LUÍS EMMANUEL CARVALHO DE ANDRADE

**UM ESTUDO SOBRE TERMINAIS INTERMODAIS
PARA GRANÉIS SÓLIDOS**

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

**São Paulo
2002**

LUÍS EMMANUEL CARVALHO DE ANDRADE

**UM ESTUDO SOBRE TERMINAIS INTERMODAIS
PARA GRANÉIS SÓLIDOS**

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

**Área de Concentração:
Engenharia Naval e Oceânica**

**Orientador:
Prof. Dr. Hernani Luiz Brinati**

**São Paulo
2002**

FICHA CATALOGRÁFICA

Andrade, Luís Emmanuel Carvalho de
Um estudo sobre terminais intermodais para granéis sólidos
/ L.E.C. de Andrade. -- São Paulo, 2003.
246 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

1.Terminais intermodais (Projeto) 2.Simulação 3.Granéis
sólidos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Depar-
tamento de Engenharia Naval e Oceânica II.t.

**A todos aqueles que me nortearam
durante esta batalha. Da primeira
remada, até a chegada. Pois:**

**“Para aquele que não sabe para que
porto viaja, não há vento que lhe
seja favorável.”**

H. F. Haniel

AGRADECIMENTOS

À Escola Politécnica da USP e à Faculdade de Tecnologia de Jahu, pela oportunidade de graduar-me. Podendo, a partir de agora, ter o prestígio de ser considerado mestre em Engenharia Naval e Oceânica.

Ao meu orientador pela receptividade que teve. Discutindo temas, esclarecendo dúvidas, dotado de muita paciência e competência.

A todos aqueles que me auxiliaram na colheita de dados, fornecendo-me fontes para a consecução deste trabalho.

Às pessoas próximas: amigos, familiares, professores, funcionários, os quais de uma forma ou de outra, dia a dia, apoiaram-me, contribuíram e muitas vezes até relevaram situações, fazendo do meu objetivo os seus.

À minha mãe pela compreensão que teve em meus períodos mais críticos, por nunca deixar de confiar em minha potencialidade. De forma que, sem tal respaldo, nada faria sentido.

A todos os colegas de turma pela união e companheirismo. Pela possibilidade de compartilhar alegrias e sofrimentos nas sextas à tarde e nos sábados de manhã.

Àquele em quem me apoiei, que nutriu-me de forças e acima de tudo possibilitou-me subir um degrau de toda uma escada que vem pela frente: DEUS.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização do Problema.....	1
1.2. Revisão Bibliográfica.....	4
1.3. Objetivo.....	9
1.4. Organização do Texto.....	10
 2. ESTUDOS PRELIMINARES PARA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DO	
TERMINAL.....	12
2.1 Estudo de Demanda.....	12
2.1.1 - Cargas à granel para retorno.....	15
2.1.2 - Conclusão do Estudo de Demandas.....	20
2.2 - Descrição da Carga.....	21
2.2.1 - Características da soja.....	21
2.2.2 - Período de produção.....	21
2.3 - Previsão de Quantidades Movimentadas.....	22
2.3.1 - Projeção da Produção.....	22
2.3.2 - Escoamento de Soja pela Hidrovia.....	27
2.4 - Estimativa de Capacidade da Hidrovia.....	29
2.4.1 - Fatores Limitantes.....	32

3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TERMINAIS MULTIMODAIS

PARA GRANEIS SÓLIDOS.....	36
3.1 – Finalidade dos Portos Fluviais.....	36
3.2 – Esquema Básico de um Terminal Multimodal.....	37
3.3 – Subsistema Hidroviário.....	40
3.3.1 – Configurações do sistema de atracação.....	42
3.3.2 – Arranjos utilizados para a movimentação dos equipamentos no cais.....	43
3.3.3 – Elemento de transbordo.....	44
3.4 – Subsistema Ferroviário.....	51
3.4.1 – Considerações gerais sobre componentes ferroviários.....	52
3.4.2 – Setor de carga e descarga.....	57
3.5 – Subsistema Rodoviário.....	59
3.5.1 – Considerações gerais sobre componentes rodoviários.....	61
3.5.2 – Elemento de carga de descarga.....	63
3.6 – Setor (subsistema) de Armazenagem.....	64
3.6.1 – Parâmetros para concepção de um complexo de armazenagem.....	65
3.6.2 – Aspectos gerais dos sistemas de armazenagem.....	68
3.7 – Subsistema de Movimentação.....	70
3.7.1 – Interação do subsistema de movimentação.....	71
3.7.2 – Equipamentos de movimentação.....	71
3.7.3 – Seleção dos equipamentos.....	73
3.8 – Critérios de Avaliação do Terminal.....	75
3.8.1 – Considerações gerais.....	75
3.8.2 – Critério do custo global.....	76
3.8.3 – Método do valor presente líquido.....	84
 4 - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS TERMINAIS FLUVIAIS DE GRANÉIS SÓLIDOS DA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ.....	 85
4.1 - Os terminais da Hidrovia Tietê – Paraná.....	85
4.2 - Característica dos Terminais.....	89
4.3 – Análise dos Terminais	92
4.3.1 – Setores modais	92

4.3.2 – Sistema de movimentação.....	95
4.3.3 – Armazenagem.....	98
5 – DIMENSIONAMENTO DE TERMINAL – UM ESTUDO DE CASO.....	100
5.1 - Condicionantes de Projeto.....	100
5.1.1. - Terminal de recepção hidroviária	100
5.1.2 - Projeto modular.....	101
5.1.3 - Evolução da movimentação.....	101
5.1.4 - Distribuição da movimentação de carga.....	102
5.1.5 - Distribuição da recepção e expedição das cargas.....	103
5.1.6 - Distribuição de chegada e tempos de atendimento e eventos nos pátios.....	105
5.1.7 - Tratamento dado aos clientes.....	107
5.2 – Especificação Parcial do Terminal.....	107
5.2.1 – Subsistema hidroviário.....	109
5.2.2 – Subsistema rodoviário.....	112
5.2.3 – Subsistema ferroviário.....	114
5.2.4 – Escolha do tipo de armazém / silo.....	115
5.2.5 – Equipamentos de movimentação interna.....	118
5.2.6 – Estimativa da área alocada.....	119
5.3 – O Procedimento de Simulação.....	121
5.3.1 – Estimativa da área alocada.....	125
5.3.2 – Resultados preliminares.....	126
5.4 – Levantamento de Custos para Avaliação do Terminal.....	129
5.5 – Formulação das Alternativas.....	135
5.5.1 – Alternativas de projeto para 2005.....	135
5.5.2 – Alternativas de projeto para 2010.....	140
5.5.3 – Alternativas de projeto para 2015.....	144
5.5.4 – Considerações gerais sobre as alternativas.....	148
5.6 – Avaliação das Alternativas.....	151
5.6.1 – Aplicação do critério de custo global.....	151
5.6.2 – Emprego do critério do Valor Presente Líquido.....	154

5.6.3 – Emprego do critério de tempo máximo de permanência.....	158
5.6.4 – Emprego do critério de tempo máximo de permanência.....	158
5.7 – Determinação de outras Características do Terminal.....	160
5.7.1 – Determinação da capacidade de pátios e área de fundeio.....	160
5.7.2 – Definição do número de gares.....	161
5.7.2 – Definição do número de berços.....	162
5.8 – Especificação da Solução.....	163
5.8.1 – Arranjo físico.....	163
5.8.2 – Característica econômica.....	167
5.8.3 – Comportamento operacional.....	168
 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	 170
6.1 – Síntese do Trabalho.....	170
6.2 – Principais Conclusões.....	171
6.3 – Recomendações.....	174
ANEXO A – Mapa do Terminais da Hidrovia.....	176
ANEXO B – Fotos dos Terminais de soja da Hidrovia Tietê-Paraná.....	179
ANEXO C – Modelo de Simulação.....	200
ANEXO D – Tabelas (taxa efetiva de atratividade e coeficiente efetivo de espera) .	224
ANEXO E – Arranjo Geral do Terminal	235
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	237

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estimativa mensal de colheita de soja.....	22
Figura 2.2 - Carga atual potencialmente movimentável e economicamente viável para exportação de soja através do porto de Santos panorama 2000.....	26
Figura 2.3 - Carga atual potencialmente movimentável e economicamente viável para exportação de soja através do porto de Santos panorama 2015.....	26
Figura 2.4 - Capacidade máxima de movimentação de soja + farelo na hidrovia, segundo hipóteses assumidas.....	35
Figura 3.1 - Esquema básico do terminal multimodal.....	38
Figura 3.2 - Macro-concepção do setor hidroviário.....	42
Figura 3.3 - Tipologia do sistema de atracação.....	43
Figura 3.4 - Arranjos de movimentação dos equipamentos no berço.....	44
Figura 3.5 - Modelo de expedição hidroviária “ <i>shiploader</i> ”.....	45
Figura 3.6 - Transbordo utilizando equipamento pórtico.....	46
Figura 3.7 - Porão com baixa coluna de carga (uso de máquina para facilitar o transbordo da carga)	48
Figura 3.8 - Máquina auxiliando no transbordo do granel.....	48
Figura 3.9 - Baixa taxa de movimentação.....	48
Figura 3.10 - Fim do descarregamento.....	48
Figura 3.11 - Descarregamento por sugador.....	49
Figura 3.12 - Acesso e Egresso ferroviária.....	53
Figura 3.13 - Tipologia e dimensões principais.....	54

Figura 3.14 - Gabarito de instalações fixas.....	56
Figura 3.15 - Formas de posicionamento e manobra ferroviários.....	57
Figura 3.16 - Processo de recepção ferroviário.....	58
Figura 3.17 - Macroconcepção do setor rodoviário.....	61
Figura 3.18 - Inclinação de rampa.....	62
Figura 3.19 - Características de circulação e manobra rodoviária.....	62
Figura 3.20 - Sistema de descarregamento por plataforma inclinada (a) e moega de recepção subterrânea (b).....	64
Figura 3.21 - Tipo e características de silos e armazéns graneleiros.....	67
Figura 3.22 - Características das pilhas de estocagem de granéis sólidos.....	67
Figura 3.23 - Fluxograma subsistema armazenagem.....	69
Figura 3.24 - Pulmão de expedição.....	70
Figura 4.1 - Terminais Intermodais de cargas na região de influência da Hidrovia Tietê-Paraná.....	86
Figura 5.1 - Distribuição mensal de grão in natura mais farelo.....	104
Figura 5.2 – Expedição Rodo-Ferrovária.....	104
Figura 5.3 – Esquema básico do terminal.....	108
Figura 5.4 - Comboio tipo Tietê.....	110
Figura 5.5 - Rodo-trem modelo Scania.....	113
Figura 5.6 - Semi-reboque modelo Scania.....	114
Figura 5.7 - Vagão Hopper fechado convencional.....	115
Figura 5.8 – Vista parcial, corte A-A	118
Figura 5.9 - Vista parcial, corte B-B.....	120
Figura 5.10 - Fluxograma do descarregamento da chata.....	122

Figura 5.11 - Fluxograma do carregamento da composição ferroviária.....	123
Figura 5.12 - Fluxograma do carregamento das carretas.....	124
Figura 5.13 - Variação do tempo de permanência em função da taxa de movimentação, 2005.....	138
Figura 5.14 - Variação do tempo de permanência em função da taxa de movimentação, 2010.....	142
Figura 5.15 - Variação do tempo de permanência no terminal em função da taxa de movimentação, 2015.....	146
Figura 5.16 – Custos Globais versus Valor presente para as respectivas soluções.....	155
Figura 5.17 - Arranjo detalhado do terminal.....	164
Figura 5.18 - Vista parcial corte A:A.....	165
Figura 5.19 - Vista parcial corte B:B.....	166
Figura 5.20 – Participação dos componentes no investimento total.....	167
Figura 5.21 - Participação percentual dos itens de formação da tarifa.....	168
Figura 5.22 – Variação dos tempos de permanência dos veículos no terminal.....	169
Figura 5.23 – Variação dos estoques ao longo do período de simulação.....	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Estimativa da safra 1998/1999 (em 10 ³).....	14
Tabela 2.2 - Produção agrícola estadual safra 1998/1999.....	15
Tabela 2.3 - Produção e Consumo de Cimento: 2000/2005/2015.....	18
Tabela 2.4 - Consumo de fertilizante para cultura no Brasil.....	19
Tabela 2.5 - Consumo de fertilizante 2000/2005/2015.....	19
Tabela 2.6 - Estimativa mensal de colheita de soja.....	22
Tabela 2.7 - Estimativa de áreas potenciais para produção de soja no país.....	23
Tabela 2.8 - Produção de soja em áreas de expansão de fronteira agrícola 2000 / 2015 (em mil t).....	24
Tabela 2.9 - Escoamento de soja e farelo na hidrovía Tietê-Paraná 1999.....	28
Tabela 2.10 - Escoamento de soja e farelo na hidrovía Tietê-Paraná 2000.....	28
Tabela 2.11 - Capacidade máxima de tráfego das eclusas da hidrovía Tietê- Paraná.....	31
Tabela 2.12 - Projeções máximas mensais de fluxo de soja, parametrizadas pelos anos de 1999 e 2000.....	34
Tabela 3.1 – Tabela comparativa entre as categorias de equipamento de transbordo.....	50
Tabela 4.1 – Características dos modais.....	89
Tabela 4.2 – Característica do setor de movimentação.....	90
Tabela 4.3 – Características do setor de armazenagem.....	91
Tabela 5.1 Distribuição mensal da movimentação de soja (ton e %).....	102
Tabela 5.2 - Distribuição de chegadas dos comboios.....	103

Tabela 5.3 – Expedição do granel pelos modais ferro-rodoviários	104
Tabela 5.4–Oferta mensal requerida de composições ferroviárias e carretas..	105
Tabela 5.5 - Tempos para execução de atividades nos pátios rodoviário e ferroviário e na área de evolução	106
Tabela 5.6 – Características Principais do Comboio Tipo Tietê	109
Tabela 5.7 - Modelos de Carretas.....	113
Tabela 5.8 - Dimensões da vaga rodoviária.....	114
Tabela 5.9 - Modelo de vagão	114
Tabela 5.10 – Características dos Equipamentos de Movimentação.....	118
Tabela 5.11 – Estimativas preliminares das células de estocagem.	128
Tabela 5.12 - Característica do Terminal para os 3 cenários.....	130
Tabela 5.13 - Parâmetros para a estimativa dos custos	131
Tabela 5.14 - Custos unitários para estimativa dos investimentos.....	132
Tabela 5.15 – Alternativa de sistema de Armazenagem em 2005.....	137
Tabela 5.16 – Comparação das Alternativas para 2005.....	137
Tabela 5.17 – Composição dos custos para definição da tarifa em 2005.....	139
Tabela 5.18 – Alternativa de capacidade de estoque em 2010.....	140
Tabela 5.19 – Comparação das Alternativas para 2010.....	141
Tabela 5.20 – Composição dos custos para definição da tarifa em 2010.....	143
Tabela 5.21 – Alternativa de sistema de armazenagem em 2015.....	144
Tabela 5.22 – Comparação das Alternativas para 2015.....	145
Tabela 5.23 – Composição dos custos de cada cenário para definição da tarifa em 2015.....	147
Tabela 5.24 - Custos de investimento até 2015.....	150

Tabela 5.25 – Comparação dos custos de espera e global para o ano de 2005..	152
Tabela 5.26 - Comparação das Alternativas para 2010 - Critério do Custo Global.....	153
Tabela 5.27 - Comparação das Alternativas para 2015 – Critério do Custo Global.....	154
Tabela 5.28 – Comparação das Alternativas – Critério do Valor Presente Líquido.....	156
Tabela 5.29 - Efeito da Taxa efetiva de Atratividade sobre o Valor Presente Líquido.....	157
Tabela 5.30 – Efeito da variação do número de gares.....	162
Tabela 5.31 – Efeito da inclusão de outro berço – 2015.....	163
Tabela 5. 32 – Resumo dos elementos do terminal.....	163

RESUMO

Este trabalho está relacionado com a implantação de adequados terminais intermodais para granéis sólidos nas margens das hidrovias, de modo a aumentar a participação do modal fluvial na matriz de transporte do país.

Apresenta-se, inicialmente, um panorama da distribuição modal de transportes em que se enfatiza a deficiência dos terminais fluviais existentes como um fator responsável por esta distribuição.

É estabelecido, então, como objetivo do trabalho o desenvolvimento do projeto de um terminal intermodal para a hidrovia Tietê-Paraná.

O primeiro passo para o projeto é um estudo de demandas e de capacidade da via onde se define: o tipo de carga, quantidade de carga movimentada atualmente e a projeção de demanda, bem como a distribuição da movimentação ao longo do ano. E, em seguida, estima-se a capacidade de movimentação da via.

Para desenvolver o projeto é feita uma compilação de diretrizes propostas para dimensionamento de terminais e de seus subsistemas (hidroviário, ferroviário, rodoviário, de armazenagem e de movimentação). Além disto, são analisados os critérios para avaliação do terminal.

Antes de desenvolver o projeto, faz-se uma análise crítica dos terminais existentes na hidrovia, assinalando-se suas falhas.

Para o dimensionamento do terminal são formuladas diversas configurações que envolvem combinações de diferentes taxas de movimentação e diferentes capacidades de armazenagem. Utilizando a técnica de simulação, com o emprego do software ARENA, obtém-se o desempenho destas configurações em termos de tempo de permanência para cada modal, que mede o nível de serviço oferecido pelo terminal. As alternativas geradas são, então, avaliadas em função do nível de serviço oferecido e do valor presente líquido do investimento, o que conduz a escolha de melhor solução.

ABSTRACT

This thesis is related to the implementation of suitable intermodal terminals for solid bulk cargo with the purpose of increasing the inland waterway participation in the country transportation matrix .

Firstly, it is presented a general view of the modal transportation distribution, mainly based on the highway modal, in which the deficiency of the existing inland terminals is stressed as a factor for this distribution.

It is specified, therefore, as the purpose of this thesis, the development of the project of an intermodal terminal for the Tietê-Paraná waterway.

As the first step of the study, it is performed an analysis of cargo demand as well as of the waterway capacity, in which it is defined: the type of cargo, the amount of cargo transported and its distribution along the year. It is also estimated the cargo demand for the future which remains below the waterway capacity.

In order to prepare the project development, it is done a compilation of procedures recommended for multimodal terminals and their components (waterway, railway and highway ends, storage systems and cargo handling equipments). Besides, some criteria to evaluate the terminal performance are presented. A critical analysis of the waterway existing terminals is then presented and their drawbacks are pointed out.

For the terminal project, some configurations, which involve combinations of different handling rates and storage capacities , are formulated. The performance evaluation of each option , in terms of vehicle stay time at the terminal, is done by probabilistic simulation technique, employing the commercial software ARENA.

The generated options are then compared in terms of service level and net present value and the best configuration is then selected.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Contextualização do Problema

É de conhecimento geral que o Brasil possui um sistema de transporte de carga insatisfatório, com uma concentração inaceitável no modal rodoviário. Como mencionado por Riva (1990), este viés da matriz de transporte se deve a uma filosofia rodoviarista implantada no país a partir da década de 60, através da construção de estradas, subsídios ao óleo diesel e às transportadoras rodoviárias, bem como à indústria automobilística.

Como consequência os demais modais são bem menos utilizados; a hidrovia que é “uma grande estrada, uma via natural, um dos meios de transporte mais antigo, movimenta apenas cerca de 1% da produção nacional GEIPOT (1999). O modal ferroviário também tem uma pequena participação no transporte de cargas no país, responde por apenas 32,7% do total, levando ainda em consideração a grande parcela de minério de ferro movimentada, GEIPOT (1999).

É importante ressaltar que a matriz de transportes em outros países é muito diferente da brasileira, com participação bem mais significativa dos modais ferroviário e hidroviário que têm uma maior eficiência energética e conseqüentemente acarretam uma menor custo de transporte.

Conforme mencionado por Pavan (1999), em função das distorções da atual matriz de transporte o Brasil apresenta um dos mais elevados custos de transportes em todo o mundo, sendo o dobro do verificado no Canadá, Rússia e China, e 60% maior do que nos Estados Unidos. Este mesmo autor salienta que este desequilíbrio tem reflexo sobre a matriz energética brasileira. Devido ao excesso de consumo de óleo diesel, o país tem que recorrer à importação deste produto para

evitar ainda mais excedentes de gasolina. O modal rodoviário é responsável por 68% do consumo de óleo diesel em todo País.

Pode-se ainda abordar o problema sob um outro enfoque. Segundo a GEIPOT (2001), o total das economias geradas por fretes e por dispêndios energéticos somente para a soja e subprodutos, em 2000, caso tivessem sido utilizadas as rotas otimizadas, utilizando o conceito multimodal, chegariam a US\$ 26,69 milhões; estes resultados foram obtidos tomando como referência as rotas para Rotterdam e Shangai e representariam uma expressiva redução do custo médio por tonelada exportada.

É importante ressaltar um outro fator que tem contribuído para a manutenção desta matriz de transporte. Trata-se da ineficiência dos portos marítimos brasileiros bem como dos terminais fluviais. Conforme estudo do GEIPOT (2001), é importante observar que, além dos incentivos concedidos ao modal rodoviário e da existência de regiões em que somente o transporte rodoviário tem acesso, persistem ainda dificuldades operacionais, como falta de capacidade de terminais de transbordo e de equipamentos adequados, entre outras, para implementação eficiente do transporte multimodal.

Em se tratando de integração operacional, em estudo realizado pelo DERSA (1987b), é enfatizado que o transporte hidroviário é extremamente dependente de outros modais para propiciar o escoamento de um produto desde o local de produção até o consumidor final. Nestas condições, os terminais desempenham uma conexão entre os modais e o balanceamento dos fluxos. Morlok (1978), também afirma que os terminais têm uma importância capital na adequação do transporte intermodal e enfatiza que a sua localização, seu dimensionamento e de seus componentes influirão na eficiência e rentabilidade dos sistemas em nível nacional.

Para a mudança da matriz de transportes fica, assim, evidenciada a necessidade, de um lado, da modernização dos portos brasileiros, o que já vem

ocorrendo nos últimos anos e de outro lado da implantação de terminais fluviais adequados.

No que diz respeito aos terminais fluviais, que é o objeto central deste estudo é patente a inadequação dos terminais existentes. Nota-se, em particular, que alguns terminais ao longo da hidrovía Tietê-Paraná estão desativados ou funcionando de forma precária. Constata-se, em alguns casos, a falta de um plano diretor na definição do terminal.

Os dados e comentários anteriores revelam uma realidade bastante insatisfatória do transporte multimodal brasileiro. É importante, então, examinar se existem tendências de mudança deste quadro. Alguns fatores devem ser considerados.

As privatizações das ferrovias, ampliação e remodelação da mesma, e a concretização das hidrovias vêm provocando uma lenta mudança no cenário de movimentação de cargas, GEIPOT (1999).

Da mesma forma, verifica-se que as privatizações das rodovias, além de uma decrescente queda dos subsídios ao diesel e pedágios, vêm agregando valor ao frete rodoviário, reforçando a tendência de mudança na atual matriz de transporte.

Uma alteração mais radical da matriz de transporte depende de diversos fatores; um deles é, sem dúvida, a existência de terminais intermodais adequados.

É de conhecimento notório que a insuficiência de parâmetros e critérios para a concepção de projetos de terminais fluviais de graneis sólidos, dentro de uma realidade brasileira, tem grande contribuição na falta de eficiência operacional, nível de serviço e integração multimodal.

1.2 - Revisão Bibliográfica

Não existem muitas referências sobre projeto de terminais fluviais, mas pode-se extrapolar certas recomendações apresentadas para terminais marítimos e mesmo para movimentação de carga em instalações industriais. Inicialmente são mencionados trabalhos específicos para dimensionamento de terminais intermodais fluviais.

Lima (1988) introduz uma metodologia para concepção e dimensionamento de terminais multimodais de pequeno e médio porte, que se constitui na principal referência para o presente estudo. Neste trabalho o autor inicia com a abordagem do terminal sob um enfoque sistêmico, definindo o terminal e seus sistemas, salientando que o terminal em essência tem a função de transferência de cargas, mas que acaba incorporando outras funções como abrigo e manutenção de veículos ou armazenagem de carga.

Em seu estudo Lima utiliza o conceito de capacidade associada a níveis de serviço, voltado principalmente para os aspectos dimensionais e de capacidade. A metodologia proposta é formulada para a concepção de um terminal modular dependente, então, das projeções pré-definidas. A metodologia contempla 4 fases distintas:

- i) Especificação do problema - definição dos parâmetros e variáveis intervenientes, bem como as restrições e recursos existentes, para uma situação em estudo;
- ii) Caracterização e dimensionamento dos componentes – apresenta o dimensionamento do terminal em quatro subsistemas, com particularidades distintas: rodoviário, ferroviário, hidroviário e de movimentação e armazenagem;
- iii) Geração de alternativas – a partir da fase anterior tem-se subsídios para a geração do arranjo físico e visualização dos níveis de utilização dos componentes, realizando na sequência o balanceamento dos fluxos e a concepção de diversos arranjos físicos;

iv) Avaliação e seleção da solução – efetua-se uma avaliação das configurações viáveis geradas anteriormente.

