAVES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

1.1.10. FATORES QUE INIBEM A EXPANSÃO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

1.1.11. NA SUA OPINIÃO DO SR. OU A SRA., O QUE DEVERIA SER MODIFICADO PARA NA LEGISLAÇÃO PARA ALAVANCAR O SETOR DA CABOTAGEM INDUSTRIAL? POR QUÊ?

2. TERMINAIS

2.1. DE ACORDO COM A TABELA ABAIXO, QUAL SERIA A CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE TERMINAL (DE ORIGEM E DESTINO)

Tipo de Terminal	Localização	Tipo de operador	Uso	Tipo de Carga
Público	Dentro da área do porto organizado	Público	Público	De terceiros
Público	Dentro da área do porto organizado	Privado	Privado de uso exclusivo	Própria
Público	Dentro da área do porto organizado	Privado	Privado de Uso misto	De terceiros ou própria
Privado	Fora da área do porto organizado	Privado	Privado de Uso misto	De terceiros ou própria
Privado	Dentro ou fora da área do porto organizado	Privado	Privado de uso exclusivo	Própria

2.2. SE O TIPO DE TERMINAL É PÚBLICO, QUAL NOTA VOCÊ ATRIBUI PARA O DESEMPENHO DA MÃO DE OBRA FORNECIDA PELO OGMO (ORGÃO GESTOR DE MÃO DE OBRA) (DE 0 A 10)? (SENDO 0, MUITO RUIM E 10 EXCELENTE). JUSTIFIQUE.

2.3. SE O TERMINAL É PÚBLICO, O SETOR PÚBLICO TEM REALIZADO OS INVESTIMENTOS DE INFRA-ESTRUTURA ADEQUADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA CABOTAGEM INDUSTRIAL?

SIM NÃO

2.4. SE SIM, EM QUAIS ÁREAS? COM QUAIS OBJETIVOS?

2.5. SE NÃO, QUAIS AS ÁREAS QUE NECESSITAM DE INVESTIMENTOS. POR QUÊ?

3. MODAL DE TRANSPORTE

3.1. EM RELAÇÃO AO CUMPRIMENTO DO PRAZO DE ENTREGA, PODE-SE DIZER QUE A CABOTAGEM INDUSTRIAL ATENDE A ESTE REQUISITO?

SEMPRE
QUASE SEMPRE
ÀS VEZES
NUNCA

3.2. QUAIS OS PRINCIPAIS FATORES QUE INFLUENCIAM NO NÃO CUMPRIMENTO DO PRAZO DE ENTREGA?

3.3. COMO SE APRESENTAM OS QUESITOS INTEGRIDADE DA CARGA E HISTÓRICO DE SINISTROS NA CABOTAGEM INDUSTRIAL QUANDO COMPARADA AO MODAL RODOVIÁRIO?

MELHOR
IGUAL
PIOR

3.4. EM UMA ROTA TÍPICA DE CABOTAGEM INDUSTRIAL, QUAIS SÃO OS SEUS PRINCIPAIS ITENS DE CUSTO (%)?

PORTOS
COMBUSTÍVEL
TRIPULAÇÃO