Em outro trabalho, o IPT (1985) mostra o desenvolvimento do projeto básico de implantação de um terminal intermodal no Médio Tietê com localização no município de Pederneiras. É elaborado um estudo de cargas potenciais para o terminal, determinando para isto uma matriz de escoamento dessas cargas.

O estudo dá ênfase à concepção do projeto modular com demanda pré-definida, para os horizontes de tempo estabelecidos em estudo preliminar, e para isto ressalta a importância de se estimar a capacidade de tráfego da hidrovia. Com relação à localização estratégica, cita a importância da integração com os meios de transportes rodoviário e ferroviário, além da geografia do local. É efetuada também uma simulação do comportamento dos sistemas de transporte no período de 1987 a 1990 para se estimar volumes, os fluxos de transporte, através de modelos desenvolvidos pela TRANSESP SPT.

O estudo salienta ainda que a definição da tarifa de transporte é de fundamental importância para a estimativa da demanda de transporte na hidrovia, pois é, a partir dessas tarifas, que o usuário decide a utilização de um ou outro modo de transporte, bem como seus percursos.

Na concepção do *lay-out*, os fatores determinantes são os seguintes:

- características locais de geologia e topologia, pois as alternativas de implantação decorrem das características do meio físico local e dos requisitos exigidos para atendimento aos aspectos operacionais.
- acessos terrestres (ferrovia e rodovia) e requisitos do seu traçado;
- capacidade prevista de tráfego e flexibilidade para atendê-la nas várias etapas de demanda;
- disciplina de ocupação física (plano diretor) pelo setor público e pela iniciativa privada;

- condicionantes de obras civis, notadamente obras de terra e consolidação dos berços de atracação das embarcações.

Uma outra referência, de caráter igualmente abrangente, mas voltado a terminais marítimos, é o trabalho da TRANSESP (1978) que trata do projeto básico do porto-piloto de São Sebastião.

Esta referência identifica os diversos componentes que o projetista deve considerar na concepção de qualquer terminal intermodal, com as respectivas interfaces e características peculiares, tendo como foco a carga que será movimentada neste terminal, dando ênfase aos sistemas de transbordo como condicionantes do projeto. São examinados: a característica do meio natural, a definição das condições operacionais, acessos terrestres e marítimos, a definição de tráfegos, os potenciais de cargas do porto, a definição do *lay-out* do porto e os equipamentos de transbordo.

Agerchou (1983), em seu trabalho sobre terminais marítimos, dá um enfoque preponderante para aspectos de infra-estrutura portuária, dado que estes terminais são mais suscetíveis a condições climáticas como onda, vento e corrente. Este mesmo autor, também faz algumas considerações com respeito ao projeto de sistemas de movimentação e armazenagem e com relação ao planejamento, organização e operação de terminais marítimos.

Hennesand e Ekse (1963) “salientam que um porto (terminal) fluvial apresenta problemas de projeto muito mais simples que portos marítimos, principalmente pelo fator de proteção à ação de ondas”. Concluem que as restrições dependem menos da topografia do que das conexões ferroviárias e rodoviárias e em maior grau de seus clientes potenciais que lhe geraram carga, comércio e também do plano diretor da cidade. Tudo isso significa que o projetista tem mais liberdade na escolha da localização e no desenvolvimento do projeto.

Os autores apontam ainda que os portos fluviais dificilmente demandam piers e outras obras perpendiculares à margem, já que em geral não existe restrição de espaço terrestre e, em contrapartida, existem limitações de largura do rio. Destacam que com isto, a localização dos portos passa a ser fruto das origens e destinos das cargas a serem transportadas, havendo maior flexibilidade de localização.

Gualda (1995) apresenta uma síntese de vários estudos e pesquisas relacionadas à modelagem e à análise de terminais de transporte, focalizando o seu planejamento e o dimensionamento. Este trabalho contribui para a modelagem e análise dos diferentes problemas enfrentados pelo projetista de diferentes tipos de terminais de transporte, mas com um enfoque maior para terminais aeroportuários.

O autor formula diversas alternativas, apresenta diversos modelos e propostas para tratar de problemas como macrolocalização de terminais, concepção e otimização de *lay-out* de terminais, dimensionamento, balanceamento, capacidades de terminais associadas a níveis de serviço, dimensionamento de frotas de veículos e equipamentos de pátios de interface, e de alocação de aeronaves a posições de estacionamento em pátios aeroportuários.

Gualda dá ênfase para a utilização da abordagem sistêmica e de métodos quantitativos na formulação e na solução de problemas voltados para o balanceamento de capacidade, para o dimensionamento operacional de terminais e de componentes dos mesmos.

O terminal, segundo Morlok (1978), pode ser visto como um elemento de um sistema de transporte, facilitando o fluxo de carga e absorvendo em determinadas condições, parte desta carga. Para executar esta função o terminal requer uma planta física, mão de obra e equipamentos; uma operação eficiente do terminal depende de um estudo de tempos e métodos.

Morlok define ainda a capacidade de um terminal como a medida do fluxo de cargas que é processado por ele. Pode-se medir avaliar a capacidade máxima de movimentação supondo um fluxo máximo e contínuo ou então o máximo volume de movimentação para valores aceitáveis de tempo de espera e taxas de utilização dos equipamentos. A previsão de filas e tempos de espera é um dos aspectos importantes no dimensionamento dos terminais. O autor coloca como ferramentas para cálculo destes parâmetros a teoria de filas e a técnica de simulação.

Kondratowicz (1990) desenvolve um modelo de simulação, feito em Fortran, que representa diversas as tarefas existentes em um terminal, utilizando para os parâmetros, valores obtidos diretamente de uma situação existente. É possível assim simular a operação de um terminal em função de alguns dados de entrada. Uma outra característica do modelo é que ele não funciona com distribuições de tempos mas com distribuição de taxas ou vazões, isto é, com valores de movimentação de grãos por navios ao dia, caminhões por dia, etc.

Este modelo fornece resultados satisfatórios se for utilizado para simular grande períodos de tempo. Assim, ele é muito adequado para se testar, por exemplo, a instalação de um novo equipamento, ou um novo berço. Para se testar pequenas mudanças como dias de chuva, greve de curta duração ou a introdução de uma única empilhadeira, é utilizado o artifício de simular isso por um grande período de tempo e depois, converter o resultado. Uma outra desvantagem deste modelo é o fato de não levar em conta restrições de área para a armazenagem de carga.

Wadhwa (2001), elabora um modelo de simulação em ARENA que representa a operação de um terminal de graneis sólidos que possui dois (shiploaders) carregadores de navio e opera regularmente com um shiploader. O autor analisa a eventual utilização do segundo carregador em função do tamanho da fila e a manutenção do equipamento principal, associando um nível de serviço que corresponde a uma relação tempo de espera do navio versus taxa de carregamento. Nesta análise o autor estabelece como critério que o tempo de espera mais o tempo de carregamento não pode exceder o tempo permissível de permanência no cais,

descrito por uma expressão que agrega uma penalização de acordo com uma taxa de “demurrage” 2 vezes maior que a tarifa de movimentação.

Com a simulação de alguns cenários, o autor desenvolve uma estratégia que considera um ponto de equilíbrio entre os custos de espera do navio e os da utilização de dois shiploaders e assim, é possível determinar-se qual o melhor esquema de operação levando em consideração volumes de movimentação anual.

1.3 - Objetivo

Conforme mencionado em 1.1, a inexistência de terminais intermodais adequados junto às hidrovias é um dos fatores que contribui para a concentração da matriz de transportes no modal rodoviário e inibe a maior participação do modal hidroviário. Em especial, a movimentação de cargas na hidrovia Tietê – Paraná está abaixo do previsto. Uma possível causa é a inadequação dos terminais existentes.

O objetivo central do trabalho é elaborar o projeto de um terminal intermodal para graneis sólidos a ser implantado na hidrovia Tietê – Paraná.

Para a elaboração do projeto adotam-se as seguintes premissas:

- o terminal funciona como um prestador de serviços aos clientes transportadores, oferecendo e cobrando todos os serviços que são de seu escopo;
- o terminal deve ser encarado como pólo fomentador para atração de cargas que tenham características hidroviárias dentro de uma rede multimodal;
- adota-se para o dimensionamento uma concepção modular, de modo a permitir a ampliação do terminal, decorrente de um aumento de fluxo de cargas na hidrovia.
- busca-se a integração multimodal, flexibilidade e a otimização do sistema.

Como atividade preliminar é realizado um estudo de demanda de carga para a hidrovia que irá servir como referência para estimar a capacidade do terminal.

Para o desenvolvimento do projeto será utilizada a metodologia proposta por Lima (1988) com a formulação de diversas configurações para o terminal. Em seguida, estas configurações são avaliadas mediante a utilização da técnica de simulação de acordo com os critérios de mérito selecionados, de modo a se obter a melhor alternativa.

1.4 - Organização do Texto

Este trabalho encontra-se dividido, além deste capítulo introdutório, da forma apresentada a seguir:

No capítulo 2 é elaborado um estudo de demandas que contempla essencialmente granéis sólidos e cargas de retorno. São apresentadas as respectivas projeções, considerando os atuais e futuros cenários. É realizado também um estudo básico, para se definir um patamar de capacidade máxima de movimentação deste terminal em função da capacidade de movimentação da hidrovia.

No capítulo 3 são apresentados os princípios básicos que orientam o projeto de um terminal intermodal de granéis sólidos, desde a escolha dos componentes até a avaliação econômica do terminal.

No capítulo 4 é apresentado um levantamento de dados, sobre localização, capacidades de movimentação, tipos de equipamentos, *lay-out* e sistemática de operação dos terminais intermodais existentes na hidrovia Tietê-Paraná. Efetua-se uma análise crítica destes terminais.

No capítulo 5 apresenta-se, como exemplo de aplicação o dimensionamento de um terminal intermodal no Tietê na região de Pederneiras que deve atender a um fluxo de carga estimado para um horizonte 2005/2010/2015. Utilizando os princípios apresentados no capítulo 3 define-se uma configuração

inicial para o terminal. São examinadas, então, diversas alternativas recorrendo ao método de simulação. Como critério de avaliação utiliza-se o critério de custo global, o método do valor presente líquido e o critério do tempo máximo de permanência dos modais.

No Capítulo 6, finalmente são apresentadas as conclusões e recomendações do trabalho.

2 - ESTUDOS PRELIMINARES PARA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DO TERMINAL

O objetivo do presente trabalho é definir um procedimento para projeto de terminais hidroviários de graneis sólidos. Como exemplo de aplicação será considerada a hidrovia Tietê-Paraná. Como etapa preliminar para o dimensionamento é necessário ter um estudo inicial que defina os tipos de carga que o terminal movimentará bem como as quantidades. O projeto do terminal deve ter um caráter dinâmico, de modo que ele possa atender o aumento do movimento de carga; para isso é conveniente ter também uma projeção do movimento de carga no sistema hidroviário. Este capítulo apresenta um estudo de demanda na hidrovia considerando sua evolução até 2015. Para estabelecer uma limitação para o dimensionamento do terminal apresenta-se uma análise da capacidade de transporte da hidrovia.

2.1 - Estudo de Demanda

Neste estudo é examinado o potencial de cargas a granel na área de influência da hidrovia. Para dimensionamento de um terminal hidroviário de graneis sólidos, deve-se estimar a quantidade de carga que pode ser transportada pela hidrovia. Para definição das quantidades movimentadas, é necessário identificar que produtos podem ser transportados pela hidrovia.

Procurou-se verificar as cargas potenciais, primeiro levando em consideração os produtos agrícolas produzidos na região e depois, tendo em vista que estas cargas têm um único fluxo de movimentação, examinou-se as possíveis cargas de retorno.

Os cereais produzidos na região são a soja, arroz, milho e trigo.

Soja, farelo e óleo

A soja é o principal produto agrícola nacional, voltado, quase que exclusivamente, para a exportação, especialmente na forma de farelo. O comércio internacional da soja brasileira em grãos corresponde apenas a 32% do volume exportado de farelo. Uma parcela significativa da produção é triturada, dando origem a dois produtos: óleo bruto e o farelo. Nesse processo, o farelo representa 72% em peso, o óleo bruto 18% e os 10% restantes cascas e perdas, EMBRAPA (1999).

A produção de soja atingiu cerca de 31,8 milhões de toneladas em 1999, destacando-se como principais produtores os estados do Paraná (25%), Mato Grosso (22%) e Rio Grande do Sul (18%). As produções de farelo e óleo de soja foram de cerca de 17,135 e 4,1 milhões de toneladas, respectivamente.

É importante mencionar também, que o consumo interno do Estado de São Paulo, tendo como base o ano de 1998, representa 11% de toda a moagem de soja do Brasil e por outro lado, embora ele responda somente por 3,27% da produção nacional de soja, Nascimento (2000). Este consumo representa um grande fluxo de soja proveniente principalmente dos estados sobre influencia da hidrovía.

Um outro aspecto a ser mencionado é a participação que a soja tem dentre as demais culturas nas regiões em estudo. A tabela 2.1 mostra que cerca de 80% da área plantada dos estados em estudo é ocupada por milho e soja e somente a soja corresponde a 39% a 64% da área de plantio. Pode-se dizer que fatores como preço e comércio externo, vieram a contribuir para que a soja se encontre difundida predominantemente nesses estados.

Tabela 2.1 - Estimativa da safra 1998/1999 (em 10³)

ESTADO	Área Plantada (10 ³) ha			PRODUTO(10 ³) ton		% área plantada com Soja
	Milho	Soja	Área cultivada total (10 ³) ha	Milho	Soja	
Goiás	819,90	1.324,70	2.773,50	3.262,00	3.417,70	47,7%
Mato Grosso	553,90	2.548,00	3.987,70	1.251,70	7.134,40	64%
Mato Grosso do Sul	493,70	1.053,90	1.781,20	1.602,40	2.740,10	59%
TOTAL	1.895,9	4.955,1	8.542,2	6.245,8	13.356,1	-

Fonte: Ministério da Agricultura - safra 1998/1999

Arroz

A cultura do arroz, que é disseminada por todo o território nacional, é feita na forma de sequeiro e irrigado. Por tratar-se de um cereal tradicional de subsistência, sua produção é destinada basicamente ao mercado interno. Assim, não gera fluxos significativos de longa distância, pois a maior parcela de sua produção é consumida no próprio estado de cultivo e o restante é transportado na forma pulverizada.

Milho

Este cereal, que é cultivado em todo o território nacional, é tradicionalmente plantado por pequenos agricultores, os quais são responsáveis pela maior parte da produção brasileira e, também, pela maior área de plantio do país. A exemplo do arroz, o milho não gera volume significativo de transporte, sendo seu excedente de produção movimentado de forma pulverizada entre os pólos de produção e de consumo. A produção de milho na região de influencia da hidrovía Tietê-Paraná está apresentada na tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Produção agrícola estadual safra 1998/1999

ESTADO	PRODUTO						TOTAL
	Arroz	Feijão	Milho	Soja	Trigo	Outros (*)	ESTADO
Goiás	375,6	134,6	3.262,00	3.417,70	13,5	496,7	7.700,1
Mato Grosso	1.503,30	16,7	1.251,70	7.134,40	---	705,3	10.611,4
Mato Grosso do Sul	259,6	28,6	1.602,40	2.740,10	65,6	196,6	4.892,9
Minas Gerais	324,5	309,3	4.061,60	1.336,00	26,6	257,4	6.315,4
Total	2.894,2	514,4	10.419,8	14.785,9	109,8	1.659,7	30.383,8

Fonte: Conab – julho/1999(em 10³)

(*) Inclui algodão, amendoim, aveia, centeio, cevada, mamona e sorgo

Trigo

A produção de trigo é, por fatores diversos, tradicionalmente deficitária frente ao consumo nacional, sendo, por isso, produto tipicamente de importação, oriundo de países como Argentina, Canadá e França.

2.1.1 - Cargas à granel para retorno

Ultimamente, na hidrovia Tietê-Paraná o comboio tem sido, de certa forma, sub-utilizado, carregado unicamente com a carga principal (soja e farelo). O comboio navega pela hidrovia carregado de jusante à montante do Tietê, descendo o rio vazio. O movimento do comboio vazio gera um outro problema devido ao aumento da área vélica, que é apontado por muitos como a causa de acidentes, ocasionados pela perda de controle do comboio sob a ação do vento.

É interessante examinar a possibilidade de movimentar cargas de retorno, algumas cargas potenciais podem ser citadas como cimento, fertilizante e calcário.

Calcário

O calcário é um minério existente em quase todo o território nacional, encontrando-se na forma de jazidas afloradas ou subterrâneas, com jazidas estimadas em torno de 220 milhões de toneladas.

Seu manuseio, não requer muitos cuidados, sendo bem simples, podendo ser feito por retro-escavadeiras, guindastes, “clamshell”, esteiras rolantes, tanto para carga como para descarga; no entanto, o uso de sugadores é inviável. Ele pode ser armazenado com uma cobertura plástica ou tipo lona ou até mesmo ao tempo.

A utilização do calcário poderia ser mais significativa, pois, como mencionado por Ferreira (1992) o consumo médio de calcário é de 453 kg/ha sendo que um ideal seria em torno de 1 a 1,5 t/ha. No entanto, este mesmo autor salienta que o custo de transporte é uma das principais causas da baixa utilização do calcário agrícola, onerando bastante o preço final do insumo e contribuindo para a retração da demanda.

Ainda com relação à demanda, o estado brasileiro que mais consumiu calcário agrícola, em 1997 (17,1 milhões de toneladas), foi o de São Paulo, respondendo por 21,8% do consumo total, seguido do Paraná (17%) e Rio Grande do Sul (13,6%).

Para a análise da viabilidade do transporte do calcário dois aspectos precisam ser examinados: adequação do calcário para transporte nas embarcações que movimentam a soja e potencial econômico de uso do calcário produzido em São Paulo nos estados vizinhos.

Em relação ao primeiro aspecto, os transportadores da hidrovia alegam que a demora no processo de carregamento e descarregamento, a necessidade de limpeza das barcas antes de transportar outro produto, como no caso especial do farelo de soja, não viabiliza o transporte desta carga, pois os custos de transporte e manuseio não seriam compensados pelos fretes que poderiam ser praticados.

Porém, é importante mencionar que em relatório apresentado por Ferreira (1992) constata-se que 69,7% do calcário foram consumidos no segundo semestre e apenas 30,3% no primeiro semestre, destacando-se que 47,5% foram consumidos nos

meses de julho a setembro. Isto contraria as informações dos transportadores, pois no segundo semestre o volume de calcário é maior enquanto a movimentação de soja cai drasticamente.

Quanto ao segundo aspecto, estudo realizado por Toledo (1983) concluiu que uma futura movimentação de cargas agrícolas na hidrovia acabará por gerar fretes hidroviários de retorno e, conseqüentemente, virá a estimular o fluxo de calcário “rio-abaixo”, para as regiões noroeste e oeste de São Paulo e para os estados vizinhos.

Ocorre, porém, que nestas regiões, hoje grande parte do calcário utilizado é proveniente do Paraná, provavelmente, devido ao menor custo proporcionado pelas facilidades do processo de extração e pelo baixo frete rodoviário, que é garantido pelo grande fluxo de carregamentos de soja com destino as moageiras e ao porto de Paranaguá, viabilizando no sentido inverso o transporte do calcário como carga de retorno.

Deste modo, dificilmente o calcário paulista poderia dominar este mercado, além do que, os estados que estão sob influência da hidrovia Tietê-Paraná, também, possuem jazidas de calcário, a exemplo o estado do Mato Grosso que produz praticamente tudo que consome.

Cimento

Há histórico no Brasil de transporte de cimento e fertilizante na hidrovia Tietê-Paraná, mas não vem sendo realizado atualmente. Para determinação da viabilidade do transporte deste produto algumas observações são apresentadas.

O GEIPOT (1999) fez projeções de produção, adotando para isto algumas hipóteses. Admitiu-se que o parque industrial conservaria a mesma participação verificada em 1996, em cada região e em cada estado do país, sendo que na Tabela 2.3, constam, somente os estados que estão na região de abrangência da hidrovia Tietê-Paraná.

Tabela 2.3 - Produção e Consumo de Cimento: 2000/2005/2015

ESTADO	2000		2005		2015	
	Produção	Consumo	Produção	Consumo	Produção	Consumo
São Paulo	8.976,3	12.267,6	10.565,0	14.438,7	14.579,8	19.879,1
Mato Grosso do Sul	673,7	574,3	792,9	676,0	1.091,8	930,6
Mat o Grosso	615,0	703,3	723,8	827,7	996,5	1.139,7
Goiás	877,2	1.121,5	1.032,4	1.337,2	1.421,5	1.841,0
Distrito Federal	1.723,4	666,7	2.028,5	800,4	2.792,8	1.101,9
TOTAL	12.8656,6	15.333,4	15.142,6	18.080	20.882,4	24.892,3

Fonte: GEIPOT Corredores estratégicos de desenvolvimento 1999 (Em 10³t)

Conclui-se, ao analisar os dados da Tabela 2.3, que a produção e consumo de cimento se equilibram nos estado do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, fazendo com que este produto esteja praticamente excluído como potencial produto de retorno para o transporte hidroviário.

Fertilizante

Em estudo apresentado por Ferreira (1999) verifica-se que o consumo efetivo de fertilizante no Brasil alcançou quantidades recordes, em 1997, totalizando 13,8 milhões de toneladas de produto, com acréscimo de 13% em relação ao ano anterior.

A cultura que mais demandou fertilizantes, em 1997 foi a de soja, com consumo estimado em 3,9 milhões de toneladas de produto, representando 28,3% do consumo total, seguida pela cana-de-açúcar e pelo milho (ambas com participação de 16,6%). Portanto, somente estas três culturas correspondem por mais de 60% da quantidade consumida nesse ano.

A tabela 2.4 mostra o consumo anual de fertilizantes na cultura de soja e milho no período de 1995 a 1999.

Tabela 2.4 - Consumo de fertilizante para cultura no Brasil

Culturas	Consumo Total (mil t)				
	1995	1996	1997	1998	1999
Milho	2.027	2.528	2.388	2.653	2.617
Soja	2.486	2.797	3.930	3.873	3.829

Fonte: Anuário estatístico - setor de fertilizante ANDA 1999

Um estudo apresentado pelo GEIPOT (1999) apresenta projeções de consumo de fertilizante considerando para isto uma taxa média anual de crescimento do setor da ordem de 4% o que leva a números da ordem de 27 milhões de toneladas que serão consumidas no Brasil em 2015, que representa um incremento de 111% sobre o ano de 1996, como mostrado na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Consumo de fertilizante 2000/2005/2015

ESTADO	ANO (em 10 ³ t)		
	2000	2005	2015
São Paulo	3.472	4.224	6.327
Goiás	1.248	1.519	1.784
Mato Grosso	1.320	1.606	2.275
Mato Grosso do Sul	528	642	962
Total	6.568	7.991	10.348

Fonte: GEIPOT- Corredores estratégicos de desenvolvimento 1999

É importante, também, mencionar que o aumento no consumo de fertilizantes no centro oeste brasileiro vem aumentando devido à abertura de novas frentes agrícolas e à necessidade de maior produtividade da lavoura.

Deve-se ainda mencionar que o Brasil atingiu em 1997 uma produção total de fertilizante de 7.411.000 toneladas e importou cerca de 7.288.000 toneladas, sendo grande parte pelo Porto de Santos “Ferreira (1999b)”. Observa-se que o estado de São Paulo é o maior produtor de fertilizante, sendo que a grande maioria de suas misturadoras se encontra na região de Cubatão.

Desta forma, conclui-se que o predomínio de importações deste produto pelo Porto de Santos e a grande produção de fertilizante, proveniente da região de Cubatão, gera um fluxo natural de insumos para a região de abrangência da hidrovía.

O que precisa, no entanto, ser considerado é que o fertilizante, assim como o cimento, encontra-se, em sua maioria, acondicionado em sacos. Desta forma, os terminais requerem uma estrutura para movimentação deste tipo de unitizador, diferente da empregada no manuseio de grãos.

Com isto, um certo investimento ou adaptação para se concretizar esta outra alternativa de transporte é requerido. Ressalte-se, porém, que este produto estando acondicionado em sacos viria a facilitar a limpeza da barça e mesmo que este produto venha a ser transportado a granel, a limpeza da barça não penalizaria o transporte, uma vez que, da mesma forma que o calcário, o fertilizante também tem sua produção concentrada no segundo semestre.

Contata-se, com isto, que há um certo déficit deste produto nos estados sobre influencia da hidrovia Tietê-Paraná em relação à produção/consumo, gerando uma importação considerável de fertilizante do estado de São Paulo. Isto justificaria a inclusão deste insumo no transporte hidroviário como carga de retorno.

2.1.2 - Conclusão do Estudo de Demandas

Considerando-se como área de influência da hidrovia Tietê-Paraná, os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e os produtos agrícolas; milho, arroz, trigo e soja, verifica-se que a soja, na forma de grão ou farelo, é o único cereal que representa grandes movimentações na região de estudo. Constata-se, também, que não existe no momento uma garantia de cargas de retorno.

Em função destas conclusões, propõe-se a projetar um terminal que trabalhe com fluxo em apenas um sentido, de jusante para montante, operando com soja, seja em grão e/ou farelo. Espera-se que a soja como produto principal garantirá a movimentação no terminal e, por conseguinte fomentará atração de outros insumos como carga de retorno, fertilizante e até outros commodities.

Este trabalho tem como proposta dimensionar um terminal para a hidrovía Tietê-Paraná, de forma que ele venha absorver a produção de grãos de uma determinada região; espera-se também que cargas transportadas por outros modais sejam atraídas pela hidrovía, projetando posteriormente um quadro de movimentação para os próximos anos, levando em conta alguns estudos do GEIPOT.

2.2 - Descrição da Carga

2.2.1 - Características da soja

A CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) exige que a armazenagem da soja seja feita em armazém coberto, fechado, seja ele de concreto, alvenaria ou metálico. No entanto, é desejável que haja aeração forçada e sistema de controle da temperatura do granel, sendo importante efetuar sua limpeza para eliminação da poeira e outras impurezas.

Com relação à secagem, ela deve ocorrer sempre que o produto chegue ao silo com umidade superior a 13%, nas regiões de clima temperado ou frio, e superior a 11 %, nas regiões de clima quente.

A densidade do grão de soja está em torno de 800 kg/m^3 enquanto que para o farelo, ela é de 650 t/m^3 , admitindo uma perda da ordem 1%.

Para fim de armazenagem a granel, o ângulo de caimento ou talude para soja e farelo de soja é de 29 graus, sendo que no caso específico do farelo este ângulo pode variar em função do processo por que passa.

2.2.2 - Período de Produção

Como é possível verificar na tabela 2.6 e na figura 2.1, para os estados considerados o período da safra de soja vai fevereiro a maio, com um pico nos meses

de março a abril. Esta informação é importante para avaliar as quantidades máximas mensais que serão movimentadas no terminal.

Tabela 2.6 - Estimativa mensal de colheita de soja

U.F.	PRODUÇÃO	FEV		MAR		ABR		MAI	
		(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd
MT	9,052.4	12.0	1,086.3	55.0	4,978.8	32.0	2,896.8	1.0	90.5
MS	2,737.2	10.0	273.7	50.0	1,368.6	38.0	1,040.1	2.0	54.7
GO	4,038.9	12.0	484.7	52.0	2,100.2	34.0	1,373.2	2.0	80.8

Fonte: CONAB – Fev. 2001 (em mil t)

Figura 2.1 - Estimativa mensal de colheita de soja

2.3 - Previsão de Quantidades Movimentadas

2.3.1 - Projeção da Produção

As perspectivas com relação à produção de soja para os próximos anos são bastante otimistas; estima-se que a produção de soja no Brasil aumente num ritmo crescente com taxa de 3,9% a.a no período de 2000 a 2005 e de 5,3% a.a, de 2005 a 2015. Constata-se, também, a tendência de crescimento do consumo interno que vem se verificando nos últimos anos. O GEIPOT (1999) estima que o consumo

interno de óleo de soja e farelo cresça cerca de 23% e 24%, entre 2000 a 2005 e para mais de 50% de 2005 a 2015.

Desta forma, o GEIPOT estima que, em 2015, o Brasil produza cerca de 31,6 milhões de toneladas de farelo de soja, sendo que Mato Grosso passaria a ser o maior processador de farelo do país, com 8,2 milhões de toneladas.

Em se tratando das projeções da produção de soja para os estados que estão na região de influência da hidrovia Tietê-Paraná, a Tabela 2.7 apresenta a produção de soja para o ano de 2000 e as respectivas estimativas para os anos de 2010 e 2015.

Tabela 2.7 - Estimativa de áreas potenciais para produção de soja no país

ESTADO	ANO - BASE 1996			POTENCIAL		PRODUÇÃO ESTIMADA (10 ³ ton) Horizontes			
	Área Plantada (10 ³ ha)	Rendimento (t/ha)	Produção (10 ³ t)	Área (10 ³ ha)	Produção (10 ³ t)	2000	2005	2010	2015
São Paulo	563	2.190	1.234	3.747	7.816	1.419	1.703	1.873	2.061
Mato Grosso do Sul	831	2.409	2.003	13.192	29.608	2.104	2.209	2.319	3.015
Mato Grosso	1.933	2.462	4.759	12.290	35.017	5.851	7.895	11.597	17.396
Goiás	876	2.303	2.017	13.179	27.198	2.463	2.832	3.257	4.234
Total	4204	2.3401	10.015	42.409	99.640	11.838	14.639	19.048	26.708
Total no Brasil	10.621	2.377	25.238	74.388	170.808	28.327	34.224	40.849	52.851

Fonte: Elaborado pelo GEIPOT, conforme dados básicos fornecidos pelas seguintes entidades em nível federal e estadual: EMBRAPA, EMATER, Secretarias de Agricultura, IPLAN e Projeto Hermasa. Vale ressaltar que, na metodologia utilizada, foram considerados os municípios que já produzem soja, excluindo-se, assim, no cálculo da potencialidade, as áreas cultivadas em 1996, áreas para pecuária, outras culturas e reservas indígenas.

Constata-se na tabela 2.7 que 56% da área plantada atual é ocupada pela cultura de soja. Cabe mencionar, ainda, que estudo feito pelo Ministério da Agricultura indica que, das áreas potenciais totais para cultivo de soja no Brasil, somente os estados na região de influencia da hidrovia Tietê-Paraná representam 64% deste total.

Um outro trabalho apresentado pelo GEIPOT (2001) analisa o escoamento de soja dos pólos de produção pelos principais eixos de transporte. Este trabalho vem, desta forma, explorar alguns corredores alternativos, calculando valores de gasto com frete e consumo de combustível desde a região de colheita até seu destino final, com o objetivo de permitir ao país uma redução do custo de transporte, que tem como destino os portos de Rotterdam (Holanda) e Shangai (China).

Este trabalho, que tem como base o ano de 2000 e como horizonte o ano 2015, selecionou alternativas de rotas, tendo em vista recomendação de novos projetos e a identificação de novas alternativas de escoamento, em função dos investimentos futuros previstos pelo Governo e/ou iniciativa privada na área de transportes.

Este trabalho prevê uma que a movimentação de soja na área de influência da hidrovia Tietê-Paraná, para o ano de 2015 será de 22.000.000 de toneladas, tendo como destino o porto de Santos, que seria a alternativa de menor custo para exportação de soja.

A tabela 2.18 mostra a produção discriminada pelos diversos pólos, enquanto que as figuras 2.2 e 2.3 ilustram os corredores.

**Tabela 2.8 - Produção de soja em áreas de expansão de fronteira agrícola
2000/2015 (em mil t)**

ESTADO	REGIÃO	PÓLO	PRODUÇÃO DE SOJA	
			2000	2015
MT	Leste de Mato Grosso	Primavera do Leste	1.643,0	4.320,2
MT	Sudeste de Mato Grosso	Rondonópolis	1.336,7	2.949,6
GO	Sudoeste de Goiás	Rio Verde	3.463,6	12.878,5
MS	Norte de Mato Grosso do Sul	Chapadão do Sul	564,5	1.421,5
MS	Centro de Mato Grosso do Sul	Campo Grande	424,3	1.068,6
TOTAL			7.432,1	22.638,4

Todas as estimativas de custo levaram em conta o escoamento rodoviário. Não existe com relação a estes pólos nenhuma referência para o emprego do modal hidroviário.

Figura. 2.2 - Carga atual e economicamente viável para exportação através do porto de Santos, panorama 2000

Figura 2.3 - Carga potencialmente movimentável e economicamente viável para exportação de soja através do porto de Santos, panorama 2015

2.3.2 - Escoamento de Soja pela Hidrovia

a) Previsão de escoamento pela hidrovia

Os estudos mencionados acima geram uma grande expectativa com relação à movimentação de soja para os próximos anos. Com isso a hidrovia Tietê-Paraná, poderia ter papel importante neste escoamento, pois ela liga o maior mercado de consumo de soja do país e também o maior porto exportador à região com maior potencial de produção do país e onde as fronteiras agrícolas têm se expandido mais expressivamente.

É importante lembrar que as regiões de abrangência da hidrovia Tietê-Paraná são também atendidas por ferrovias e rodovias e estes modais têm, hoje, uma participação significativa no transporte de soja.

Contudo, a ferrovia possui, assim como a hidrovia, uma capacidade limite de tráfego. Assim, tendo em vista as projeções de escoamento de 22.638.400 toneladas de soja, este fluxo supera as projeções da Brasil Ferrovias, (que hoje engloba a Ferronorte, Novoeste e Ferroban) que é de movimentar em toda a sua malha um total de 16.100.525 de toneladas de soja e subprodutos para o ano de 2015. Deve-se salientar que estes valores são bastante otimistas, uma vez que a Ferroban e a Novoeste movimentaram em 1999, somados todos os produtos e em todos os sentidos, um montante de 17.457.000 toneladas (GEIPOT – 2000 anuário estatístico).

É de se esperar que o modal hidroviário absorva uma parcela maior do transporte de cargas. Essas conclusões também foram apontadas em trabalho divulgado pelo GEIPOT (1999), que prevê que a participação do modal hidroviário (interno) deva evoluir de 0,9% - valor constatado em 1996 - para um conjunto de 12 produtos (arroz, milho, soja, farelo de soja, óleo de soja, trigo, fertilizante, cimento, minério de ferro, gasolina, óleo diesel e álcool) - para 4 % em 2015.

Em particular, o terminal abordado no presente estudo deverá ser dimensionado para atender um aumento de transporte de soja pela hidrovia. Assim, como ponto de partida será examinada a viabilidade de implantação de um terminal para movimentar soja. Oportunamente este terminal poderá atrair cargas de retorno, que poderão aumentar o seu desempenho econômico.

b) Quadro atual do escoamento da soja

Para o dimensionamento do terminal não basta conhecer o valor da movimentação anual de soja; é preciso saber a sua distribuição ao longo do período. O fluxo mensal de soja mensal na hidrovia Tietê-Paraná, através do seu tramo norte (que parte de Anhembi até São Simão), durante os últimos 2 anos, está apresentado nas tabelas 2.9 e 2.10 e figura 2.4.

E com relação ao exemplo de aplicação, as projeções de movimentação terão como estimativa mensal as referências apresentadas na tabela 2.9 e 2.10 diferindo somente por um fator de escala.

Pode-se, ainda, estimar a partir da demanda total as parcelas correspondentes à soja in natura e farelo; a média para os dois anos amostrais é de 63,5 % para soja in natura e 36,5% para farelo de soja.

Tabela 2.9 - Escoamento de soja e farelo na hidrovia Tietê-Paraná 1999

1999	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total	%
SOJA	4.007	29.273	75.831	55.935	82694	79.787	54.825	30.692	31.384	15.086	0	0	459.514	59%
FARELO	0	19.743	25.309	40.428	35768	33.626	14.071	40.072	36.497	35.822	28.694	11.330	321.360	41%
Total	4.007	49.016	101.140	96.363	118462	113.413	68.896	70.764	67.881	50.908	28.694	11.330	780.874	100%

Tabela 2.10 - Escoamento de soja e farelo na hidrovia Tietê-Paraná 2000

2000	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total	%
SOJA	0	18.385	91.338	108.137	102.165	73.947	77.974	19.979	0	11.466	24.101	16.497	543.988	68%
FARELO	0	900	20691	37.316	36.175	17.756	27.149	30.063	29.059	23.229	22.449	10.155	254.941	32%
Total	0	19.285	112.029	145.453	138.340	91.703	105.123	50.042	29.059	34.695	46.550	26.652	798.929	100%

2.4 - Estimativa de Capacidade da Hidrovia

A capacidade de transporte da hidrovia Tietê-Paraná ainda é uma questão discutível. Não se pretende abordar este tópico a fundo, e sim chegar a certas conclusões com base em estudos disponíveis. No trabalho em questão o dimensionamento do terminal depende da quantidade de soja movimentada. A quantidade arbitrada deve ser compatível com a capacidade efetiva da hidrovia, considerando não só seu valor máximo mas, também restrições impostas por períodos de estiagem e execução de obras.

A capacidade de tráfego máxima teórica (CMT) de uma via navegável pode ser definida, segundo Almeida (1968), como a quantidade máxima de carga que poderia ser movimentada por ano ao longo da via, nas condições ideais de fluxo contínuo nos dois sentidos, com as embarcações ideais para a via (embarcações tipo) trafegando totalmente carregadas. A CMT depende fundamentalmente das características das obras de transposição de desnível e só, em uma segunda aproximação, das condições de tráfego.

Contudo, como salientado por Almeida & Brighetti (1970), em uma hidrovia, não se consegue atingir a CMT. Por isso, como definido por estes mesmos autores, tem-se uma capacidade efetiva de tráfego (CET), que é designada como sendo aquela que, nas condições reais, pode ser atingida dentro de um regime operacional normal e de uma utilização econômica para a hidrovia.

Nas vias canalizadas, quase sempre são as eclusas que limitam o fluxo de embarcações e que portanto, impõem a capacidade de tráfego. As deficiências das instalações de transbordo podem também restringir o tráfego nas hidrovias. Porém, este aspecto normalmente não é considerado nos estudos de vias navegáveis.

A relação entre a CET e a CMT é designada pelos mesmos autores como sendo o “coeficiente de utilização” ou “coeficiente global de eficiência”. Seu valor será sempre menor que a unidade e dependerá fundamentalmente das condições

locais de operação e exploração da via fluvial, levando sempre em consideração os seguintes fatores:

- tempo real de operação da eclusa durante o período do ano;
- tempo de transposição das diferentes embarcações;
- número de embarcações efetivamente operadas em cada eclusagem;
- tonelagem de carga efetivamente transportada por embarcações.

Com relação a estudos sobre a capacidade da hidrovia Tietê-Paraná, alguns trabalhos podem ser citados. A Cesp apresenta um estudo de capacidade nominal de escoamento de cargas pela Hidrovia Tietê-Paraná, em que foi adotado o critério de utilização otimizada do sistema de eclusas. Admitiu-se a não ocorrência de filas de espera para eclusagem, e a chegada de embarcações, para seguir em sentido contrário ao das que estão eclusando, sincronizadamente quando estas estiverem saindo. Dessa maneira, a eclusa não fica parada, nem as embarcações ficam à espera de liberação para eclusagem. Foi admitido um tempo médio para transposição de uma barragem de 55 min, distribuídos nas seguintes operações: 10 min para aproximação e entrada do comboio na câmara da eclusa; 5 min para efetuar as amarrações nos cabeços flutuantes e fechamento das comportas; 25 min para enchimento/esvaziamento da câmara; 5 min para desamarração e abertura das comportas; 10 min para saída da câmara e afastamento do comboio para permitir a aproximação do próximo comboio e eclusar em sentido contrário, aproveitando a condição da câmara estar cheia ou vazia. Considerando esse tempo médio de utilização e como período de funcionamento do sistema 11 meses durante o ano, reservando-se um mês para manutenção, é possível efetuar anualmente 8.640 eclusagens, 4.320 em cada sentido.

Nas eclusas padrão Tietê, cujo gabarito permite embarcações de até 137m de comprimento, 11m de largura e 2,5 m de calado, os comboios com um empurrador e duas chatas totalmente carregadas podem transportar até 2.200 toneladas. Portanto, é possível transportar anualmente, no trecho Tietê, em cada sentido 9,5 milhões de toneladas.

Santana (2002), utilizou metodologia elaborada por Almeida e Brighetti para o cálculo da capacidade das eclusas, nos quais admitiu-se que toda movimentação seria realizada por comboios tipo Tietê (com aproximadamente 1.200 ton/chata) com as devidas eclusas perfeitamente adequadas a estas embarcações (acessos livres à montante e à jusante, muros guias, garagens, etc.). Admitiu-se os tempos médios de enchimento e esgotamento das câmaras indicados nos projetos das obras. Utilizou-se também, para todas as eclusas, valores médios para as atividades de transposição da barragem, conforme dados CESP.

A partir do ciclo de eclusagem (tabela 2.11), e considerando ainda que esse sistema tenha possibilidade de funcionar 24 horas por dia, 365 dias no ano e admitindo, para calculo, comboio simples padrão Tietê (duas chatas de 1.100 ton cada), determinou-se a capacidade máxima teórica de tráfego de cada eclusa para ambos os sentidos de fluxo, conforme mostrado na tabela 2.11.

É importante ressaltar que os valores obtidos para as eclusas de Nova Avanhandava e Três Irmãos se baseiam na hipótese de não haver restrição de tráfego no canal intermediário.

Deste modo, no estudo de Santana, chegou-se a conclusão que a capacidade máxima de tráfego teórica na hidrovia é da ordem de 34.500.000 ton / ano, que é a capacidade de tráfego da eclusa de menor capacidade.

Tabela 2.11 - Capacidade máxima de tráfego das eclusas da hidrovia Tietê-Paraná

Eclusa	Ciclo de Eclusagem (min)	Capacidade de Tráfego (t/ano)
Barra Bonita	59	39.200.000
Bariri	53	43.600.000
Ibitinga	57	40.500.000
Promissão	67	34.500.000
Nova Avanhandava (Sup)	57	40.500.000
Nova Avanhandava (Inf)	53	43.600.000
Três Irmãos (Sup)	59	39.200.000
Três Irmãos (Inf)	57	40.500.000
Jupia	67	103.500.000
Porto Primavera	67	103.500.000

Os dados dos estudos acima serão utilizados, com os devidos ajustes, para se determinar a capacidade da hidrovia. Em relação aos resultados da Tabela 2.11, deve-se assinalar que admitiu-se eficiência máxima do sistema, o que na prática não ocorre. Por outro lado, como explicado por Almeida e Brighetti a capacidade da hidrovia não depende apenas da capacidade da eclusa, mas também de outros fatores como tempo de passagem entre pilares de pontes, períodos de seca e períodos de pico de movimentação. Assim, utilizando o conceito elaborado por estes autores segundo o qual a relação entre capacidade máxima teórica e a capacidade efetiva varia de 0,3 a 0,4 e tomando como referência o valor da eclusa mais crítica (a eclusa de Promissão, com capacidade máxima de 34.500.000 toneladas) a capacidade da hidrovia estaria entre 10.350.000 e 13.800.000 toneladas por ano.

2.4.1 - Fatores Limitantes

- Período de seca

A estiagem vem influenciando o transporte de carga na hidrovia nos últimos anos, não só pelo fato de ter chovido menos, mas também pela falta de uma política que regule os níveis dos reservatórios.

Nos meses de agosto a dezembro o problema de calado tem restringido a navegação segundo fonte do Departamento Hidroviário do Estado de São Paulo. Nesse período as embarcações tem navegado com calado de 2,30 à 2,40m o que reduz a capacidade de carga do comboio.

- Período de safra

Os produtos agrícolas como soja, milho etc, tem seu período de safra durante os meses de março a junho, período este em que o reservatório se encontra com boa lâmina da água. O pico do transporte de soja na hidrovia é justamente nos

meses de cheia, o que não limita o transporte, diminuindo gradativamente até o mês de dezembro.

Pode-se, então, admitir que no período de janeiro a julho, quando não há restrição de calado na hidrovia, a capacidade de transporte seria de cerca de 14.000.000 de ton/ano nos dois sentidos, ou de 7.000.000 de ton/ano em cada sentido, com uma capacidade mensal de 584.000 ton/mês. Para os meses de agosto a dezembro, considerando que o calado seria reduzido a 2,3 m, a capacidade fica limitada a 537.000 ton/mês.

Para a determinação da quantidade transportada de soja não se pode esquecer que outras cargas são movimentadas na hidrovia, especialmente a cana de açúcar em alguns trechos da via.

A tabela 2.12 apresenta os dados referentes ao movimento mensal de cargas para 1999 e 2000.

Verifica-se que no total anual a soja responde por 51,6% do total transportado, embora na comparação mês a mês a variação seja muito grande.

Percebe-se ainda, que nos meses de pico de movimento de soja (maio) também há um grande transporte de outras cargas pois, como já mencionado, o período de safra da soja coincide com a safra de outras culturas.

Com relação à capacidade máxima de movimentação, nota-se que a hidrovia tem ociosidade operacional nos primeiros e últimos meses do ano.

Tabela. 2.12 - Projeções máximas mensais de fluxo de soja, parametrizadas pelos anos de 1999 e 2000

Meses	média dos fluxos de carga - 1999/2000 (ton)					Projeção máx. mensal de cargas (ton)			
	total soja + farelo	Outras Cargas	total de cargas	% mensal farelo+ soja	% outras cargas	proj. máx. mensal de soja	proj. mensal de outras cargas	Total de cargas	capac. máx. hidrovia em um sentido
JAN	2.004	1.393	3.396	59,0%	41,0%	7.939	1.393	9.331	584.000
FEV	34.151	1.335	35.486	96,2%	3,8%	130.901	1.335	132.236	584.000
MAR	106.585	1.148	107.733	98,9%	1,1%	396.673	1.148	397.821	584.000
ABR	120.908	2.306	123.214	98,1%	1,9%	445.774	2.306	448.079	584.000
MAI	128.401	103.534	231.935	55,4%	44,6%	480.456	103.534	583.989	584.000
JUN	102.558	127.951	230.509	44,5%	55,5%	385.373	127.951	513.324	584.000
JUL	87.010	122.116	209.125	41,6%	58,4%	320.691	122.116	442.806	537.000
AGO	60.403	120.203	180.606	33,4%	66,6%	227.880	120.203	348.083	537.000
SET	48.470	100.756	149.226	32,5%	67,5%	185.402	100.756	286.157	537.000
OUT	42.802	102.693	145.495	29,4%	70,6%	161.650	102.693	264.343	537.000
NOV	37.622	55.015	92.637	40,6%	59,4%	138.412	55.015	193.427	537.000
DEZ	18.991	1.341	20.332	93,4%	6,6%	69.146	1.341	70.487	537.000
Total	789.902	739.790	1.529.691	51,6%	48,4%	2.950.295	739.790	3.690.083	6.726.000

Para determinar a máxima quantidade de soja transportada pela hidrovia serão adotadas as seguintes hipóteses:

-não haverá acréscimo do transporte de outras cargas, tendo em vista que as demais cargas tem sua movimentação predominantemente entre os lagos da via e no máximo executam uma eclusagem, como é o caso da cana de açúcar. Além do que, a soja dentre as cargas da hidrovia é a que mais cresce;

-a distribuição de mensal do movimento de soja verificado no período 1999 –2000 será mantido para qualquer acréscimo de movimentação

Adotando estas hipóteses e utilizando-se os dados de capacidade máxima de transporte da hidrovia, pode-se construir a Figura 2.4, que permite determinar a quantidade máxima de soja que pode ser transportada mês a mês.

Figura 2.4 - Capacidade máxima de movimentação de soja + farelo na hidrovia, segundo hipóteses assumidas.

Assim, com as hipóteses admitidas, a capacidade máxima de transporte de soja seria em torno de 3.000.000 de toneladas por ano.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TERMINAIS MULTIMODAIS PARA GRANÉIS SÓLIDOS

São apresentados neste capítulo os princípios básicos que orientam o projeto de um terminal multimodal instalado em uma hidrovia. A abordagem do tema inicia-se com uma definição da função de um porto fluvial. Apresenta-se, depois, o esquema básico do terminal, identificando-se os seus diversos subsistemas. Trata-se, em seguida, cada um destes subsistemas, apresentando uma síntese de diretrizes para o seu projeto (dimensionamento). Por último, o capítulo descreve a metodologia para dimensionamento global do terminal considerando as interações entre os diversos subsistemas

3.1 Finalidade dos Portos Fluviais

De acordo com estudo Brascosult (1968), e também mencionado no trabalho de Bird (1971), os portos fluviais destinam-se, basicamente, ao transbordo das cargas dos meios de transporte terrestre para as embarcações e vice-versa.

Para bem desempenharem esta finalidade básica, os portos fluviais devem dispor das facilidades necessárias, de um lado ao acesso dos veículos terrestres, e do outro lado, ao acesso das embarcações, Bird. Este mesmo autor salienta ainda que os portos devem dispor, também, do equipamento básico essencial à movimentação das cargas e, como complemento quase sempre indispensável, de depósitos destinados à armazenagem das mercadorias, para fazer frente às eventuais irregularidades de tráfego. Os portos fluviais ainda necessitam de uma série de facilidades acessórias, tais como oficinas, estaleiros de manutenção e reparos, sistema de abastecimento de combustíveis e víveres, etc, que permitam a execução de trabalhos complementares durante os períodos forçados de imobilização dos veículos.

Considerando a operação completa do transbordo, o porto é constituído dos seguintes elementos fundamentais:

- canal de acesso das embarcações;
- área do estacionamento das embarcações;
- estrutura de acostagem;
- equipamento de carga e descarga;
- área da armazenagem e depósito;
- pátio de carregamento (trens e caminhões);
- pátio de manobra dos veículos;
- acessos terrestres (rodovias e estradas de ferro);
- local de abastecimento das embarcações.

No presente trabalho o porto fluvial será tratado como um terminal multimodal situado às margens de uma hidrovia. Como ressaltado no capítulo 1, a hidrovia interior não pode, mais do que os outros modais, ser considerada dissociada das outras modalidades. De um modo geral, para se utilizar a navegação interior, passa-se necessariamente pelo transporte rodoviário e/ou pelo ferroviário. Para isto o terminal tem função capital de promover o transbordo da mercadoria e regular as diferenças de fluxos geradas pelos diferentes modais, de forma que o sistema funcione harmoniosamente.

Utilizando um enfoque mais moderno, pode-se dizer que um terminal multimodal é um processador de cargas de um sistema de transporte que atenderá uma certa demanda que será absorvida pelo terminal com um certo nível de serviço. De seu dimensionamento e de seus componentes físicos e organizacionais dependerão a eficiência e a rentabilidade do sistema de transporte, Morlok (1978).

3.2 Esquema Básico de um Terminal Multimodal

Para os objetivos do presente trabalho, considera-se que o terminal multimodal a ser instalado na hidrovia, tenha o esquema básico definido na Figura 3.1.

Figura 3.1: Esquema básico do terminal multimodal

O esquema operacional básico de qualquer terminal depende primordialmente de seu arranjo físico. De um arranjo bem planejado dependerá sua eficiência na movimentação, armazenagem, etc. Com um projeto de *lay-out* bem elaborado, com equipamentos corretamente selecionados, reduzem-se os investimentos e o gasto com energia, assim como, minimizam-se os danos às cargas, Weber (1995).

Assim, o objetivo principal do planejamento do arranjo-físico é compatibilizar a armazenagem e a movimentação necessária de cargas e veículos com o espaço físico disponível, e utilizar este espaço de forma mais racional possível.

Neste processo de planejamento e concepção do arranjo físico deve-se procurar:

- minimizar as movimentações de cargas dentro do terminal;
- garantir as condições mínimas de circulação e manobras dos veículos;
- maximizar o aproveitamento das áreas;
- racionalizar a distribuição dos componentes de forma compatível com seu inter-relacionamentos;
- prever formas e espaços de crescimento para os componentes.

Certamente, considerações de natureza econômica condicionam o projeto do terminal. Por exemplo, dependendo dos valores mobiliários, pode-se dotar o terminal de maiores áreas que darão maior flexibilidade aos sistemas de movimentação e armazenagem.

É importante também, para um melhor aproveitamento de sistemas de movimentação, localizar os portos em locais em que a topologia permita o descarregamento dos silos gravidade, Brasconsult (1968).

Na distinção da concepção, deve, sempre que possível, buscar espaço livre ao lado do cais, de modo que as vias de circulação, rodoviárias e ferroviárias sejam localizadas nesta região, permitindo o transbordo direto do subsistema hidroviário

para o subsistema rodo-ferroviário, minimizando assim, movimentações no terminal, Brasconsult (1968) e IPT (1985).

3.3 Subsistema Hidroviário

Os componentes básicos do subsistema hidroviário, como dividido por Lima (1988) são: canal de acesso/egresso, área de evolução e manobra, região de fundeio, sistema de atracação, e elemento de transbordo, conforme mostrado na Figura 3.2.

Apresenta-se, a seguir, uma descrição das funções destes componentes, bem como diretrizes para definição de seus parâmetros. Adicionalmente serão descritos os processos de recepção e expedição deste subsistema.

Canal de acesso/egresso

O canal de acesso/egresso corresponde à interface com a hidrovia. Este canal deve ter dimensões e características adequadas; em determinados casos é necessário executar obras de infra-estrutura para a atracação e fundeio, condizentes com a embarcação crítica.

Região de fundeio e Área de evolução

É a região onde as chatas, cheias ou vazias, ficam posicionadas aguardando carga/descarga ou, simplesmente, o transporte. Face à baixa incidência de vento, ondas e correntes, muitas vezes não são necessárias obras de infra-estrutura de acostagem, podendo a barça se posicionar, fundear na própria margem da hidrovia, dependendo precisamente, das restrições da via. Por isso, as embarcações podem ser fundeadas ao longo da margem.

A área de evolução por sua vez, é uma região virtual, onde serão realizadas as manobras das chatas; suas dimensões são fixadas em função do comboio crítico que freqüentara o terminal.

Sistema de atracação

É o espaço reservado para atracação da embarcação, onde equipamentos de transbordo executam o carregamento ou descarregamento da embarcação. Pode ser provido de berços, com uma certa infra-estrutura portuária, ou então, em casos específicos pode ser a própria margem da via, onde as chatas são carregadas ou descarregadas. É possível, também, que se realize o transbordo direto para os veículos terrestres, ou então, para equipamento intermediário de movimentação e/ou áreas de armazenagem, necessitando-se, para isso, arranjo físico adequado.

Figura 3.2: Macro-concepção do setor hidroviário

Fonte: Lima (1988)

Como a configuração do setor hidroviário depende essencialmente das características das embarcações, ao se projetar um terminal deve-se levar em conta as diferentes capacidades dos comboios que compõem a frota que opera na hidrovia.

Uma orientação para projeto de canal de acesso/ egresso, região de evolução e fundeio pode ser encontrado em Lima (1988). No presente trabalho será focalizado com mais atenção o sistema de transbordo.

3.3.1 Configurações do sistema de atracação

Conforme Lima (1988), há quatro formas básicas de se posicionar a embarcação para executar as operações de carga e descarga: *Offshore* (flutuante ou não), longitudinal, flutuante e transversal.

Qualquer uma destas configurações pode ser dividida em módulos unitários (para uma embarcação), analisando separadamente cada um deles.

Há várias formas construtivas de cais, ficando a sua escolha na dependência das características da margem do rio e comportamento da lâmina d'água. A Figura 3.3 apresenta as principais características destas 4 formas.

Foi constatado que na maioria dos Portos que apresentam sistemas de transbordo composto de Guindastes ou Pórticos (descarregamento), o sistema Longitudinal é o mais difundido, bem como, a configuração *offshore* é a mais recomendada para os processos de carregamento.

Figura 3.3: Tipologia do sistema de atracação

Fonte: Lima (1988)

3.3.2 Arranjos utilizados para a movimentação dos equipamentos no cais.

Vários arranjos de carregamento/descarregamento podem ser utilizados, dependendo do produto em questão; para graneis sólidos podem ser utilizados os tipos: radial, linear, e fixo, como ilustrado na Figuras 3.4 e 3.11, Agerschov (1983).

O arranjo mais simples, e freqüentemente, com menor custo é o fixo. Utiliza um único equipamento de carregamento, mas tem o inconveniente de requerer a movimentação da barça no cais para que seja efetuado o

carregamento/descarregamento. Ele é mais aconselhável para baixas taxas de movimentação. Por outro lado, os outros dois arranjos citados necessitam de um berço com menor comprimento, e o equipamento se movimenta linearmente ou radialmente com maiores taxas de carregamento/descarregamento, pois não há necessidade de mover a embarcação pelo cais.

Figura 3.4: Arranjos de movimentação dos equipamentos no berço.

Fonte: Agerschov (1983)

3.3.3 Elemento de transbordo

Existe uma grande variedade de equipamentos utilizados para carregamento ou descarga de embarcações hidroviárias. São enfocados nesta subseção equipamentos utilizados para movimentação de granéis sólidos, com ênfase específica para os empregados no manuseio de grão e farelo de soja.

Entre os granéis sólidos, distinguem-se os minérios que apresentam alta densidade, o carvão, de baixa densidade e materiais pulverulentos (ou quase pulverulentos), cabendo entre estes distinguir os produtos alimentícios (que exigem

cuidados especiais para evitar contaminação e deteriorações), e materiais de construção em geral. Cada tipo destes granéis exige equipamento portuário especializado, que varia consideravelmente, de um modo geral, para os portos destinados à recepção e os destinados à expedição destes produtos.

Nos portos destinados à expedição destacam-se os *ship-loaders* que consistem em uma trompa de descarregamento associada a um esteira transportadora. O sistema de carregamento é constituído por um ou mais trompas, conforme ilustrado nas Figura 3.5, alimentados pelos silos de armazenagem através de um conjunto de esteiras transportadoras ou galerias elevadas, as quais movimentam o grão até a moega de expedição. É possível, também, efetuar o carregamento da barcaça diretamente dos modais de recepção. É interessante, sempre que possível, aproveitar o desnível do terreno.

Figura 3.5: Modelo de expedição hidroviária “shiploader”

Nos portos destinados à recepção, os equipamentos de transbordo no cais são subdivididos, segundo Agerchov (1983), em três categorias: guindastes intermitentes (guindaste e pórticos), mecânicos contínuos e pneumáticos:

Os guindastes, segundo Agershov, movimentam a carga por ciclos e se restringem a poucas centenas de toneladas por hora. Esta configuração se destina a pequenas movimentações de grãos, com a vantagem de ser simples, pois não necessita praticamente de nenhuma obra de instalação. Além da capacidade reduzida, existe a limitação do alcance da lança, o que requer movimento freqüente da chata no cais.

Taylor (1992) se refere aos equipamentos pórticos como unidades versáteis que podem cobrir altas tonelagens e cuja capacidade não é afetada pelo tipo de grão, Figura 3.6. Sua faixa de operação é geralmente em torno de 60 à 400 t/h, e se caracteriza por ser mais eficiente que os guindastes.

Figura 3.6: Transbordo utilizando equipamento pórtico.

Os equipamentos mecânicos contínuos chegam à taxas de movimentação de 1000 a 5000 ton/h; nesta categoria estão as caçambas em cadeia (caçamba em alcatruzes) e o sistema de rosca sem fim. Taylor (1992) salienta que equipamentos mecânicos de transporte têm alta capacidade, mas sofrem algumas restrições em espaços com difícil acesso. Este, porém, não é o caso do sistema por rosca sem fim

que permite atingir altas taxas de descarregamento e possibilita a operação em áreas de difícil acesso do porão.

Muitos dos equipamentos mecânicos são capazes de quebrar o granel solidificado; portanto, essa configuração também serve para granéis de produtos derivados que se agregam naturalmente, como cimento e fertilizante.

É importante salientar que tanto os equipamentos intermitentes, quanto os equipamentos mecânicos, têm rendimento variável ao longo do descarregamento; seu rendimento é máximo quando o porão está cheio, torna-se médio quando o porão está em um nível médio e fica péssimo quando a carga se concentra no fundo do porão.

Para determinados equipamentos mecânicos a retirada de carga exige uma coluna de granel da ordem de 1,5m. Nestas condições, para o término de descarregamento, utiliza-se um *bob cat*, pá carregadeira ou similar, para aglomerar o restante da carga, como é possível se constatar pelas figuras 3.7 a 3.10, mostradas em seguida (Resulta, Importadora e Exportadora Ltda.).

Ambas categorias de equipamentos (intermitentes e mecânicos contínuos) podem ser utilizados para qualquer tipo de granel e em sua maioria são fabricados mediante encomenda, atendendo, portanto, às taxas de movimentação requisitadas pelo empreendedor.

Figura 3.7: Porão com baixa coluna de carga (uso de máquina para facilitar o transbordo da carga)

Figura 3.8: Máquina auxiliando no transbordo do granel

Figura 3.9: Baixa taxa de movimentação

Figura 3.10: Fim do descarregamento

Os equipamentos pneumáticos exigem potência mais elevada e são unidirecionais, mas são práticos, tem grande eficiência no controle de poeira e bom rendimento, um desenho esquemático deste equipamento é apresentado na Figura 3.11, Moura (1987). Taylor (1992), afirma que os sistemas de sucção pneumáticos são recomendados para grãos secos e soltos, para materiais não abrasivos, de pequena granulometria e baixo peso específico. Estes sistemas de sucção são capazes de alcançar partes de difícil acesso e têm uma capacidade em torno de 100 à 700 ton/h, mas alguns podem atingir de 10.000 à 15.000 ton/h.

Figura 3.11: Descarregamento por sugador

A Tabela 3.1 mostra uma comparação entre as três categorias de equipamento de transbordo, quanto à eficiência, flexibilidade, consumo de energia, custo do investimento, custo operacional etc. Ela se constitui em uma boa ferramenta para nortear o projetista na escolha do equipamento que melhor se ajuste a seus requisitos.

Tabela 3.1 – Tabela comparativa entre as categorias de equipamento de transbordo

Características	GRAB	MHC ÁNICO	PNEUMÁTICO
Investimento Inicial	médio	alto	baixo
Índices de montagem	médias complicadas	pesado, complicando	leve: simples
Flexibilidade de operação	médias	baixa	alta
Adaptação à mudanças de nível no rio	baixa	baixa	baixa
Movimentação necessária da barge	médias	médias	baixa
Sensibilidade ao contato com correntes, lodos e fundo da barge	médias	alta (o grilo) pode later e danificar tanto a bargea quanto o descarregador	baixa (tubos leves e não rígidos)
Sensibilidade a corpos estranhos	baixa	ruim (pode travar facilmente : desmontagem do equipamento muito demorada e complexa)	médias (único ponto de bloqueio possível é a válvula reativa, facilmente desmontável)
Polluição ambiental	alta (gra de formação de poeira na descarga)	médias (formação de poeira no ponto de descarga)	baixa (sucção e recuperação total com filtro)
Custo Operacional	baixo	médio (0,2 - 0,4 kw/t) -> no se pode argumentar com estes valores sem considerar a eficiência operacional média	alto (0,6 - 1,0kw/t)
Manutenção	Baixa	alta (grande atrito entre eixal e partes mecânicas, travas complicadas)	médias (poucas peças sujeitas á desgasta, peças facilmente substituíveis)
Perdas de produto	alta - 0,1% podendo chegar a até 1 %	médias (limpeza de restos, quebras de grão)	baixa
Continuidade na descarga	médias (baixa no início descarga final mais problemática, muita mão de obra)	ruim (boa no início, fase intermediária e final demorada)	baixa
Eficiência sobre capacidade nominal	Eficiência sobre capacidade nominal é maior que 50 %	Eficiência sobre capacidade nominal é menor que 50 %	Eficiência sobre capacidade nominal é maior que 65 %

3.4 Subsistema Ferroviário

O subsistema ferroviário é responsável pela recepção, expedição, formação, classificação e posicionamento para carga e descarga dos vagões. Os componentes básicos do setor ferroviário são: acesso e egresso, área de circulação e manobra, pátios e setor de carga e descarga. Apresenta-se, a seguir uma descrição das funções desses componentes, bem como diretrizes para definição de seus parâmetros, Lima (1988).

Acesso e egresso ferroviário

Este componente consiste em um entroncamento ferroviário que é o elo entre a via férrea e o terminal. O dimensionamento deste componente deve levar em consideração restrições estabelecidas pela composição crítica que freqüentará este subsistema, bem como as normalizações existentes. Em maiores configurações pode-se desmembrar este componente em linhas distintas de chegada e saída, sendo, para isto, necessário instalações de sinalização, chaveamento, etc.

Área de circulação e manobra

Trata-se de uma área de formação, classificação e decomposição dos trens. Nos terminais em que a movimentação de trens não é muito grande e não ocorre saturação do sistema, a utilização de algumas linhas concorrentes é suficiente para realizar as atividades mencionadas.

Nos pequenos terminais não existe uma diferenciação nítida entre as áreas de estacionamento de vagões e a área de formação, classificação e decomposição de trens. Entretanto, para terminais que venham a operar com fluxos mais expressivos de movimentação, deve se estudar a necessidade de regiões distintas para as atividades descritas, de forma a combinar as linhas ferroviárias e possibilitar o manuseio dos vagões.

Pátios ferroviários

O terceiro componente é a área de regulação de fluxo de vagões que consiste de um pátio com linhas concorrentes, onde se armazenam os vagões cheios e vazios, e onde podem ser executadas manobras.

Há ainda uma região de preparação e ordenação onde se compõe lotes de vagões para carga e descarga, visando reduzir os tempos de manobra e evitar interrupções desnecessárias no carregamento ou descarregamento do vagão.

Setor de carga e descarga

O setor de carga e descarga é local onde ocorre a transferência de carga, seja ela direta, de um modal para o outro ou para o sistema de armazenagem. Este componente deve ser dimensionado consistentemente com o subsistema de movimentação o qual, por sua vez, depende da demanda de transbordo.

Na sequência são discutidos alguns dos componentes deste subsistema, porém maiores detalhes podem ser encontrados no trabalho de Lima (1988).

3.4.1 Considerações gerais sobre componentes ferroviários

Na concepção do setor ferroviário, deve-se seguir algumas regras estabelecidas pela AREA (American Railway Engineering Association), conforme citado por Lima (1988):

- pátios muito largos devem ser evitados pois geram ineficiência operacional advindas das longas distâncias a serem percorridas;
- as vias principais não devem atravessar o setor ferroviário do terminal;
- as conexões das vias principais, com o recebimento e expedição, devem ser as mais diretas possíveis;

- as interferências entre movimentos devem ser minimizadas;
- os ângulos dos desvios devem ser os maiores possíveis para reduzirem o comprimento das linhas.

A Figura 3.12 mostra a configuração da via de acesso e egresso e as correspondentes restrições dimensionais que são consistentes com as velocidades de movimentação da composição na área do terminal.

Deve-se salientar também que, em função da topografia do terreno, as vias de circulação interna podem apresentar aclives e declives, contudo não é recomendada inclinação da linha na área do terminal.

Figura 3.12: Acesso e Egresso ferroviária

Fonte: Lima (1988)

A Figura 3.13 apresenta as dimensões principais da linha férrea em função das características da composição padrão adotada. Como as características do sistema ferroviário dependem essencialmente das dimensões das composições do sistema ferroviário, é importante ao projetar um terminal levar em consideração as diferentes capacidades dos vagões que frequentarão o terminal.

Figura 3.13. Tipologia e dimensões principais

Fonte: Lima (1988)

Para a definição do comprimento da linha de acesso e egresso, Lima (1988) salienta que cada linha do pátio deve conter um trem crítico com folga, e o comprimento da linha em que se encontra o elemento de controle deve ter dimensões conforme a Figura 3.13.

A empresa Brasil Ferrovias recomenda que, para se evitar excessos de manobras no pátio e reduzir o tempo de permanência da composição da máquina motriz no terminal, as dimensões da linha de carregamento deve comportar duas vezes o comprimento da composição típica, permitindo sua evolução sem o desmembramento.

Os pátios são compostos por: regiões de mudança de vias e regiões de vias concorrentes, onde os ângulos do AMV (aparelho de mudança de via) podem variar de $3^{\circ}34'47''$ à $7^{\circ}09'10''$, Polido (1985). Adicionalmente, deve-se evitar a concepção de linha no pátio sem saída “rabicho”.

Com relação à área de circulação e manobra é necessário garantir espaço livre para uma adequada movimentação interna das composições ferroviárias. Na figura 3.14. encontram-se relacionadas algumas dimensões deste gabarito.

É importante mencionar que a movimentação de vagões é unidirecional (sobre a linha férrea) as manobras ferroviárias devem ser executadas de acordo com algumas configurações particulares. Na figura 3.15 são apresentados possíveis arranjos.

A pêra ferroviária é um arranjo em que a composição praticamente não faz nenhuma manobra. Esta configuração mostra-se eficiente operacionalmente, pois a composição entra no terminal e executa todas as operações continuamente, sem o desmembramento da composição até que ela complete o ciclo no terminal, seja ele para manobra e/ou para carregamento ou descarregamento. Por outro lado, uma vez que a composição esteja na linha, esta linha permanece ocupada até que a composição seja despachada. Além disso, há necessidade de grande área útil para a construção da

pêra ferroviária se comparado à utilização de linhas concorrentes o que dependendo da topografia do terreno, pode acarretar em grandes obras de terraplanagem.

Figura 3.14 - Gabarito de instalações fixas

Fonte: Lima (1988)

Com relação ao pátio de manobras ferroviário, este arranjo consiste de linhas concorrentes e se mostra eficiente para manobra, estacionamento, classificação, ordenação sendo independente da linha principal. No entanto, sua eficiência operacional é inferior ao da pêra operacionalmente, pois requer muitos movimentos durante as operações.

Em relação ao posicionamento ferroviário, pode-se distinguir duas formas básicas: os posicionadores de vagões e o posicionador triangular. Com relação ao posicionador de vagões, sua instalação é relativamente cara e muitas vezes se restringe a um vagão ou uma máquina motriz. Já o posicionador de vagões triangular é mais difundido e barato, porém necessita de uma área útil maior.

Figura 3.15: Formas de posicionamento e manobra ferroviários

Fonte: Lima (1988)

3.4.2 Setor de carga e descarga

Neste setor ocorre o processo de recepção e expedição que são os descritos a seguir.

Processo de recepção

A composição, estando no pátio ou na área de ordenação e preparação, pode ser desmembrada em, lotes definidos pelo número de gares, em função do

arranjo e sistema de pesagem. Os vagões são pesados e, dependendo do tipo de balança, são desmembrados um a um, de forma que um vagão não interfira na aferição de peso do outro.

No passo seguinte, conforme ilustrado na Figura 3.16, são abertas as tremonhas dos vagões e o escoamento do granel se dá, por gravidade, para a moega que direciona o granel para um conjunto de esteiras e elevadores de canecas, destinando a carga ao silo ou à pilha de armazenagem, ou ainda à expedição hidroviária.

Quando ocorrer transbordo direto para o setor hidroviário, deve-se manter o fluxo de carga para a expedição hidroviária, de forma a evitar interrupções do fluxo.

O tempo de descarregamento do vagão está diretamente associado ao tipo de vagão (*hopper* ou gôndola), sendo que em alguns o processo de descarregamento é muito rápido e, em outros, é necessária a utilização de mão de obra auxiliar para completar o descarregamento.

Os vagões graneleiros fechados tem seu tempo de descarregamento em torno de 20 a 30 minutos, já para os tipo *hooper* o tempo é de 3 à 5 minutos.

Figura 3.16: Processo de recepção

Processo de expedição

Da mesma forma como no processo de recepção, a composição, dependendo do sistema de aferição da carga, deve ser desmembrada e os vagões devem ser posicionados sob o pulmão de expedição, composto por moegas que são alimentadas por um sistema de correias e elevadores de canecas, conforme mostrado na Figura 3.16. O granel pode vir do armazém ou direto da recepção hidroviária.

Caso exista uma linha férrea ao lado do cais e o equipamento de transbordo hidroviário seja provido de um pórtico com *grab* ou similar, o transbordo pode ser feito direto para o vagão ferroviário utilizando, para isso, uma moega de recepção no cais.

Após o carregamento do vagão, caso a pesagem seja por balança convencional, o vagão ainda é pesado e então forma-se a composição para seguir viagem ou os vagões são deslocados para o pátio. Caso o sistema de pesagem seja feito por balança de fluxo, não é necessário o desmembramento da composição e desta forma, quando a composição estiver carregada, ela é liberada. Em relação ao carregamento este tempo varia de 5 à 8 minutos.

3.5 Subsistema Rodoviário

O subsistema rodoviário apresenta, basicamente, quatro componentes: via de acesso e egresso, pátio de estacionamento, área de circulação e elementos de carga e descarga, Lima (1988). Apresenta-se, na seqüência, uma descrição destes elementos, e dos processos de carregamento e descarregamento.

Via de acesso e egresso rodoviário

Possibilita a interconexão com as vias externas, acessos externos; este componente normalmente possui elementos de segurança para fiscalizar a entrada e

saída de veículos, tais como elementos de controle, postos de pesagem, amostragem com escritórios de recepção e expedição.

Pátio de estacionamento

As áreas de regulação de fluxo devem suportar as demandas diárias de veículos de diferentes tipos, definindo assim o tipo de arranjo que melhor convém e sua capacidade. Para seu dimensionamento devem ser consideradas as características dos veículos e as restrições do terreno.

O pátio de estacionamento pode ser o próprio regulador de fluxo deste subsistema, porém para terminais com movimento elevado de veículos Lima (1988) salienta a necessidade de se criar outros módulos de estacionamento, como um pátio para posicionamento na área de carga e descarga dos veículos, de forma a manter o carregamento e descarregamento sem interrupção.

Área de circulação interna

Este componente é definido como a área de transito interna dos veículos no terminal, deve ser compatível com as dimensões para circulação do veículo crítico.

Elementos de carga e descarga

As baias de carga e descarga são os lugares onde ocorrem as transferências de carga, seja ela direta, de um modal para o outro, ou do subsistema de armazenagem. Este componente está diretamente relacionado ao sistema de movimentação.

Na figura 3.17 é destacada a macroconcepção do setor rodoviário. Observa-se a inter-face entre a via principal e o terminal, áreas de circulação e estacionamento de caminhões, e outra interface onde ocorre a transferência de cargas para outros modais ou para a armazenagem.

Analogamente ao que foi feito para o subsistema ferroviário, são discutidos a seguir alguns dos componentes do subsistema rodoviário; maiores detalhes podem ser encontrados no trabalho de Lima (1988).

Figura 3.17: Macroconcepção do setor rodoviário Fonte: Lima (1988)

3.5.1 Considerações gerais sobre componentes rodoviários

Para este subsistema deve-se definir a população de caminhões que utilizará o terminal e sua participação percentual.

Com relação a via de acesso e egresso deste setor, Lima apresenta três formas de ligação em nível entre o terminal e a via pública:

- a interseção perpendicular: adequada para baixos fluxos de tráfego na via pública.
- a interseção inclinada: utilizada para níveis intermediários de fluxo, sendo o raio de curvatura função do nível de serviço,
- a interseção com faixa: é a mais adequada para rodovias com alto fluxo de tráfego.

Dependendo da topografia do terreno, podem existir aclives e declives; é sendo recomendado porém que o ângulo formado entre o plano e a rampa não superior a 11% (6° e $17'$), de forma a garantir o movimento articulado entre o cavalo e a carreta, Figura 3.18, SAE (1992).

Figura 3.18: Inclinação de rampa

As áreas de circulação e manobra devem ser compatíveis com as características dos veículos envolvidos. A Figura 3.19, apresenta um esquema básico das dimensões principais para manobra. Porém, valores estimados para os raios interno e externo, de manobra, variam muito entre os diferentes fabricantes de carretas e do cavalo. A norma SAE (1992), apresenta, na seção SAE J695, toda a formulação de cálculo para determinação dos raios de manobra (raio interno e externo) em função do tipo de carreta e características do cavalo.

Figura 3.19: Características de circulação e manobra rodoviária

O pátio de estacionamento de veículos ou área de regulação do fluxo pode ter duas funções distintas: armazenar veículos, vazios ou cheios, e manter veículos em fila, posicionando e aguardando processamento. A área de regulação de fluxo deve ter capacidade para absorver com folga o fluxo diário de veículos, Lima (1988). Maiores detalhes sobre concepção do pátio de estacionamento podem ser encontrados nesta referência.

3.5.2 Elemento de carga e descarga

Neste setor ocorrem os processos de recepção e expedição que são descritos a seguir.

Recepção rodoviária.

No subsistema rodoviário existe basicamente 2 formas de descarregamento. O primeiro é o sistema de plataforma inclinada, no qual a carreta é posicionada conforme indicado na Figura 3.20 (a); a carreta é fixada sobre a plataforma e inclinada até um determinado ângulo, para que a carga seja escoada e direcionada à moega de recepção (subterrânea). A moega direciona o granel para um conjunto de esteiras e elevadores de canecas que movimentam a carga até os silos ou, diretamente, para a expedição hidroviária. É importante observar que, assim como no subsistema ferroviário, o processo de expedição direta para o subsistema hidroviário deve evitar interrupções do sistema de movimentação, seja ela devido a falta de carretas, ou pelo uso de equipamentos que não garantam uma taxa adequada de movimentação.

O segundo sistema utiliza uma moega de recepção subterrânea, Figura 3.20 (b). Após pesagem na balança de plataforma (gravidade), as carretas seguem para a área de descarregamento, sobre a grelha da moega, onde são abertas as bicas da carreta. A sequência do processo é a mesma descrita para o outro sistema.

O sistema de descarregamento por plataforma inclinada é mais rápido, porém tem um maior custo de instalação pois requer mecanismos mais sofisticados. No sistema de moega de recepção (subterrânea), parte do granel permanece na carreta depois do descarregamento, exigindo então o uso de mão de obra auxiliar para a remoção do restante da carga; este problema pode ser ainda agravado dependendo do tipo de granel.

Figura 3.20: Sistema de descarregamento por plataforma inclinada (a) e moega de recepção subterrânea (b).

Expedição rodoviária

O carregamento das carretas graneleiras é realizado basicamente por moegas (pulmão de expedição) que são alimentadas por esteiras, como ilustrado na Figura 3.20 (b); o granel pode vir do silo ou do subsistema hidroviário. A carreta é primeiramente pesada, depois entra na área de carregamento sob o pulmão de expedição, após carregada é novamente pesada.

3.6 Setor (subsistema) de Armazenagem

A armazenagem tem fundamental importância e está diretamente ligada ao subsistema de movimentação. Segundo Weber (1995) a concepção de uma unidade armazenadora deve ser tratada com muita atenção pois, além de envolver os projetos civil e mecânico, tem implicação direta sobre consumo de energia do terminal. Este

subsistema está inserido no fluxo de movimentação do terminal e por isso requer estudo conjunto com o sistema de recepção e expedição.

Bird (1971) salienta que o estoque tem função essencial em, armazenagem em trânsito (*transit storage*), balanceamento entre o fluxo gerado pelo descarregamento do navio e os veículos terrestres e segurança contra atraso.

Embora seja notável a importância deste subsistema em um terminal de grãos sólidos, deve-se salientar que não é sua função reter cargas por longo período de tempo; ele deve, criar condições para que a falta de veículo de um outro modal não venha a penalizar a operação deste terminal, bem como ofereça cadência de carga para os modais.

3.6.1 Parâmetros para Concepção de um complexo de armazenagem.

O subsistema armazenagem deve ser dimensionado levando em conta balanceamento de fluxo, absorvendo volumes excessivos de carga e irregularidades de tráfego e garantir cadência para o carregamento, como já mencionado. São também fatores a serem considerados: tipo de produto, sazonalidade, máximo uso do espaço, acesso fácil, movimentação eficiente, máxima proteção, boa qualidade de armazenagem e dados de demanda.

É interessante localizar os armazéns e silos em locais em que a topologia permita o descarregamento dos silos por gravidade, aproveitando a inclinação do terreno na direção da margem. Com isto pode-se reduzir o consumo de energia do terminal, Weber (1995).

As unidades armazenadoras podem ser unidade que recebem produtos de origem das fazendas ou das unidades coletoras. Portanto é muitas vezes função de um terminal também prover processos secagem, aeração, limpeza e até beneficiamento.

Já outras unidades armazenadoras em função de sua localização e/ou finalidade recebem o produto com algum processamento e/ou armazenam por um curto período de tempo e assim necessitam somente de estrutura mínima de armazenagem, podendo dispor apenas de equipamentos de aeração.

Cabe ressaltar que, dependendo da diversidade e quantidade de graneis e lotes movimentados no terminal, podem existir vários silos ou armazéns específicos ou ainda poderá ser concebido um armazém dividido em *septs*.

Convém ainda mencionar que, em trabalho realizado por Bergsten (1999), foi ressaltado que a influência do tamanho dos silos no custo global de transporte é mínimo em relação aos custos globais, para um dado volume de movimentação. Isto indica a viabilidade de se utilizar silos maiores do que o estritamente necessário.

Tipo de Armazenagem

Um terminal intermodal de transporte pode ser composto por silos, armazém ou ainda uma simples área descoberta. A escolha de um outro tipo dependerá da quantidade de carga movimentada no terminal, da configuração adotada pelo projetista e também do perfil de cargas deste terminal.

Uma das variáveis que influi na escolha do tipo de sistema de armazenagem é o tipo de produto que será estocado. No caso de graneis sólidos esta escolha acaba sendo função das características do granel. Desta forma, Moura (1978) divide a armazenagem em dois tipos: estocagem externa e estocagem interna.

Alguns graneis, em razão de cuidados especiais com umidade e temperatura, exigência sanitárias, problemas de deterioração etc, devem ser armazenados em locais totalmente fechados, o que implica em “Estocagem Interna”.

A figura 3.21 apresenta a tipologia do sistema de armazenagem para estocagem interna, Lima (1988).

Figura 3.21: Tipo e características de silos e armazéns graneleiros

Fonte: Lima (1988)

Outros graneis necessitam de menos cuidados e podem ser armazenados ao ar livre “estocagem externa”. Este tipo de armazenagem se caracteriza pelo empilhamento do granel, tomando muitas vezes a forma de cone, que tem características próprias de talude do produto “ângulo de empilhamento”, e pode ser visualizado na Figura 3.22.

Figura 3.22: Características das pilhas de estocagem de granéis sólidos

Fonte: Lima (1988)

3.6.2 Aspectos gerais dos sistemas de armazenagem.

Os elementos de armazenagem podem ser elevadores constituídos por grandes células, construídas em concreto armado ou chapas de aço; podem ser constituídos por um conjunto de pequenas células de chapas de aço ou alumínio, podem ser subterrâneos herméticos ou ainda convencionais (tipo graneleiro). Basicamente, são depósitos destinados ao armazenamento de carga a granel, podendo ser construídos em concreto, alvenaria e metálico de fundo cônico ou não.

Eles podem ser alimentados através de correias transportadoras e transportador de corrente, ou ainda diretamente através de elevadores de canecas. A Figura 3.23 apresenta um fluxograma de operação do subsistema de armazenagem. Os grãos são recebidos na moega [MR-1], através do elevador [E-1], passam pela máquina de pré limpeza [PL-1] e vão para o elevador [E-2]; na saída deste elevador existem três opções: a carga vai para [EXPED-1], que é a opção de expedição, para o secador de cereais que por sua vez repassa pela rosca tubular [RT-1] para o elevador [E-1], ou então para a correia transportadora [CT-1] que direciona o granel para o silo [SA-1]. Do silo [AS-1] o granel é direcionado para a correia transportadora [CT-2] que alimenta o elevador de canecas [E-2], que conduz o granel à expedição.

Figura 3.23: Fluxograma subsistema armazenagem

Os silos podem ser metálicos ou de concreto. Os silos de concreto são edificações que exigem elevados investimentos, compreendidos por células de concreto em que se aproveita, como unidade de armazenamento, as células e as intercélulas. São utilizados junto a moinhos e portos, pois, pela sua forma cilíndrica vertical e altura, ocupam menos espaço; normalmente têm fundo cônico para facilitar a descarga por gravidade.

Por outro lado os silos metálicos são de fácil montagem e rápida instalação; apresentam facilidade de ampliação e podem ser fornecidos em pequenas unidades para diversos produtos. Por estas características são amplamente utilizados.

Os silos podem ser verticais e horizontais. Os silos verticais possibilitam a economia de espaço e a movimentação da carga muita vezes por gravidade. No entanto, os silos verticais não são recomendados para produtos de baixa granulometria (farelo de soja, farelo em geral, açúcar etc) dada a sua compactação.

Os silos horizontais são, geralmente, do tipo graneleiros e possuem custo de implantação relativamente menor que os elevados e verticais, porém ocupam mais espaço, não têm a mesma flexibilidade e os recursos dos silos verticais.

No que diz respeito ao fundo, estes silos podem ter fundo plano com aeração sem túnel, fundo plano com aeração e túnel, fundo semi – “V” com túnel; d) fundo “V” com túnel e fundo elevado em “V”.

Os armazéns convencionais, são unidades de fundo plano, em V ou em W, que muitas vezes são divididas em séptors, sendo adequados à estocagem de produtos em sacos, caixas, *bag's*, fardos, e granel. A estocagem se processa emblocada em lotes individualizados que reúnem as mesmas características da espécie agrícola, devendo apresentar, como condição essencial, boas condições de ventilação.

Pulmão de expedição

São utilizados para receber o granel, facilitando a operação do derrame de granel e melhorando a cadência do embarque. Além disto, serve como comporta de reserva nos momentos das trocas de veículos ou eventuais paralisações da descarga, regulando desta forma o fluxo entre os subsistemas.

Os pulmões de expedição são moegas, silos de menores dimensões que possuem uma altura livre mínima de 4,50 metros e uma largura tal que permita a passagem de caminhões ou vagões ferroviários sob as tulhas conforme mostrado na Figura 3.24. Seu fundo é cônico possibilitando descarga total por gravidade; os pulmões possuem também registros, acionados por correntes, dimensionados em função da capacidade dos transportadores existentes no carregamento do pulmão e da necessidade de velocidade na expedição, Weber (1995).

Figura 3.24: Pulmão de expedição

3.7 Subsistema de Movimentação

Esta seção apresenta o relacionamento entre o sistema de movimentação e os demais sistemas do terminal, uma síntese dos equipamentos de movimentação interna para granéis sólidos e os parâmetros para seleção dos equipamentos.

Convém observar que os equipamentos de transbordo já foram descritos na abordagem dos subsistemas modais.

3.7.1 Interação do subsistema de movimentação

Em qualquer setor de carga ou descarga de um terminal intermodal, ocorrem processos de movimentação. Portanto, todos os subsistemas abordados anteriormente possuem interface com este subsistema. São dependentes do subsistema de movimentação todos os subsistemas de um terminal que têm como variável a unidade de carga que é movimentada.

Este subsistema tem uma característica dinâmica associada aos equipamentos e modos de manuseio e transferência de cargas. É importante uma integração harmoniosa entre arranjo físico do terminal e a definição do sistema de movimentação de modo a minimizar a área necessária e o consumo de energia.

3.7.2 Equipamentos de movimentação

Os equipamentos de movimentação e transporte podem ser divididos em 3 categorias, Moura (1982).

- § Transportadores contínuos, motorizados ou não, utilizados para mover cargas uniformes continuamente de um ponto a outro, por percursos fixos;
- § Equipamentos suspensos utilizados para movimentar cargas variáveis, intermitentemente, entre pontos variáveis de uma mesma área;
- § Veículos industriais, motorizados ou não, utilizados para movimentar cargas uniformes ou mistas, intermitentemente, por percursos variáveis que tenham superfícies e espaços apropriados.

Equipamentos para movimentação interna de graneis sólidos (transportadores contínuos).

Entre os transportadores contínuos estão incluídos os seguintes tipos: elevadores de caçamba ou caneca, transportadores de correias, transportadores de corrente, transportadores de caçamba, Moura (1982).

a) Elevador de caçambas

É um transportador vertical, constituído por uma série de caçambas montadas verticalmente sobre correntes ou correias, acionadas por um motor elétrico.

b) Transportadores de caçamba

Este equipamento é o que permite vencer as maiores distâncias no transporte de produtos a granel. É comumente utilizado no transporte de grandes tonelagens, a baixa velocidade, em trajetos horizontais ou verticais. Apresenta como vantagens, economia de espaço na elevação dos grânéis, flexibilidade quanto ao arranjo físico, além de combinar movimento horizontal e vertical com bom rendimento. Tem como limitações, alto custo de implantação e comprimento limitado e é recomendado para material corrosivo ou abrasivo, Weber (1995).

c) Transportadores de correias

São equipamentos que movem a carga de um ponto a outro na posição horizontal. São indicados para movimentação de médias e altas capacidades e exigem pouca manutenção, baixa potência em relação a outros transportadores, causando o mínimo de dano mecânico ao produto.

O ângulo máximo de inclinação do transportador varia de 8° a 12° e depende das características do material a ser transportado, do tipo da correia e do coeficiente de atrito entre a correia e a carga. Porém, para esta inclinação, grãos como soja, oferecem um percentual de retorno com diminuição da capacidade do transportador.

As correias, longas ou curtas, reduzem a mão-de-obra, aceleram o ritmo de trabalho, racionalizam o processo operacional, possuem marcha suave e silenciosa, possibilitam carga e descarga em qualquer ponto de seu traçado, podem ter trajetória horizontal ou inclinada e movimento em um só sentido ou reversível.

d) Transportadores de corrente

Os transportadores de corrente, também conhecidos por *Redler*, são construídos em estrutura metálica rígida, modulada, com a finalidade de transportar grãos através do arraste dos elos da corrente. Trata-se de um transportador compacto, que exige pouco espaço e pode ser instalado ao tempo, sendo utilizado em posição horizontal ou inclinada. A versatilidade na alimentação e descarga, e o fluxo nos dois sentidos, é uma de suas vantagens.

e) Transportador de Rosca.

É o sistema de transporte mais versátil e barato para movimentação a curta distância e em linha reta. Consiste de um helicóide girando em um tubo ou caixa, no qual o material a granel é lançado. Os transportadores de rosca são indicados para capacidades de moderadas a médias, em distâncias que normalmente não excedem 60m. Este tipo de transportador não é recomendado para grãos por causar a quebra do grão, apresentam perda de rendimento na elevação e não são aconselhados para produtos abrasivos.

Existem alguns modelos móveis sobre rodas, conhecidos por “chupim”, que servem para o transporte horizontal ou inclinado e podem, também, trabalhar na posição vertical.

f) Transportador de planos inclinados

Têm de 40 a 45 graus de inclinação, são usados principalmente para carvão, evitam a aceleração excessiva do material, mediante travessas paralelas.

3.7.3 Seleção dos equipamentos

Segundo Apple (1977) a eficiência da movimentação dos materiais não acontece pura e simplesmente. Ela exige uma cuidadosa análise de toda a operação, com o objetivo de implementar um fluxo eficiente de materiais, mediante a aplicação de métodos e equipamentos adequados.

Moura(1987), assim como Apple (1977), apresenta em seu trabalho técnicas de concepção do sistema de movimentação. Serão sintetizados a seguir alguns conceitos desenvolvidos pelos autores.

Parâmetros para seleção dos equipamentos

A seleção dos equipamentos de movimentação passa necessariamente pelo exame das características do material (fluxos de movimentação semelhantes), análise dos movimentos exigidos (através destes são percebidos quais os tipos de equipamentos adequados e que conhecimentos se fazem necessários para movimentá-los) e finalmente pelos estudos dos métodos aplicáveis (capacidade ou requisitos consistentes com as restrições físicas), Moura (1987).

Os seguintes fatores precisam ser examinados para escolha do sistema de movimentação: tipo; características e quantidade do material; origem e destino; tipo e características do movimento; restrições físicas e mão de obra exigida pelo equipamento.

O resultado desta seleção deve atingir os seguintes objetivos ou uma combinação deles: redução de custos, redução de perdas, elevação da capacidade produtiva e melhoria das condições de trabalho.

Adicionalmente, deve-se procurar selecionar equipamento padronizado, sempre que possível, pois, o seu custo inicial sempre é menor do que o do equipamento fabricado por encomenda; equipamentos padronizados permitem o intercâmbio de peças, são de entrega e instalação mais rápidas, e podem ser

expandidos com mais facilidade e rapidez. É importante também, quando se planeja um sistema, prever as necessidades futuras.

Convém mencionar que embora a escolha do equipamento de movimentação deve ser balizada pelos fatores abordados nesta seção, no caso específico de granéis sólidos esta escolha está muito associada às características do granel, capacidades de movimentação e a topologia do terreno.

3.8 Critérios de Avaliação do Terminal

Com as recomendações apresentadas nas seções anteriores deste capítulo, é possível desenvolver diversas configurações para um dado terminal, que podem ser identificadas pelo número de berços e gares, pelo número e capacidade de equipamentos de transbordo e movimentação e pela capacidade de armazenagem. A escolha entre estas configurações deve ser definida pela aplicação de critérios adequados.

3.8.1 – Considerações gerais

Existem diversos critérios para avaliar o desempenho do terminal. Alguns são mais apropriados para avaliar o sistema de transporte como um todo; este é o caso do custo global, usado por Lima (1988), que corresponde à soma dos custos de permanência dos veículos nos respectivos modais com a tarifa. Este é um critério que será utilizado no trabalho.

Outros critérios são mais dirigidos à avaliação específica do investimento do terminal; pode-se citar, entre eles, o método do valor presente líquido e o método da taxa interna de retorno. Neste trabalho será empregado o critério do valor presente líquido para estabelecer uma ordenação das diversas alternativas.

Certamente, a melhor solução sob o critério de custo global não é a melhor solução sob o critério do valor presente. Embora se deseje dar prioridade ao

desempenho econômico do terminal, deve-se levar em consideração que um alto custo de espera para o transportador tende a afastá-lo do terminal. Uma possível compatibilização entre os dois tipos de critérios é especificar um tempo máximo admissível de permanência no sistema para cada modal.

A partir da especificação do tempo máximo de permanência pode-se separar as diversas configurações em dois grupos: as alternativas viáveis, que têm tempo de permanência para todos os modais inferior ou igual ao limite; e as soluções inviáveis, em que pelo menos um dos tempos de permanência supera o limite.

A melhor solução, então, será a configuração viável que tiver o melhor valor presente líquido.

A aplicação deste procedimento exige uma consulta aos transportadores para determinação do tempo admissível de permanência no terminal para os diversos modais.

3.8.2 - Critério do custo global

Este critério considera, como já foi mencionado, a tarifa cobrada pelo terminal e o custo de espera dos veículos em cada modal. Tem-se assim:

$$CG = \text{Tarifa} + \text{CES} \quad (3.1)$$

onde:

CG é o custo global da alternativa por tonelada;

Tarifa é o valor cobrado pelo terminal, R\$/ton;

CES é o custo de espera total por tonelada.

- Tarifa

O cálculo da tarifa é feito a partir da rentabilidade (margem de lucro) especificada pelo proprietário do terminal para o seu empreendimento, como indicado a seguir:

$$Tarifa = (1 + L) \times \left\{ \frac{[CF + CV(h)]}{QTA} \times (1 + impostos) \right\} \quad (3.2)$$

onde:

L é a lucratividade desejada;

CF são os custos fixos;

CV (h) são os custos variáveis em função do período de operação;

QTA é a quantidade de toneladas movimentada por ano.

- Custo de espera

Para se computar o custo de espera dos veículos, devido à existência de filas nos pontos de carga e descarga, e com isso levar em conta o nível de serviço que o terminal oferece, sugere-se a seguinte expressão:

$$CES = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \left(\frac{TEM_i \times CHV_i}{CC_i} \right) \quad (3.3)$$

onde:

CES é o custo de espera total sistema por tonelada;

TEM_i é o tempo médio do veículo do modal i;

CC_i é a capacidade carga do veículo do modal i;

CHV_i é o custo horário de permanência do veículo do modal i;

α é o coeficiente efetivo de custo de espera.

O custo de espera representa um valor que, embora o usuário não desembolse, ele deixa de ganhar a cada hora parada. Se o custo de espera for alto o

usuário (transportador) pode aumentar o frete para operar no terminal, o que pode vir a inviabilizar o empreendimento.

É necessário ter cuidado na quantificação do custo de espera, pois nem toda hora economizada pode ser revertida em dividendos. O transportador só ganhará produtividade se tiver uma logística sincronizada com outros clientes, ou então se ele for dedicado ao terminal. Neste caso, quanto menos tempo ele permanecer no terminal maior número de viagens ele pode fazer e, com isso, ter maior receita.

Para estimar o custo de espera deste usuário, admite-se que ele é composto pelo lucro do usuário, (com o veículo parado o usuário não tem lucratividade nenhuma), pelos custos fixos como, salários, encargos, custo de capital, custos administrativos, seguros, custos de manutenção e os custos variáveis como consumo de óleo combustível de motores auxiliares (caso específico de empurradores). Não são incluídas, desta forma, somente as parcelas referentes a consumíveis, como pneu, óleo combustível, óleo lubrificante etc.

Para levar em conta a diversidade de casos possíveis, é recomendável arbitrar-se um o coeficiente efetivo de custo de espera α . Para uma melhor análise do efeito do custo de espera pode-se variar o valor deste coeficiente e efetuar uma análise de sensibilidade sobre a escolha das alternativas.

Para cálculo dos investimentos e custos do terminal pode-se utilizar a formulação básica elaborado por Lima (1988). Em alguns pontos devem ser feitas adaptações. Uma descrição do procedimento é reproduzida a seguir.

a) Investimentos Iniciais

Os principais componentes são os seguintes:

Custo de Aquisição do Terreno (CAT)

$$CAT = VT \times AT \quad (3.4)$$

onde:

VT é o valor do metro quadrado de terreno na região considerada;
AT é o área total do terminal.

Custo de Movimentação de Terra (CMT)

$$CMT = VTP \times VM \quad (3.5)$$

onde:

VTP é o valor médio do metro cúbico de terraplanagem;
VM é o volume de terra a ser movimentado.

Custo de Infraestrutura Rodoviária (CIR)

$$CIR = VD \times AR \quad (3.6)$$

onde:

VD é o valor do metro quadrado de construção de pavimento;
AR é o área total do setor rodoviário.

Custo de Infraestrutura Ferroviária (CIF)

$$CIF = VF \times CF + AMV \times NAMV \quad (3.7)$$

onde:

VF é o valor do metro linear de construção de linha férrea;
CF é o comprimento total de linhas férreas;
AMV é o valor do aparelho de mudança de via;
NAMV é o número de aparelhos de mudança de via.

Custo do Atracadouro (CATR)

$$CATR = \sum_{i=1}^n VAT_i \times NAT_i \quad (3.8)$$

onde:

VAT_i é o valor de construção de atracadouro do tipo i;

NAT_i é o número de atracadouros de tipo i.

Custo de Aquisição das Balanças (CAB)

$$CAB = \sum_{i=1}^n VB_i \times NB_i \quad (3.9)$$

onde:

VB_i é o valor de construção de 1 balança do tipo i;

NB_i é o número de balanças do tipo i.

Custo de Construção dos Edifícios Administrativos (CCE)

$$CCE = VA \times AA \quad (3.10)$$

onde:

VA é o valor do metro quadrado de construção de instalações administrativas;

AA é a área administrativa prevista.

Custos das Unidades de Armazenagem (CUA)

$$CUA = \sum_{i=1}^n UA_i \times NAR_i \quad (3.11)$$

onde:

UA_i é o valor da unidade armazenadora do tipo i;

NAR_i é o número de unidades armazenadoras do tipo i.

Custo do Equipamento de Movimentação (CEM)

$$CEM = \sum_{i=1}^n VEMi \times NEMi \quad (3.12)$$

onde:

VEMi é o valor do equipamento do tipo i;

NEMi é o número de equipamentos do tipo i.

O investimento total (IT) pode ser obtido pela soma das parcelas descritas acima.

$$IT = CAT + CMT + CIR + CIF + CATR + CAB + CCE + CUA + CEM \quad (3.13)$$

b) Custos Operacionais

Os custos operacionais podem ser divididos em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são aqueles que independem da carga de trabalho do terminal, ocorrendo quer ela seja grande ou não. Nesta categoria estarão incluídas a remuneração do capital investido, e as despesas gerais administrativas e de manutenção de instalações.

Os custos variáveis são aqueles que variam em função dos volumes movimentados e estão associados à mão-de-obra operacional, consumo de energia, combustíveis, lubrificantes e manutenção de equipamentos.

A seguir são relacionadas os componentes e as respectivas metodologias para seu cálculo.

Custos fixos (CF)

Remuneração dos Investimentos em Instalações - Custo Anual Equivalente

– (CI)

$$CI = \sum_{i=1}^n Ii \times \left[\frac{J \times (J+1)^{NI}}{(1+J)^{NI} - 1} \right] \quad (3.14)$$

onde:

Ii são os investimentos em instalações do setor i;

NI é a vida útil das instalações do setor i;

J é a taxa de atratividade do mercado.

Obs: Taxa de atratividade é uma taxa de atratividade efetiva , isto é, descontada a inflação.

Remuneração dos Investimentos em Equipamentos - Custo Anual Equivalente – (CE)

$$CE = \sum_{i=1}^n NEM \times \left[IEi - \frac{VRi}{(1+J)^{NEi}} \right] \times \left[\frac{J \times (1+J)^{NEi}}{(1+J)^{NEi} - 1} \right] \quad (3.15)$$

onde:

NEMi é o número de equipamentos do tipo i;

IEi é o valor do equipamento do tipo i;

VRi é o valor residual do equipamento do tipo i;

NEi é a vida útil de equipamento do tipo i;

J é a taxa de atratividade do mercado.

Despesas Gerais da Administração (DA)

$$DA = I \times AT + T \times NE + M \times NE + NA \times AS(1+B) \quad (3.16)$$

onde:

I é o valor de imposto predial e/ou territorial por metro quadrado;

AT é a área total do terminal;

T é o valor de taxas como água, energia por semana;

NE é o número da população do terminal;

M são despesas com materiais de escritório, higiene e outros por pessoa;

NA é o número da mão-de-obra administrativa do terminal;

SA é o salário médio da mão-de-obra administrativa;

B é o índice de encargos sociais referentes ao salário da mão-de-obra administrativa.

Custo de Manutenção de Instalações (CMI);

$$CMI = \sum_{i=1}^n Ii \times KIi \quad (3.17)$$

onde:

Ii é o investimento em instalações do setor i ;

KIi é o índice de manutenção do setor i .

Custos variáveis (CV)

Custo da Mão-de-obra Operacional (CMO)

$$CMO = \{SO \times (1+B) \times NO \times [T+(H-T) \times (1+g) \times p]\} \\ + NO \times (SM \times INS)/30 \quad (3.18)$$

em que:

$$NO = \sum_{i=1}^n NOSi + \sum_{J=1}^m (NEMJ \times NMj) \quad (3.19)$$

onde:

SO é o salário horário médio da mão-de-obra operacional;

B é o índice de encargos sociais;

NO é o número de empregados operacionais;

H é o número de operadores do setor i ;

g é o adicional de salário computando trabalho noturno e em dias não úteis;

T é o período de operação normal do terminal;

p é o fator de correção, $p=1$ para $H \geq T$ e $P=0$ para $H < T$;

$NOSi$ é o número de mão-de-obra operacional do setor i ;

$NEMj$ é o números de equipamentos do tipo J ;

NMj é o número de operadores requeridos pelo equipamento tipo J ;

SM é o salário mínimo;

INS é a insalubridade.

Custos com Energia, Combustível e Lubrificantes (ECL)

$$ECL = H \times \left[VE \times \left(\sum_{i=1}^n NEi \times CEi \times IUi \right) + \sum_{i=1}^n NEi \times CCi \times VCi \times IUi + \sum_{i=1}^n NEi \times CLi \times VLi \times IUi \right] \quad (3.20)$$

onde:

H é o número de horas de operação do terminal;

VE é o valor do kilowatt hora de energia;

NEi é o número de equipamentos do tipo i;

CEi é o consumo horário de energia pelo equipamento tipo i;

CCi é o consumo horário de combustível pelo equip. tipo i;

VCi é o valor do combustível para equipamento do tipo i;

CLi é o consumo horário de lubrificantes pelo equipamento do tipo i;

VLi é o valor do lubrificante para equipamento do tipo i;

IUi é o valor do índice de utilização do equipamento i.

Custo de Manutenção de Equipamentos (CME)

$$CME = \left[\sum_{i=1}^n NEi \times VEi \times KEi \right] \times H \quad (3.21)$$

onde:

NEi é o número de equipamentos do tipo i;

VEi é o valor do equipamento do tipo i;

KEi é o índice de manutenção do equipamento do tipo i;

H são as horas de operação do terminal.

3.8.3 - Método do valor presente líquido

Quando se analisa um fluxo de caixa referente a uma determinada alternativa, tem-se vários valores envolvidos, ora como receitas, ora como dispêndios. A somatória algébrica de todos os valores envolvidos no período considerado, reduzidos ao instante inicial com base em uma “taxa de juros ou taxa de atratividade comparativa” é denominada valor presente líquido Hirschfelt (1998).

Segundo o critério do valor presente líquido deve ser escolhida a alternativa que maximizar este valor.

4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS TERMINAIS FLUVIAIS DE GRANÉIS SÓLIDOS DA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ

Apresenta-se, inicialmente, neste capítulo um levantamento dos terminais de granéis sólidos que foram implantados na Hidrovia Tietê-Paraná, que inclui dados de capacidade estáticas, tipos de equipamentos, armazéns e silos, modais envolvidos, localização. Embora a pesquisa inicial tenha envolvido todos os terminais, serão apenas descritos aqueles que operam com cereais.

Em seguida, a partir dos conceitos apresentados no capítulo 3 é feita uma análise crítica do projeto e desempenho desses terminais.

4.1 - Os terminais da hidrovia Tietê – Paraná

A figura 4.1 mostra a localização dos terminais Intermodais de cargas existentes, desativados e previstos, na região de influência da Hidrovia Tietê-Paraná. No anexo A é apresentado um mapa que mostra com mais detalhes a localização destes terminais.

Figura 4.1: Terminais Intermodais de cargas na região de influência da Hidrovia Tietê-Paraná

A) Terminal graneleiro de Conchas

Este terminal está localizado no reservatório de Barra Bonita e pertence a CNAGA – Cia. Nacional de Armazéns Gerais. Ele está situado na margem esquerda do rio Tietê e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a SP – 300. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.1 a B.4 do Anexo B e nas Tabelas 4.1 a 4.3 junto com os demais terminais.

B) Terminal graneleiro de Anhembi

O Terminal Graneleiro de Anhembi está localizado no reservatório de Barra Bonita e pertence à empresa Nova Meca Ltda. Ele está situado na margem esquerda do rio Tietê e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a SP 300 e a SP 147. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.5 e B.8 do Anexo B e nas Tabelas 4.1 a 4.3 junto com os demais terminais.

C) Terminal graneleiro de Santa Maria da Serra

Este Terminal está localizado no reservatório de Barra Bonita e pertence à empresa ADM Armazéns Gerais Ltda. Ele está situado na margem esquerda do rio Tietê e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a SP 300, SP 191 e SP 304. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.9 a B.12 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

D) Terminal graneleiro de São Simão/GO

Este Terminal está localizado no reservatório de Ilha Solteira e pertence à empresa ADM Armazéns Gerais Ltda. Ele está situado na margem direita do rio Paranaíba e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a BR-

364 e BR-365. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.13 e B.14 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

E) – Terminal graneliro de Pederneiras

O terminal graneleiro de Pederneiras está localizado no reservatório de Bariri e pertence à empresa Comercial Quintella. Ele está situado na margem esquerda do rio Tietê e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a SP 300, SP 261, SP 225 e pela malha ferroviária bitola larga e estreita. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.15 a B.20 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

F) - Terminal graneleiro de São Simão/GO

Este terminal está localizado no reservatório de Ilha Solteira e pertence à empresa Comercial Quintella. Ele está situado na margem direita do rio Paranaíba e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a BR 364 e BR 365. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.21 e B.22 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

G) – Terminal graneleiro Nova Roseira - São Simão/GO

Este terminal está localizado no reservatório de Ilha Solteira e pertence à empresa Nova Roseira Armazéns Gerais Ltda. Ele está situado na margem direita do rio Paranaíba e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a BR 364 e BR 365. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.23 e B.24 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

H) - Porto Modal de São Simão/GO

O porto modal de São Simão está localizado no reservatório de Ilha Solteira e pertence à empresa Caramuru Óleos Vegetais Ltda. Ele está situado na margem direita do rio Paranaíba e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a BR 364 e BR 365. As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.25 a B.28 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

I) - Porto modal de Anhembi

Este terminal está localizado no reservatório de Barra Bonita e pertence à empresa Torque (empresa paulista de navegação Ltda). Ele está situado na margem direita do rio Tietê e possibilita a conexão da hidrovia com o modal rodoviário, utilizando a SP 300 e SP 147.

Devido à ausência de linha férrea neste terminal, esta empresa possui um terminal de transbordo (I-a) no qual permite a conexão entre os modais rodo-ferroviário através da malha sob concessão da Brasil Ferrovias, bitolas estreita e larga.

As características principais deste terminal estão ilustradas nas Figuras B.29 a B.37 do Anexo B e nas tabelas 4.1 a 4.3.

Obs: Todos estes dados foram obtidos em levantamento junto ao departamento hidroviário do Estado de São Paulo e em consultas aos próprios terminais.

4.2 – Característica dos Terminais

Para facilitar a comparação e avaliação dos terminais, as suas características dos terminais são apresentadas nas tabela 4.1 a 4.3.

Tabela 4.1 – Características dos modais

Terminal	MODAIS			
	Subsistema Rodoviário	Subsistema Ferroviário	Subsistema Hidroviário	
	Pátio	Pátio	Fundeio	Atracação
A	Sem configuração definida	Não dispõe deste modal	4 dolphins para amarração	Berço tipo cais acostável sobre estacas
B	Sem configuração definida	Não dispõe deste modal	Amarração à margem do rio	Flutuante fixado na margem
C	Estacionamento a 90° para 5 carretas	Não dispões deste modal	Dolphins para amarração	Berço tipo cais acostável sobre estacas
D	Sem configuração definida	Não dispões deste modal	Amarração à margem do rio	Não dispões de infraestrutura de atracação
E	Sem configuração definida	Entroncamento ferroviário, pátio em linhas concorrentes com extensão de 500 metros	4 dolphins para amarração	Berço tipo cais acostável sobre estacas
F	Estacionamento a 90°	Não dispõe deste modal	2 dolphins para amarração	Berço tipo cais acostável sobre estacas
G	Carretas estacionam em fila	Não dispõe deste modal	Amarração à margem do rio	Não dispões de infraestrutura de atracação
H	Configuração estacionamento 90°	Não dispõe deste modal	Amarração à margem do rio	Berço tipo cais acostável sobre estacas
I	Configuração estacionamento 90° ambos os lados para 14 carretas	a) ramal ferroviário, pátio com linhas concorrentes com extensão de mais de 1000 metros	Amarração à margem do rio, protegida por estacas de contenção	Berço tipo cais acostável sobre estacas

Tabela 4.2 – Característica do setor de movimentação

Terminal	Setor Movimentação			
	Recepção da carga	Movimentação Interna	Controle da carga	expedição
A	2 Sugadores com capacidade de 250 ton/h cada.	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 500ton/h.	Recepção por balança de fluxo. Expedição por balança de gravidade	Pulmão de expedição rodoviária com capac. de 80 ton/h - 1 baia
B	1 Sugador de 100 ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 200ton/h.	Recepção por balança de fluxo. Expedição por balança de gravidade p/ um veículo	Pulmão de expedição rodoviária com capac. de 80 ton/h - 1 baia
C	1 Sugador com capacidade de 100ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 100ton/h.	Recepção por balança de fluxo. Expedição por balança de gravidade p/ um veículo	Pulmão de expedição rodoviária com capac. de 170 ton/h - 1 baia
D	Plataforma de elevação com capacidade 90 ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 300ton/h.	Recepção por balança de gravidade p/ um veículo Expedição por balança de fluxo	Correia transportadora e trompa com capac. de 300ton/h
E	2 Sugadores com capacidade de 170 ton/h cada.	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 400ton/h.	Recepção por balança de fluxo. Expedição por balança de gravidade p/ um veículo	Pulmão de expedição rodoviária com capac. de 275 ton/h p/ 2 vagões ou 2 carretas
F	2 Plataformas de elevação, cada uma com capacidade de 400 ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 800ton/h.	Recepção por balança de gravidade p/um veículo expedição por balança de fluxo.	Correia com tubo telescópico e capac. de 800 ton/h.
G	Moega subterrânea com rosca sem fim com capac. de 150 ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 150ton/h.	Recepção por balança de gravidade p/um veículo expedição por balança de fluxo.	Correia transportadora e trompa com capac. de 150ton/h
H	2 Plataformas de elevação, cada uma com capacidade p/ 150 ton/h.	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 300ton/h.	Recepção por balança de gravidade p/um veículo expedição por balança de fluxo.	Correia transportadora e trompa com capac. de 300ton/h
I	Pórtico Clamsheel tipo com capacidade de 200 ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 300ton/h.	Recepção por balança de fluxo. Expedição por balança de gravidade p/ um veículo	Pulmão de expedição rodoviária com capac. de 60 ton/h

I – a)	1 Plataforma de elevação c/ capac. de 250 ton/h	Correias transportadoras e elevadores de canecas com capacidade de 250ton/h.	Balança ferroviária para um vagão	Moega de expedição com capacidade de 250 ton/h
--------	---	--	-----------------------------------	--

Tabela 4.3 – Características do setor de armazenagem

Terminal	Setor de Armazenagem			Área do terminal (m ²)	Sistema de Apoio
	Tipo	Capac. (unid.) (ton)	Quant.		
A	Silo metálico fundo plano com aeração forçada e sistema de rosca varredoura	3.100	2	120.000	Não dispõe
B	Silo metálico fundo plano com aeração forçada e sistema de rosca varredoura	1.680	2	10.000	Não dispõe
C	Silo metálico fundo plano com aeração forçada e sistema de rosca varredoura	4.000	1	120.000	Abastecimento comboio/ água
		2.200	1		
D	Silo vertical de concreto com fundo em V sem aeração	7.100	2	160.000	Não dispõe
E	Silo metálico fundo plano com aeração forçada	5.000	2	10.000	Abastecimento comboio/água/ manutenção/ alojamento
	Armazém de alvenaria com fundo plano e aeração, provido de equipamento de movimentação denominado chupim	5.000	1		
F	Armazém de alvenaria com fundo semi v , provido de unidade de secagem, termometria, aeração e com equipamento de movimentação do tipo chupim	60.000	1	10.000	Não dispõe
G	Silo metálico fundo plano provido de unidade de secagem, termometria e aeração.	4.500	1	60.000	Não dispõe
	Silo metálico fundo plano com aeração e rocas varredoura	500	2		
H	Armazém de alvenaria com fundo semi v , provido de unidade de secagem, termometria, aeração e com equipamento de movimentação do tipo pá carregadeira	45.000	1	38.000	Não dispõe
	Silo metálico fundo plano com aeração e rocas varredoura	6.700	3		
I	Armazém de alvenaria de fundo plano com aeração e equipamento de movimentação do tipo pá carregadeira	10.000	1	160.000	Abastecimento comboio/água

4.3 – Análise dos Terminais

Antes de efetuar uma análise objetiva das características levantadas dos terminais é importante ressaltar algumas. Em primeiro lugar pode-se dizer que não houve, na maior parte dos casos, um planejamento adequado dos terminais. Isto pode ser constatado pelo número de terminais que estão desativados. É o caso dos terminais A, B e G.

Outro ponto importante a ser observado é que os terminais estão, em geral, vinculados a uma empresa transportadora que, em alguns casos, é também a dona da carga. Isto torna difícil determinar valores corretos de tarifas de movimentação de carga. Finalmente, é preciso ressaltar que não se conseguiu efetuar um levantamento completo de informações, o que tornou difícil a análise de certos aspectos.

A análise apresentada, a seguir, é dividida por tópicos, iniciando-se com uma avaliação qualitativa e complementando, quando existem dados disponíveis, com uma avaliação quantitativa.

4.3.1 - Setores modais

Os terminais A, B, C, E e I recebem carga do subsistema hidroviário; porém os terminais A, B e C expedem a carga pelo modal rodoviário enquanto os terminais E e I, além da expedição da carga pelo modal rodoviário, dispõem ainda da interface ferroviária, pertencendo a ela a maior parcela de carga movimentada.

Os terminais D, F, G e H recebem a carga pelo modal rodoviário, muitas vezes diretamente do produtor, e a expedem pelo modal hidroviário. Estes terminais poderiam

movimentar carga nos 2 sentidos, já que eles operaram com fertilizantes ou calcário, porém isto não tem se verificado nos últimos anos.

Constatou-se que na maioria dos terminais o subsistema rodoviário possui uma área reservada para estacionamento e manobra de veículos, porém, os arranjos físicos não estão bem definidos. Isto representa uma certa desorganização que só não penaliza a operacionalização porque a movimentação de carga observada é pequena.

Por outro lado, os terminais C e H apresentam configuração de pátio a 90° com área para circulação e manobra; o terminal C tem capacidade para 9 carretas e o terminal H para 14 carretas. Está configuração visa a redução de área ocupada, no entanto proporciona dificuldade na manobra das carretas, devido às dimensões dos semi-reboques e rodo-trens.

O terminal G dispõe de pátio rodoviário com área reservada; o seu arranjo, porém, não se encontra bem definido, os veículos estacionam em linha à margem da via de acesso, o que, do mesmo modo que nos anteriores, só não compromete o desempenho do terminal pela baixa movimentação.

Em uma análise quantitativa, pode-se dizer que para condições normais de tráfego o número de vagas para carretas nos terminais C e H é adequado. De fato, para as movimentações previstas, 170 ton/h para o terminal C e 150 ton/h para o terminal H os números de vagas necessárias seriam, respectivamente, 5 e 9.

De um modo geral, os terminais não possuem subsistema ferroviário, dispondo apenas de interface rodoviária. Em alguns casos a localização escolhida para os terminais não permite a conexão com ferrovias. Em outros casos, embora os terminais pudessem ter esta interface, ela não existe. E, deste modo, ficam sujeitos a oscilações dos fretes praticados, pois o período de safra da soja coincide com o de outros produtos agrícolas o que determina um sensível aumento na demanda de carretas graneleiras.

Dois terminais, E e I, dispõem de pátio ferroviário com configuração em linhas concorrentes. Este arranjo minimiza a área requerida, porém, exige um maior movimento no pátio. Em relação às dimensões do terminal e a demanda de carga movimentada, esta configuração é perfeitamente adequada.

É importante observar que o terminal E tem as linhas de carregamento e o pátio com dimensões inferiores ao tamanho da composição que frequenta o terminal. Isto implica em uma maior movimentação no pátio, devido à necessidade do desmembramento da composição. Adicionalmente, na ausência de máquina motriz, estas operações tornam-se ainda mais trabalhosas e demoradas devido ao sistema de tração utilizado, que é uma adaptação de um *car puller*, (equipamento utilizado na movimentação de vagões que consiste de um motor redutor e conjunto de polias e cabos de aço).

No caso do terminal I, as linhas de carregamento têm dimensões superiores ao tamanho da composição que frequenta o terminal, não havendo necessidade do desmembramento da composição, o que reduz o tempo de atendimento.

Constatou-se que a maioria dos terminais, A, C, E, F e H, possuem no setor hidroviário sistema de atracação (berço) do tipo retro-porto longitudinal sob estacas. Este tipo de berço oferece boas condições para a operação do equipamento pneumático mesmo com grande variação da lâmina da água, pois este equipamento mantém-se na cota de instalação, utilizando uma trompa de sucção para ajuste em relação ao nível da água. Todos estes terminais dispõem de dolphins de amarração que facilitam a acostagem da embarcação bem como seu fundeio.

Um outro grupo de terminais, B, D e G, têm um sistema de atracação constituído por um píer flutuante longitudinal. Esta configuração tem um baixo custo de instalação, mas, em função das dimensões da chata, cria uma dificuldade operacional, pois existe a

necessidade de movimentação da embarcação durante o processo de carga ou descarga. Adicionalmente, em condições adversas de vento, ocorre o balanço da estrutura de fixação do pier, o que pode levá-la ao seu colapso ou então comprometer a operação do sugador. Deve-se mencionar também o problema de variação do nível da água que pode inviabilizar a operação do equipamento de transbordo devido às inclinações geradas entre o sugador e os aparelhos de movimentação interna.

O terminal I possui sistema de atracação constituído por dolphins que direcionam a chata sob o equipamento pórtico onde a barça é atracada. Isto facilita a operação de amarração para o transbordo da carga, ao mesmo tempo que evita a interrupção das operações por problemas de variação na lâmina da água. A região de fundeio deste terminal é viabilizada através de cabeços existentes na margem.

Constatou-se que para a maioria dos terminais examinados o fundeio das embarcações é efetuado pela simples amarração das barças a estacas de madeira instaladas na margem.

Verifica-se que os terminais A, B e I têm problemas na área de evolução. Existe restrição de raio de curvatura no canal de navegação, o que dificulta a manobra dos comboios utilizados. Além disto, dependendo da época do ano, existe nestes terminais restrição de calado.

4.3.2 - Sistema de movimentação

Nos terminais A, B, C e E a recepção da carga é feita por meio de equipamento do tipo sugador que é adequado à movimentação de cereais pulverulentos e de baixa granulometria. Obtém-se, com a utilização deste equipamento, flexibilidade das operações e redução da porcentagem de perda da carga.

Nos 4 terminais mencionados, o sistema de controle de carga é feito por meio de balança de fluxo na recepção e balança rodoviária na expedição, já que o terminal só utiliza esse modal. O terminal E, dispõe de balança de gravidade rodo-ferroviária na expedição, isto leva ao um inconveniente de que, caso uma carreta deva ser carregada, e a linha de carregamento estiver alocada com vagões, esses vagões devem ser realocados de forma a liberar a linha. Atualmente a maior parte da carga deste terminal é expedida pelo modal ferroviário, o que acaba não gerando maiores problemas operacionais.

Os terminais D, F e H apresentam recepção da carga utilizando equipamento do tipo plataforma elevadiça que apresenta excelente fluxo de descarregamento, além de minimizar a utilização de mão de obra no processo de descarga. No caso do terminal G, em que a recepção é feita por moega subterrânea com rosca sem fim, constata-se inconvenientes no transbordo da carga, pois há a necessidade da utilização de mão de obra para auxiliar a operação, uma vez que a descarga é feita pelas bicas da carreta. A rosca sem fim tem problemas de rendimento para manuseio de graneis pulverulentos e apresenta problemas da quebra do grão. A aferição da carga no terminais D, F e H, é feita por meio de balança rodoviária na recepção e por balança de fluxo na expedição.

O terminal I tem um tipo de sistema de transbordo que difere dos demais. A recepção da carga é feita através de um equipamento pórtico dotado de um “clamshell”, que tem a vantagem de movimentar carga de qualquer granulometria, com um consumo de energia relativamente baixo quando comparado com o equipamento pneumático. Entretanto, este equipamento com algumas desvantagens tem uma maior perda do granel, dificuldade de operação dentro do porão e perda acentuada de rendimento quando a coluna de carga é pequena, exigindo o uso de dispositivos adicionais para melhorar o rendimento. O controle de carga neste terminal é feito por meio de balança de fluxo na recepção e balança de gravidade na expedição.

No que diz respeito à movimentação interna, todos os terminais dispõe de conjuntos de correias transportadoras e elevadores de canecas que são eficientes na movimentação de graneis sólidos, principalmente os de baixa granulometria.

Deve-se ressaltar, porém, que alguns terminais não garantem um balanceamento de fluxo, pois a capacidade de movimentação interna não é igual à capacidade de recepção e/ou de expedição. Isto é o que se constata com os terminais B, D, G e E. A capacidade do sistema de movimentação interna é maior que o de recepção hidroviária no terminal B enquanto nos terminais D e G ela é maior que a capacidade de recepção rodoviária. Finalmente no terminal E a capacidade de movimentação interna é maior que as capacidades de recepção e expedição.

Ainda, examinando a questão de balanceamento de fluxo, convém mencionar que os terminais A e B apresentam capacidade de expedição inferior à capacidade de recepção. Isto pode acarretar fila no subsistema hidroviário quando o estoque no terminal estiver em seu nível máximo e sub-utilização dos equipamentos de movimentação interna e pneumático, quando se faz uso do sistema de transbordo direto, pois o equipamento pneumático deve ser parado freqüentemente devido a menor taxa de expedição.

Já os terminais C e E apresentam capacidade de expedição superior a do equipamento pneumático o que não compromete o sistema. No entanto, o sistema torna-se mais eficiente quando transfere o granel dos silos para a expedição.

Nos terminais D, F, G e H a expedição do granel é realizada para o modal hidroviário aproveitando a inclinação do terreno, pois obviamente o sistema de armazenagem nestes terminais apresenta uma cota maior que o subsistema hidroviário e com isso, é minimizando o consumo de energia.

É conveniente destacar que estes terminais têm capacidade de expedição superior a de recepção, o que penaliza o transbordo entre os modais e privilegia o transbordo a partir dos silos (isto caso haja carga suficiente nos silos para manter a cadência).

Observou-se, que na maioria dos terminais o arranjo físico concebido proporciona o transbordo direto entre os modais, com exceção do terminal E que facilita o movimento do granel a partir dos silos. Contudo, a forma como este terminal foi concebido remete ao fato de que devido a grande inclinação do terreno, dificilmente se conseguiria posicionar a linha férrea próximo a margem.

4.3.3 Armazenagem

Os terminais A, B, C e G possuem sistema de armazenagem do tipo silos metálicos de fundo plano, sendo dotados de roscas varredouras que permitem o melhor escoamento do granel até as correias em virtude do tipo de fundo. Os silos destes terminais também dispõem de sistema de aeração, possibilitando que o granel possa permanecer em estoque por um período mais longo, uma vez que o granel ingresse no terminal seco. Este é o caso dos terminais A, B e C, que recebem o granel de um outro terminal e, desta forma, pressupõe-se que este granel já tenha sofrido algum processamento seja ele a secagem, o expurgo ou a moagem. Adicionalmente o terminal G também possui sistema de secagem.

O terminal D tem sistema de armazenagem constituído por silos de alvenaria com fundo em v, o que facilita o escoamento do granel e minimiza gastos com dispositivos mecânicos e elétricos, pressupõe-se no entanto, que este terminal possui sistema de drenagem a fim de evitar o umedecimento do granel, o que acaba encarecendo o sistema. Adicionalmente, este terminal não dispõe de sistema de aeração, o que restringe o tempo de estoque do granel. É pertinente mencionar que este terminal deveria ter sistema de aeração e secagem, pois recebe carga proveniente do produtor através do modal

rodoviário e a expede pelo modal hidroviário que apresenta tempo de viagem superior a cinco dias.

Deve-se salientar que os terminais citados acima não permitem o estoque de granéis pulverulentos, pois, este tipo de produto tende a se compactar quando armazenado em silos verticais.

Os terminais F, E, H e I possuem armazéns de alvenaria o que permite, através de “septors” o estoque de diversos cereais. Estes armazéns possuem sistema de aeração; sendo que o primeiro possui fundo semi v e os outros fundo plano. Estes terminais possuem também silos verticais metálicos com fundo plano.

Deve-se mencionar que nos terminais F, G e H existe sistema de secagem, pois muitas vezes o granel in natura recebido ainda está verde. Assim sendo, estes terminais podem estocar o granel por um período mais longo.

No armazém dos terminais E, F, H e I, para movimentar o granel até as grelhas de expedição são utilizadas pá carregadeiras ou equipamento denominado chupin, o que não gera grandes inconvenientes, mas que não seriam necessários se o armazém tivesse fundo em v ou semi v. Entretanto, como já citado a concepção do fundo em v ou semi v implicaria em um sistema de drenagem do terreno o que encareceria o investimento. Deste modo as configurações adotadas para estes 4 terminais se mostram adequadas.

Com relação à capacidade de armazenagem os terminais A, C, D, E, F, G, H e I não atendem a diretriz apresentada no capítulo 3, que estabelece que a capacidade do sistema de armazenagem deve ser de 2 à 4 vezes o tamanho do maior veículo que freqüentar o terminal. Somente o terminal B não atende esta relação e com isso, dependendo da movimentação a que venha ser submetido e a freqüência dos comboios, este terminal está sujeito à disponibilidade de veículos rodoviários para minimizar tempo de espera no subsistema hidroviário.

5 – DIMENSIONAMENTO DE TERMINAL – UM ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado como um “estudo de caso”, o dimensionamento de um terminal multimodal de granel sólido situado às margens do Rio Tietê, na cidade de Pederneiras. Como ferramenta de projeto utiliza-se a técnica de simulação, recorrendo-se ao software ARENA.

São apresentadas, inicialmente, as premissas básicas para o dimensionamento, estabelecendo-se hipóteses simplificadoras para tratamento dos diversos modais. São então, explicitados os parâmetros adotados na avaliação de desempenho do terminal. Procede-se, em seguida, à seleção preliminar de características do terminal. Define-se, depois, o esquema adotado para a aplicação da técnica de simulação e finalmente são apresentados os resultados da simulação definindo-se as características complementares de projeto do terminal.

5.1 - Condicionantes de Projeto

Para o dimensionamento do terminal considera-se que ele movimentará carga apenas em um sentido: da hidrovia para a ferrovia e/ou rodovia. Dois tipos de granel devem ser atendidos: soja in natura e farelo de soja.

Estas condições foram extraídas do estudo de cargas potenciais apresentado no capítulo 2.

5.1.1 - Terminal de recepção hidroviária

Para este “estudo de caso”, o terminal é, portanto, de recepção hidroviária, recebendo carga das regiões produtoras, Centro Oeste/Sudeste do Brasil, gerando provavelmente um fluxo de exportação ou para o próprio consumo interno.

Com relação às operações de movimentação da carga, se privilegiará o transbordo direto para os modais de expedição, devido às vantagens citadas no capítulo 3 de economia de movimentos e de minimização de tombos da carga no sistema de armazenagem, priorizando assim, a economia global do sistema.

5.1.2 - Projeto modular

Adota-se para o projeto do terminal uma concepção modular. A partir das demandas de movimentações estipuladas para o horizonte de tempo, prevê-se a expansão necessária do terminal, considerando os seguintes itens:

- arranjo físico;
- sistemas de movimentação;
- armazenagem

5.1.3 - Evolução da movimentação

Para o dimensionamento do terminal arbitrou-se um valor de 1.000.000 toneladas para o ano de 2005; para isto considerou-se um aumento de 20% na produção de soja entre 2000 e 2005, admitindo-se também que a hidrovia absorva parte da carga de soja movimentada pelos outros modais, levando em conta a tendência de mudança da matriz de transporte nacional. Para os anos de 2010 e 2015 adotou-se a expansão moderada da produção de soja apresentada no capítulo 2.

Para o dimensionamento da capacidade de armazenagem do terminal, farelo e grãos devem ocupar lugares distintos, pois eles não podem misturar-se. É necessário, então, definir a participação de cada granel na movimentação do terminal, uma vez que ela irá determinar a capacidade das células armazenadoras e dos equipamentos de movimentação.

Para estabelecer a participação dos dois tipos de carga, soja in natura e farelo de soja, utilizou-se os dados da movimentação desses produtos observados no período 1999 - 2000 que, conforme visto no capítulo 2, correspondem, respectivamente, a 63,5 e 36,5 %.

5.1.4 - Distribuição da movimentação de carga

Para o dimensionamento do terminal é importante conhecer a distribuição da movimentação de carga ao longo do ano. Para a definição destes valores adotou-se para a soja e o farelo as mesmas distribuições ocorridas no biênio 1999 - 2000. Com esta premissa, a tabela 5.1 mostra a distribuição do movimento de soja prevista no terminal em 2005, 2010 e 2015. A figura 5.1 fornece uma visualização da distribuição de carga ao longo do ano.

Através do estudo de capacidade da via (Capítulo 2) é possível verificar que as movimentações estipuladas para os anos de 2005, 2010 e 2015 são compatíveis com a capacidade máxima estimada para movimentação de carga na hidrovía Tietê-Paraná.

Tabela 5.1 Distribuição mensal da movimentação de soja (ton e %)

Ano		MESES												total
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
2005	ton	2.550	43.450	134.850	152.750	162.450	130.000	109.900	76.600	61.650	54.300	47.500	23.950	1.000.000
	%	0.26%	4.35%	13.49%	15.28%	16.25%	13.00%	10.99%	7.66%	6.17%	5.43%	4.75%	2.40%	100.00%
2010	ton	3.045	51.879	161.011	182.384	193.965	155.220	131.221	91.460	73.610	64.834	56.715	28.596	1.200.000
2015	ton	3.940	67.130	208.343	235.999	250.985	200.850	169.796	118.347	95.249	83.894	73.388	37.003	1.550.000

Figura 5.1 Distribuição mensal de grão in natura mais farelo

5.1.5 Distribuição da recepção e expedição das cargas

A distribuição de chegadas de comboios no subsistema hidroviária será imposta pela oferta mensal de carga proveniente dos centros produtores de soja, que para os anos de (2005/2010/2015) é mostrada na tabela 5.2.

Tabela 5.2 Distribuição de chegadas dos comboios

Subsistema Hidroviário	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Tons/mês 2005	2.550	44.000	134.850	152.750	162.450	130.050	109.900	76.600	61.650	54.300	47.500	23.950
Comboios/mês grão in natura	1	13	39	44	47	38	32	22	18	16	14	7
Comboios/mês farelo	0	7	22	25	27	22	18	13	10	9	8	4
Tons/mês 2010	3.045	53.000	161.011	182.384	193.965	155.220	131.221	91.460	73.610	64.834	56.715	28.596
Comboios/mês grão in natura	1	15	46	53	56	45	38	26	21	19	16	8
Comboios/mês farelo	0	9	27	30	32	26	22	15	12	11	9	5
Tons/mês 2015	3.940	68.000	208.343	235.999	250.985	200.850	169.796	118.347	95.249	83.894	73.388	37.003
Comboios/mês grão in natura	1	20	60	68	72	58	49	34	27	24	21	11
Comboios/mês farelo	0	11	35	39	42	33	28	20	16	14	12	6

Admite-se, por outro lado, que o subsistema de armazenagem no período de fevereiro à maio absorverá 5% da carga proveniente do subsistema hidroviário. Contudo, a partir do mês de junho a carga estocada será escoada de forma que, até o final de julho, não haja carga armazenada; no mês de agosto os fluxos recepção e de expedição se igualam. Estas hipóteses se justificam pelo fato que a soja tem um bom preço no mercado internacional até meados de julho. A tabela 5.3 e a figura 5.2 ilustram estas hipóteses.

Admitiu-se que a maior parcela da carga é movimentada pelo subsistema ferroviário (87,50%), sendo a parcela restante atendida pelo modal rodoviário. Isto se justifica porque os contratos ferroviários são fechados por um período de um ano, em que se garante uma oferta fixa de composições. Além disto, como o período de safra da soja coincide com o de várias “commodities”, o que diminui a oferta de veículos (ferroviários), o subsistema rodoviário pode vir a suprir esta eventual carência de composições ferroviárias.

Tabela 5.3 – Expedição do granel pelos modais ferro-rodoviários

Granel	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2005	0	41.800	128.108	145.113	149.454	134.500	134.500	76.600	61.650	54.300	47.500	23.950
2010	0	50.350	152.960	173.264	178.448	160.800	160.800	91.460	73.610	64.834	56.715	28.596
2015	0	68.000	208.343	235.999	250.985	200.850	169.796	118.347	95.249	83.894	73.388	37.003

Figura 5.2 – Expedição Rodo-Ferroviária

O modal rodoviário é atendido por dois tipos de veículos, o rodo-trem e a carreta semi-reboque. Admite-se que a participação das carretas semi-reboque correspondam a 80% do volume movimentado por este subsistema, cabendo à carreta tipo rodo-trem movimentar os restantes 20 %.

A Tabela 5.4 apresenta a oferta mensal requerida de composições ferroviárias e carretas, segundo os volumes estimados de expedição e a divisão modal admitida.

Tabela 5.4 – Oferta mensal requerida de composições ferroviárias e carretas

	2005				2010				2015			
	Carga total expedida (ton)	S-R (unid.)	R-T (unid.)	C-F (unid.)	Carga total expedida (ton)	S-R (unid.)	R-T (unid.)	C-F (unid.)	Carga total expedida (ton)	S-R (unid.)	R-T (unid.)	C-F (unid.)
JAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	41.800	133	17	12	50.350	191	24	14	64.600	174	22	19
MAR	128.108	391	49	37	152.960	411	51	45	197.926	547	68	58
APR	145.113	399	55	42	173.264	513	58	51	224.199	615	75	66
MAY	149.454	400	50	44	178.448	453	64	52	230.906	571	77	68
JUN	134.500	400	50	39	160.800	453	57	47	208.000	571	71	61
JUL	134.500	242	50	39	160.800	308	57	47	208.000	374	71	61
AUG	76.600	175	30	22	91.460	243	38	26	118.347	257	47	34
SEP	61.650	175	22	18	73.610	243	30	21	95.249	257	32	28
OCT	54.300	144	18	16	64.834	179	22	19	83.894	272	34	24
NOV	47.500	126	16	14	56.715	199	25	16	73.388	237	30	21
DEC	23.950	67	8	7	28.596	105	13	8	37.003	160	20	10
Total	1.000.000	12,8%		87,2%	1.200.000	12,9%		87,1%	1.550.000	12,4%		87,6%

*S-R - semi-reboque R-T - rodo-trem C-F - composição ferroviária

5.1.6 - Distribuição de chegada e tempos de atendimento e eventos nos pátios

Admitiu-se, para todos os modelos, que os intervalos entre chegadas tenham distribuição normal. Esta hipótese é razoável para os modais hidroviário e ferroviário obedecendo ao planejamento dos transportadores. Para o modal rodoviário, que não tem a mesma rigidez, admite-se que as carretas contratadas para o transporte do granel tenham uma certa dedicação ao terminal no período de safra; os desvios nos tempos de chegada seriam, neste caso, resultantes de problemas de percurso.

Considerou-se para a distribuição de chegadas dos 3 modais um desvio padrão igual a 20% do intervalo de chegada.

É admitido que os tempos para execução de atividades nos pátios ferroviário e rodoviário, bem como os tempos de manobras no subsistema hidroviário, tenham distribuição normal, com desvio padrão igual a 10% dos valores médios para estas operações fornecidos pelos operadores dos terminais.

Os tempos para a execução de atividades nos pátio são apresentados na tabela 5.5.

Tabela 5.5: Tempos para execução de atividades nos pátios rodoviário e ferroviário e na área de evolução

Subsistema Ferroviário			Subsistema Rodoviário			Subsistema Hidroviário		
Atividade	Tempo (min)	Desvio padrão	Atividade	Tempo (min)	Desvio padrão	Atividade	Tempo (min)	Desvio padrão
Movimentação da composição para a linha de carregamento	20	10% (em relação ao tempo da atividade)	Movimentação da carreta para a linha de carregamento	20	10% (em relação ao tempo da atividade)	Movimentação chata da área de fundeio p/ a atracação	15	10% (em relação ao tempo da atividade)
Movimentação da composição para o pátio	15	10%	Movimentação da carreta para o pátio	15	10%	Saída da chata do berço	20	10%
Movimentação da composição do pátio p/ linha de carregamento	15	10%	Movimentação da carreta do pátio p/ linha de carregamento	15	10%	—	—	—
Mudança de vagões na gare	4	10%	Carreta sai do terminal	4	10%	—	—	—
Saída da composição do terminal	20	10%	—	—	—	—	—	—

5.1.7 Tratamento dado aos clientes

O terminal funcionará como um prestador de serviços aos clientes transportadores, oferecendo e cobrando todos os serviços que são de seu escopo.

Admite-se que o terminal terá como usuários empresas do tipo “*trade*” e o conceito de operação multimodal. Considera-se que o transbordo da carga é uma parte do sistema de transporte, o terminal cobrará por este serviço, ou seja, cobrará o descarregamento da barcaça, a movimentação no terminal, a possível armazenagem, além do transbordo da carga para os modais ferroviário e rodoviário. É importante salientar que, admitindo que o armazém tenha a função de balanceamento do fluxo, os custos de armazenagem serão rateados na tarifa”.

5.2 Especificação Parcial do Terminal

As dimensões do terminal são função do sistema de armazenagem, componentes rodoviários, a topografia do terreno e, principalmente, do subsistema ferroviário que apresenta as maiores dimensões envolvidas.

Para a configuração do arranjo físico do terminal, a topografia do terreno teve um papel determinante na localização dos subsistemas ferroviário, rodoviário e de armazenagem, pois é conveniente localizar as linhas de expedição ferroviária e rodoviária o mais próximo possível da margem para facilitar o transbordo direto. No entanto, a declividade do terreno inviabiliza este arranjo, pois existe uma grande diferença de cota do entroncamento ferroviário que atenderá o terminal e o cais.

A correção deste desnível exigiria uma grande movimentação de terra; além disto resultaria em um grande comprimento da linha férrea para permitir que a restrição de inclinação máxima fosse atendida. Desta maneira, optou-se pelo arranjo esquematizado na figura 5.3 (os cortes A-A e B-B são apresentados na seção 5.2.4 e 5.2.5).

Figura S.3 – Esquema básico do terminal

Este terminal é provido de portaria, edificações administrativas e dos diversos componentes que serão descritos na sequência.

O arranjo mostrado na Figura 5.3 representa uma configuração básica que pode ser alterada em função de variações das taxas de movimentação e do total de carga movimentada ao longo do tempo.

5.2.1 Subsistema hidrovial

Para especificação deste subsistema são consideradas as características das embarcações atendidas.

Perfil do comboio Tietê-Paraná

O comboio tipo Tietê é composto por um empurrador, duas chatas, com as dimensões mostradas na tabela 5.6 e na figura 5.4.

Figura 5.4 - Comboio tipo Tietê

Tabela 5.6 – Características Principais do Comboio Tipo Tietê

Dimensões	Chata		Empurrador		Comboio
	Variação	Comum	Variação	Comum	
L (m)	57,00 a 60,00	58,00	17,00 a 23,00	21,00	137,00
B (m)	-	11,00	9,00 a 11,00	10,00	11,00
H (m)	-	2,50	1,60 a 2,00	2,00	2,50

Fonte: Adaptação das informações em CESP (1995)

As dimensões apresentadas na Tabela 5.6 são consideradas críticas para o dimensionamento dos componentes do subsistema hidroviário. Cada chata tem capacidade de carga de 1100-1200 ton, logo a capacidade total do comboio é de 2200-2400 ton. Para o estudo de caso será adotado o comboio de duas chatas com capacidade de 2.200 ton.

Considerando que o tráfego na via seja bidirecional, obtem-se, através de formulação apresentada por Lima (1988), uma largura mínima da área de evolução de 330 m.

Infra-estrutura de atracação

Entre as alternativas possíveis para o sistema de atracação e movimentação apresentado no capítulo 3, escolheu-se para este terminal o arranjo fixo do tipo retroporto longitudinal.

O arranjo fixo é mais simples e, geralmente de menor custo, porém, apresenta como inconveniente a necessidade de movimentar a barcaça no cais para a operação de carregamento/descarregamento. No entanto, em se tratando de infraestrutura portuária fluvial, os berços podem ser de concepção simplificada, pois a embarcação tem um pequeno comprimento e é relativamente fácil a movimentação da chata no berço.

Com isso consegue-se reduzir custos em obras portuárias, além de se obter maior flexibilidade e simplicidade na instalação dos equipamentos de transbordo.

Definição do equipamento de descarga

Para a escolha do equipamento de transbordo do subsistema hidroviário, levou-se em consideração o tipo de granel que será movimentado no terminal, a

funcionalidade do equipamento, o valor do investimento e a flexibilidade. Dentre os tipos de equipamentos de transbordo descritos no capítulo 3 foi selecionado o pneumático, com base nas considerações apresentadas a seguir.

Considerou-se inicialmente, as características do produto e os cuidados necessários. A soja in natura e o farelo apresentam grande quantidade de fuligem quando em manuseio, gerando grande quantidade de poeira e causando um certo desconforto, poluição ambiental, riscos de saúde para os operadores; no caso do farelo essa poeira representa uma certa perda.

No que diz respeito à operação do sistema, a chata tem as dimensões do porão reduzidas se comparados às de um navio; a coluna de carga gerada pelo acondicionamento da soja no porão também é pequena o que dificulta ainda mais a operação dos equipamentos mecânicos e guindastes “grabs”, principalmente quando o granel se aproxima do fim do carregamento.

Nesta situação, os equipamentos pneumáticos levam vantagem, pois são de simples operação e têm boa eficiência de movimentação para graneis pulverulentos e baixa granulometria, alcançando praticamente todos os pontos dos porões das chatas, gerando ainda baixa quantidade de poeira e mínima perda do grão. Ainda com relação aos equipamentos pneumáticos, pode-se ressaltar que os do tipo móveis proporcionam grande flexibilidade de movimentação sobre o cais, o que facilita a operação de transbordo.

Em relação aos custos operacionais os equipamentos pneumáticos apresentam desvantagem quanto ao consumo energia; porém, eles possuem vantagens no que diz respeito à operação e mão de obra.

No que tange à infraestrutura de instalação, que é muitas vezes executada sobre o cais, os equipamentos pneumáticos não geram grandes solicitações estruturais, pois são equipamentos leves. Isto faz com que os custos de investimentos sejam menores, reduzindo também os custos de instalação.

Uma vantagem adicional é que este tipo de equipamento encontra-se disponível no mercado para diversas faixas de capacidade.

5.2.2 Subsistema rodoviário

Perfil dos Veículos Rodoviários

As dimensões principais dos tipos de veículos, o rodo-trem e o semi-reboque, são apresentadas na tabela 5.7. Nesta tabela são incluídos também os valores dos raios de giro interno e externo dos veículos, que são importantes para o dimensionamento do terminal.

As figuras 5.5 e 5.6 ilustram as dimensões apresentadas na tabela 5.7 para rodo-trem e semi-reboque.

Figura 5.5 - Rodo-trem modelo Scania

Fonte: FACHINI

Tabela 5.7 Modelos de Carretas

Tipo de carreta	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura da plataforma (m)	Cap. Carga (ton)	Cap. Cubica (m ³)	Raio de giro interno (m)	Raio de giro externo (m)
Rodo-trem	4,7	2,6	19,8	1,4	75	103,67	10,05	15,5
Semi-reboque	4,7	2,6	18,1	1,4	35	107	7,98	15,5

Fonte – Fachini – (dados para equivalentes ao caminhão Scania de três eixos).

Figura 5.6 - Semi-reboque modelo Scania

fonte FACHINI

Parâmetros de Dimensionamento

De acordo com as figuras 5.5 e 5.6, os raios de giro interno não devem ser inferiores a 16 m e conforme recomendação apresentada no capítulo 3, a inclinação máxima das rampas (Figura 3.18) em relação ao piso plano não deve exceder o ângulo 6°17'.

Como o nível de movimentação deste modal é baixo, optou-se pela configuração para tráfego intermitente Lima (1988). Admite-se, também, que a forma de crescimento do pátio rodoviário será por expansão lateral. A configuração do pátio de estacionamento é diagonal a 60 °, o que para as dimensões das carretas selecionadas, proporciona melhor manobrabilidade e economia de espaço. A tabela 5.8 mostra as dimensões estimadas para uma vaga (Lima).

Tabela 5.8 Dimensões da vaga rodoviária

Largura da vaga (m)	4,1
Largura da via (m)	18
Comprimento vaga (m)	20

5.2.3 Características do Subsistema Ferroviário

Perfil da Composição Ferroviária

Admite-se que os vagões da composição que operará no terminal tenham as características indicadas na Figura 5.7 e na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 Modelo de vagão

TIPO	Comprimento (m)	Capacidade de Carga (ton)	Capacidade volumétrica (m ³)	Meio de Carregamento	Meio de descarregamento
Hopper fechado convencional	13,5	60	77	Tampas de escotilha	Bocas de descarga (fundo inclinado)

Fonte: (Brasil Ferrovias)

O comprimento da composição é função do número de vagões, que varia de 22 à 50, e do comprimento da máquina motriz. Admite-se, neste estudo, que a composição ferroviária possui 50 vagões, cada um com capacidade de 60 toneladas, além da máquina motriz. A composição tem, portanto, um comprimento total de 697 m e uma capacidade de 3000 toneladas.

Figura 5.7 - Vagão Hopper fechado convencional Fonte Brasil Ferrovias

Lima (1988) salienta que o tamanho da linha de recepção e expedição, deve possibilitar o processamento de uma composição crítica com folga de 20%, e a linha do elemento de controle deve ter 2 vezes o tamanho da composição padrão mais um vagão. Portanto, o comprimento total da linha férrea é em torno de 1.400 m, lembrando que esta é possivelmente uma das dimensões do terminal.

Características de Dimensionamento

A bitola utilizada será a larga de 1,6 m, com raio de curvatura de 150 m, distância entre vias de 4,9 m, AMV (aparelho de mudança de via) de 6 ° e inclinação da via não superior a 1°, seguindo as recomendações apresentadas no capítulo 3. Nas Figuras 5.3, 5.8 e 5.9, é possível visualizar o arranjo físico do setor ferroviário.

A configuração do pátio ferroviário será de linhas concorrentes, pois os tempos de movimentação interna do terminal não comprometem o seu desempenho. De fato, a parcela mais significativa do tempo da composição no sistema está associada às taxas de movimentação. Ressalte-se ainda que esta configuração minimiza a área do terminal em relação a configuração em pêra, e reduz também a movimentação de terra na sua implantação.

5.2.4 – Escolha do tipo de armazenagem/ silo

Para o estoque do granel de soja in natura, o sistema de armazenagem mais conveniente é o silo vertical metálico, pois ele tem menor custo de mão de obra, maior velocidade de recebimento e expedição, além de um menor custo de instalação. Este tipo de silo, porém, só pode armazenar um tipo de granel. Uma ilustração deste silo é mostrada na Figura 5.8.

A célula de estocagem mais apropriada para o farelo de soja é o armazém de alvenaria, mostrado na Figura 5.9, pois este produto apresenta o inconveniente da compactação do granel inviabilizando a sua estocagem em silos verticais. O armazém de alvenaria apresenta grande flexibilidade, podendo estocar vários tipos de granéis através de sua septorização.

As dimensões serão definidas em função das estimativas de estoque necessário, obtidas no estudo de otimização. Como não é viável a ampliação de armazéns de alvenaria, ele deve ser implantado em 2005 com dimensões compatíveis com as estimativas de estoque requeridas para farelo em 2015.

Desta forma, no início, o armazém é utilizado parcialmente para estocagem de soja em grão. A medida que se aumenta a movimentação, serão construídos silos para estocagem de grão reduzindo o setor deste produto no armazém.

Adota-se, assim, uma configuração inicial do sistema de estocagem, para 2005, constituída de um armazém de alvenaria septorizado para farelo e grão e silos verticais só para grão. Nos cenários futuros, 2010 e 2015, com maior movimentação, aumenta-se a ocupação de farelo no armazém, construindo-se os silos adicionais para estocagem do grão.

O armazém e silos não necessitarão de equipamentos de secagem, pois o terminal é de recepção hidroviária e, portanto, o grão já ingressa seco nos silos. No entanto, os silos deverão ser providos de aeração forçada para manter a umidade e temperatura do grão, nos níveis adequados.

Os silos deverão ser concebidos com fundo plano, que elimina a necessidade do emprego de sistema de drenagem.

Figura 5.8 Vista parcial, corte A-A

5.2.5 Equipamentos de movimentação interna

As figuras 5.8 e 5.9 ilustram o sistema utilizado para movimentação interna de carga no terminal. Ele é constituído por um conjunto de correias transportadoras, com um primeiro trecho de 12 m de extensão, ligando o sugador ao pulmão de expedição, e um outro de 50 m que conecta o pulmão aos silos.

O subsistema de correias deve ser dimensionado com capacidade suficiente para atender a demanda de 2015. A Tabela 5.10 apresenta as características do subsistema de movimentação para os 3 cenários considerados.

Tabela 5.10 – Características dos Equipamentos de Movimentação

Equipamento		Cenário		
		2005	2010	2015
Correia Modelo CT 30"	Extensão (m)	120	adiciona-se 30m total : 150	adiciona-se 30m total : 180
Correia subterrânea Modelo CT 30"	Extensão (m)	120	adiciona-se 30m total : 150	adiciona-se 30m total : 180
Correia ligando sugador ao pulmão	Extensão (m)	70	70	70

Para a conexão entre os silos/ armazém e o elevador de canecas é utilizado um transportador de correia subterrâneo.

A expedição rodoviária, bem como a ferroviária se dá por gravidade, por meio de moégas suspensas e seu conjunto, denominado de pulmão expedição, tem a finalidade de manter a cadência entre os subsistemas.

Adotou-se para o sistema ferroviário uma taxa de expedição igual à taxa de recepção do terminal e para o sistema rodoviário uma taxa proporcional à participação deste modal na movimentação do terminal.

A aferição das quantidades movimentadas no terminal é feita na recepção hidroviária por balança de fluxo e na expedição por um conjugado de balanças de gravidade, e uma outra balança de fluxo. Com relação à expedição da carga, a balança de gravidade efetua a pesagem do subsistema rodoviário e a balança de fluxo mede a quantidade de carga expedida pelo terminal e a parcela de carga expedida pelo modal ferroviário.

5.2.6 Estimativa da área alocada

Como já mencionado, a área do terminal depende dos vários subsistemas, mas principalmente do subsistema ferroviário, uma vez que este apresenta as maiores dimensões em função do tamanho da composição.

Convém ressaltar que, muitas vezes, o pátio ferroviário está próximo ou até na área de desapropriação da ferrovia e, neste caso, custo de construção da linha, bem como de aquisição do terreno, podem ser rateados pelo terminal e pela empresa ferroviária. Além disto, muitas vezes estas áreas podem ser doadas pelo município, dependendo dos incentivos envolvidos.

Para as estimativas de área ocupada pelo terminal e custos de construção da linha, esta aplicação se baseará nas dimensões totais estimadas, pois não se sabe qual será a política de parceria que poderia ser adotada.

Desta forma, através do comprimento da linha ferroviária, distância entre vias, as dimensões admitidas para os silos, armazém e área de circulação interna, conforme o anexo E, tem-se uma área estimada de 100 metros de largura por 1400 metros de comprimento, totalizando 140.000 m².

É importante também mencionar que, desta área, aproximadamente 17m de largura do terreno está dentro da área desapropriada pela formação dos lagos, e esta

região encontra-se sobre concessão da geradora que cobra uma taxa por sua utilização como é mencionado mais adiante.

Figura 5.9 Vista parcial, corte B B.

5.3 O Procedimento de Simulação

As figuras 5.10 a 5.12 apresentam o fluxograma esquemático dos processos. A descrição do modelo concebido para a realização da simulação, utilizando o software ARENA, encontra-se no Anexo C.

Para completar o dimensionamento do terminal, recorreu-se à técnica de simulação. Para tanto foi elaborado um modelo que procura representar de forma mais fiel possível a operação de um terminal multimodal deste tipo. Os valores de determinados parâmetros foram definidos a partir de informações levantadas na bibliografia ou junto à empresa consultadas.

Admite-se que o terminal trabalha com dois tipos de carga, podem ser cada uma de um cliente diferente (trade). Não se dá, no entanto, tratamento individual a cada cliente.

O modelo adotado privilegia o transbordo direto do subsistema hidroviário para os subsistemas rodoviário e ferroviário. Esta decisão se justifica pois, resulta em redução dos tombos da carga em silos e, em consequência, minimização da movimentação interna, reduzindo assim o consumo de energia. Há também um redução do custo inicial, pois, minimiza-se a instalação de alguns equipamentos de movimentação interna. Deve-se mencionar, contudo, que quando a transferência de carga precisa ser alterada, passando do transbordo direto para a expedição a partir dos silos, há um intervalo de 3 minutos conforme recomendação do fabricante.

O modelo foi simulado levando em consideração os meses de fevereiro a agosto, a fim de diminuir o tempo de simulação, visto que nos meses restantes o terminal tem uma movimentação quase nula.

Para o cálculo de tempo de permanência dos veículos no terminal, porém, foram utilizados os meses de abril e maio quando ocorre o pico de movimentação; nestes meses que os componentes do terminal são realmente exigidos em seu nível máximo.

Figura 5.10 Fluxograma do descarregamento da chata.

Figura 5.11 - Fluxograma do carregamento da composição ferroviária.

Figura 5.12 - Fluxograma do carregamento das carretas.

5.3.1 Condicionantes e estimativas operacionais

O terminal terá um regime de operação de 24 horas; admite-se que o índice de paralisações seja da ordem de 5%. A partir destas premissas e dos dados de fluxo de carga no terminal para os três horizontes de tempo considerados, foi feita uma estimativa inicial da taxa de movimentação. Para o tratamento do farelo adotou-se, conforme recomendado pelo fabricante do equipamento, uma queda de 20% na eficiência do equipamento.

Para a seleção dos equipamentos pneumáticos no mercado, foram considerados dois aspectos, a segurança da operação e a capacidade efetiva dos equipamentos. Assim, atendendo o primeiro aspecto, procurou-se usar sempre mais de um equipamento, mesmo que houvesse um com capacidade para atender o requisito de movimentação do terminal. Nestas condições, quando da avaria de um equipamento, o terminal continua em operação, embora com taxa de movimentação reduzida. Para o segundo aspecto admitiu-se que a capacidade efetiva dos equipamentos seja igual a 80% da capacidade nominal.

Assim, com a movimentação de carga apresentada em 5.1.8, para os anos de projeto (2005, 2010 e 2015), e levando em consideração a perda de rendimento nominal para a movimentação de farelo, que implica em aumento aproximado de 20% no tempo de carga e descarga em relação aos do grão in natura, procedeu-se a estimativa, inicial das taxas de movimentação. Considerando-se, então, os equipamentos disponíveis no mercado e suas respectivas capacidade efetivas, capacidades estas que representam 80% da capacidade nominal, é possível selecionar possíveis combinações de equipamentos.

A determinação das características do terminal será feita sequencialmente no estudo de simulação avaliando-se o desempenho econômico operacional das possíveis configurações segundo os critérios de mérito adotados. Os seguintes parâmetros serão examinados: número e capacidade dos sugadores, número e capacidade dos silos, capacidade do pulmão de expedição, equipamentos de movimentação interna, número de

gares ou baías de carregamento ferroviário e rodoviário, capacidade do pátio ferroviário, capacidade do pátio rodoviário e capacidade da área de fundeio.

5.3.2 Resultados preliminares.

Um primeiro conjunto de simulações foi efetuado para definir certos parâmetros do terminal.

a) Linha de carregamento

De início, adotou-se uma única linha de carregamento na expedição comum para os modais ferroviário e rodoviário. Verificou-se que o tempo de espera de carretas na fila era muito alto, o que se explica porque, como os veículos são atendidos por ordem de chegada, uma carreta, ao chegar imediatamente após uma composição ferroviária, deve esperar até o último vagão ser atendido. Conclui-se, assim, que é necessário utilizar duas linhas distintas de carregamento.

O sistema ferroviário é provido de uma linha de carregamento com dimensões suficientes para a composição já definida, composta inicialmente, por duas gares e pulmão de expedição com dois módulos de 120 ton que atendem dois vagões simultaneamente; esta configuração está mostrada nas Figuras 5.8, 5.9.

A capacidade do pulmão de expedição ferroviária foi estimada inicialmente com base em três critérios; o primeiro com relação à capacidade dos veículos que freqüentam o terminal, pois alguns projetistas recomendam que o pulmão tenha uma capacidade de duas vezes o tamanho do veículo padrão; como segundo critério admitiu-se que este pulmão tenha uma capacidade que possibilite a troca das barcaças no berço sem a interrupção do carregamento no modal ferroviário; já no terceiro critério é levada em consideração a influência do tamanho do pulmão na dinâmica do sistema, pois um pulmão com capacidade incompatível com a taxa de movimentação leva a interrupções excessivas no sistema, uma vez que em, função dos tempos de posicionamento do vagão

na gare o pulmão pode atingir seu valor máximo freqüentemente, ocasionando a interrupção do transbordo, levando em consideração os equipamentos disponíveis no mercado.

Desta maneira, uma gare com pulmão de 120 ton atenderia o primeiro critério, pois o vagão possui 60 ton. No entanto, este critério é deficiente, pois independe da taxa de movimentação, ou seja, tanto faz se a taxa é de 100 ou 1000 ton/h o a capacidade citada ainda atenderia a este critério.

Com relação ao segundo critério, como já mencionado o intervalo entre a paralisação do sistema para troca da chata e seu início de transbordo é de 15 minutos. Assim, para o mesmo pulmão de 120 ton, para que se atendesse este critério seria admitida uma taxa efetiva de movimentação de até 480 ton/hora. Acima disto seria necessário acrescentar mais uma gare e um outro modulo a este pulmão.

Para o terceiro critério, esta configuração não seria adequada, pois verificou-se, durante as simulações, que a configuração de uma gare com pulmão de 120 ton apresentava nível médio muito próximo de seu máximo. Isto indica que por diversas vezes o pulmão atingiu o seu nível máximo e desta forma, os equipamentos de movimentação interna, bem como os sugadores, foram paralisados por diversas vezes, limitando assim a capacidade do terminal.

O sistema rodoviário, por sua vez, terá uma linha de carregamento composta por uma única baía e um pulmão com capacidade de 120 ton, que é adequada à baixa taxa de movimentação deste subsistema e a capacidade dos veículos que freqüentam o terminal.

b) Sistema de armazenagem

A determinação do volume requerido para estocagem de graneis nos diversos cenários foi obtida a partir da análise dos resultados de simulações em que se empregou distintas taxas de movimentação e capacidade de estoque ilimitada.

A Tabela 5.11 indica, para os três horizontes de tempo considerados os volumes de estoque necessário para os dois grãos em função da taxa de movimentação dos equipamentos empregados.

Uma análise dos dados da Tabela 5.11, mostra que no ano de 2005, para taxas de movimentação de 320, 352 e 416 ton/h, as capacidades de estoque requeridas convergem para valores da ordem de 14.000 e 25.000 toneladas para farelo e grão in natura respectivamente, o que totaliza uma capacidade de estoque para este ano de aproximadamente 39.000 toneladas.

Para o ano de 2010, usando o mesmo raciocínio, tem-se, aproximadamente, 17.000 toneladas para farelo de soja e 29.000 toneladas para grão de soja in natura, totalizando uma capacidade de estoque de 46.000 toneladas. Já para o ano de 2015 a capacidade requerida de armazenagem é de aproximadamente 20.000 toneladas para farelo de soja e de 34.000 toneladas para grão in natura o que totaliza 54.000 toneladas.

Contudo, durante o processo de simulação dos cenários estas capacidades serão alteradas, de forma a avaliar a influência desta variável no desempenho do terminal.

Tabela 5.11 – Estimativas preliminares das células de estocagem.

	2005			2010			2015		
Taxas ton/h	320	352	416	352	416	480	480	512	576
FARELO ton	10.095	12.902	14.887	17.391	16.737	15.721	20.706	20.912	20.087
GRÃO ton	23.517	25.548	24.626	27.440	27.433	30.330	32.309	32.546	34.731
Total de estoque em tons.	33.612	38.451	39.514	44.831	44.170	46.051	53.016	53.459	54.818

Anteriormente já havia se definido a configuração do terminal, com um silo de alvenaria preferencialmente para farelo, e silos metálicos para soja a granel. Para os anos de 2010 e 2015 a capacidade de armazenamento será aumentada, introduzindo-se silos metálicos para grão in natura e liberando assim espaço no armazém para farelo de soja, de forma que para o ano de 2015 este armazém (alvenaria) será exclusivo para farelo de soja e os silos metálicos serão dedicados ao grão in natura.

A definição do número e capacidade dos silos metálicos será feita examinando-se as alternativas existentes no mercado.

c) Tempo de espera

É importante mencionar que durante as simulações levantou-se a dúvida em relação aos custos de espera, pois seus valores estão atribuídos aos meses de maior movimentação, meses em que se tem maior fila e, como consequência, os custos de espera dos veículos poderiam estar superestimados. Considerou-se, então, conveniente executar uma análise desses dados. Para isto, aumentou-se o período de análise de março a julho, constatando-se uma pequena variação nos tempos médios de permanência para mais no caso dos modais ferroviários e rodoviários e para menos no caso do comboio.

Isto é justificável pelo fato de que, nos meses iniciais, há certos períodos em que a composição ou a carreta acaba esperando mais, devido à falta de carga no terminal, o que não ocorre com o comboio. Por outro lado, nos meses de pico o tempo de permanência do comboio no terminal passa a agregar resíduos dos tempos em fila, em função de disponibilidade de espaço nos silos, o que, neste caso, não ocorre com as carretas nem com as composições, pois há disponibilidade de carga no terminal.

Portanto, constatou-se que a hipótese admitida para simulação é válida, uma vez que ocorre uma variação muito pequena dos tempos médios de permanência do veículo no terminal, não interferindo assim com a análise da solução.

5.4 Levantamento de Custos para Avaliação do Terminal

Para avaliação do desempenho do terminal é necessário determinar os investimentos requeridos bem como os associados às diferentes alternativas.

O procedimento utilizado para cálculo das diversas parcelas faz uso de uma série de dados do terminal, bem como de parâmetros empregados na computação dos custos, apresentados nas Tabelas 5.12 a 5.14.

A Tabela 5.12 mostra as características físicas do terminal que são constantes para os 3 cenários.

As Tabelas 5.13 e 5.14 apresentam os parâmetros adotados para os cálculos de custo.

a) Estimativas dos investimentos Iniciais

Para montar-se estimativas de investimentos associados a cada alternativa foi necessário computar-se os elementos que compõem os cenários para os respectivos anos de projeto.

b) Estimativas dos Custos Operacionais

Os resultados da estimativa dos custos operacionais, bem como a definição das tarifas para os cenários de 2005, 2010 e 2015 estão sintetizados na próxima seção e foram obtidos conforme o procedimento apresentado no capítulo 3.

É considerado para definição dos custos variáveis um ano operacional de 10 meses.

Tabela 5.12 Característica do Terminal para os 3 cenários.

Item	Quantidade
Área total adquirida	116.200 m ²
APP (Área de Preservação Permanente Utilizada)	23.800 m ²
Movimentação de terra	12.583 m ³
Construção de pavimento	7.800 m ²
Comprimento linear de obras férreas	2100 m
Aparelho de Mudança de Via	3
Área do edifício administrativo	300 m ²
Balança de Fluxo	2
Número de funcionários – serviços gerais	6
Balança rodoviária	1
Número de funcionários administrativos	3
Funcionários por equipamento pneumático para cada turno.	1

Tabela 5.13 - Parâmetros para a estimativa dos custos

ITEM		PARÂMETRO	FONTE
Vida útil das instalações		30 anos	Adotado
Valor residual dos equipamentos		10%	Kepler Weber
Taxa de atratividade		18,5%	Taxa selic
Índice de manutenção das instalações		4%	Resulta Ltda
Inflação		6% a.a	Estimada
Custo do kWatt de energia (R\$/Kw.h)		0,12	CPFL (Pederneiras)
Custo do m ³ de água (R\$/ m ³)		R\$ 26,96 (até 10.000 m ³)	Sabesp (Pederneiras)
Salário médio mensal mão de obra operacional (R\$)		800,00	Terminais de Pederneiras
Impostos	ISS	2%	Prefeitura de Pederneiras
	PIS	0,65%	FRANSANO (escrit. contábil)
	CONFINS	2%	FRANSANO (escrit. contábil)
Insalubridade		40% do salário mínimo	FRANSANO (escrit. contábil)
Adicional Noturno		20%	FRANSANO (escrit. contábil)
Salário médio mensal mão de obra administrativa (R\$)		2.500,00	Terminais de Pederneiras
Encargos Sociais		100% do salário	Folha de São Paulo
1 Dólar	(R\$)	3	

Para os sugadores listados na Tabela 5.14, o fabricante especifica consumo de energia de 180 e 120 Kw.h, respectivamente e despesas de manutenção a partir do segundo ano de R\$ 0,09/ tonelada movimentada.

Tabela 5.14 - Custos unitários para estimativa dos investimentos

ITEM	VALOR	FONTE	
Terreno	2,37	Imobiliária Paulista (Pederneiras)	
APP (área de preservação permanente) R\$/ m ² semestre	0,0356	AES	
Imposto predial (m ² /ano)	0,12	Prefeitura de Pederneiras	
Movimentação de terra em geral (R\$/ m ³)	8,00	De Russi – Projetos e Serviços	
Pavimento Rodoviário (R\$/ m ²)	10,00	De Russi – Projetos e Serviços	
Atracadouro 10 m x 30 m (R\$)	813.311	D.H (departamento hidroviário)	
Construção Civil - (prédios) - (R\$/ m ²)	300,00	De Russi – Projetos e Serviços	
Custo construção férrea (R\$/m)	178,14	Brasil ferrovias	
Armazém alvenaria fundo plano capac. 32.000 m ³ (R\$)	1.300.000,00	Arquitrave	
AMV (aparelho de mudança de via) – (R\$)	85.130	Brasil Ferrovias	Vida útil (anos)
Balança de Fluxo 500t/h (R\$)	140.000,00	Balanças Toledo	20
Balança de Fluxo 600t/h (R\$)	170.000,00	Balanças Toledo	20
Balança de Fluxo 800t/h (R\$)	210.000,00	Balanças Toledo	20
Balança Rodoviária (R\$)	78.000,00	Balanças Toledo	20
Silo metálico fundo Plano capac. 9000 tons + infra (R\$)	448.000,00	Kepler Weber	25
Silo metálico fundo Plano capac. 6000 tons + infra (R\$)	280.000,00	Kepler Weber	25
Correia + infra-estrutura p/ 400t/h (R\$/m)	2.042,00	Kepler Weber	20
Correia subterrânea 400t/h (R\$/m)	1.400,00	Kepler Weber	20
Correia + infra-estrutura p/ 500t/h (R\$/m)	1.583,00	Kepler Weber	20
Correia subterrânea 500t/h (R\$/m)	2.257,00	Kepler Weber	20
Correia + infra-estrutura p/ 600t/h (R\$/m)	1.725,00	Kepler Weber	20
Correia subterrânea 600t/h (R\$/m)	2.508,57	Kepler Weber	20
Correia + infra-estrutura p/ 700t/h (R\$/m)	1.876,00	Kepler Weber	20
Correia subterrânea 700t/h (R\$/m)	2.680,57	Kepler Weber	20
Elevador de canecas 200 t/h +infra-estrutura (R\$)	43.300,00	Kepler Weber	20
Elevador de canecas 300 t/h +infra-estrutura (R\$)	51.800,00	Kepler Weber	20
Elevador de canecas 400 t/h +infra-estrutura (R\$)	63.750,00	Kepler Weber	20
Elevador de canecas 500 t/h +infra-estrutura (R\$)	77.460,00	Kepler Weber	20
Pulmão Rodoviário 120 toneladas (R\$)	77.200,00	Kepler Weber	20
Pulmão Ferroviário 240 toneladas (R\$)	150.000,00	Kepler Weber	20
Módulo Pulmão 120 toneladas (R\$)	65.000,00	Kepler Weber	20
Máquina pá carregadeira (R\$)	158.000,00	Caterpillar	25
Sugador VIGAN – 200ton/h (R\$)	600.000	Resulta LTDA	20
Sugador VIGAN – 120ton/h (R\$)	420.000	Resulta LTDA	20

c) Caracterização dos custos de espera

Para a formação de custo de espera, como definido no capítulo 3, partiu-se do princípio de que os usuários do terminal são penalizados pelo tempo de espera. O tempo despendido no terminal corresponde a uma perda para o usuário que deixa de receber pelos seus serviços, enquanto seu veículo permanece imobilizado; isto reflete diretamente no número de viagens em um determinado período.

Para o setor ferroviário utilizou-se, com ajuste, o valor fornecido pela Brasil – Ferrovias que define em R\$ 368/h o custo de espera de uma composição de 3200 ton. Para a composição típica do estudo de caso, com 3000 ton de capacidade adotou-se custo de espera de R\$ 345/h.

Para calcular o custo de espera do setor rodoviário aplicou-se o seguinte procedimento:

- obteve-se junto a NTC (Associação Nacional do Transporte de Cargas) o valor do frete cobrado para a viagem Pederneiras Santos, que é de R\$ 23/ton;
- Levantou-se o tempo médio para uma viagem redonda, que é de 18 horas;
- Obteve-se junto a NTC (Associação Nacional do Transporte de Cargas) informação segundo a qual os custos variáveis correspondem a 33 % do frete cobrado;
- Com estas informações chegou-se a um custo de espera para uma carreta (35 ton) de R\$ 29,56/h.

Para o setor hidroviário utilizou-se o procedimento elaborado por Santana (2002) para o cálculo do custo de espera. Foram também usados valores das parcelas levantadas pelo autor. Adotando-se um ano operacional de 10 meses chegou-se a um custo de espera do comboio de R\$ 123/h.

Na realidade, o custo de espera representa um potencial de receita que pode ou não se efetivar, dependendo da disponibilidade de outras cargas. No estudo de caso

será feita uma análise de sensibilidade deste fator através do uso de um coeficiente efetivo de espera, “ α ”, que estabelece a relação, entre o custo de espera usado e o custo nominal, conforme delineado acima. Valores de iguais a 0,5 , 0,7 , 1,0 e 1,2.

d) Tempos admissíveis de permanência no sistema dos modais

Conforme apresentado no capítulo 3, será utilizado o tempo máximo de espera aceitável como critério de seleção de alternativas de projeto do terminal.

Segundo este critério serão consideradas inviáveis e, portanto descartadas as configurações que resultarem em tempos de espera superiores aos valores máximos. Consulta feita a uma empresa do segmento rodoviário, que desempenha atividade comercial semelhante à admitida para este terminal, indicou que os tempos de permanência da carreta no terminal não excedem 1 hora.

Com relação ao setor ferroviário verificou-se que existe uma preocupação por parte da empresa Brasil Ferrovias, na concepção de terminais futuros, no sentido de não se admitir tempo de permanência de uma composição em um terminal acima de 9 horas, haja visto, que esta empresa dispõe de poucas máquinas motrizes face a demanda existente. Quando isto não for possível, a empresa deixa os vagões vazios para o carregamento e buscá-los tão logo estejam carregados.

Não foi possível levantar dados do custo de espera para o modal hidroviário. Verificou-se alta oferta de comboios frente às quantidades atualmente movimentadas. Assim, um tempo maior de permanência do comboio no terminal, não penalizaria o seu desempenho econômico.

Em conclusão, para a análise das alternativas segundo este critério, adotou-se tempo máximo de permanência no terminal de 9 hs para o setor ferroviário e de 1 h para o sistema rodoviário; para o subsistema hidroviário não se limitou o tempo de permanência.

e) Rentabilidade do investimento (valor presente).

Existem diversas soluções possíveis para o terminal e, do ponto de vista do investidor, ele sempre irá escolher a solução que forneça maior rentabilidade. Embora seja importante oferecer um serviço de bom nível, para manter e captar mais clientes, a principal preocupação do investidor é maximizar o seu retorno.

Para a comparação econômica de alternativas, como exposto no capítulo 3, será utilizado o critério do valor presente líquido. Para o cálculo do valor presente utilizou-se os valores já mencionados de taxa efetiva de atratividade. Para o cálculo das receitas arbitrou-se alguns valores de tarifa cobrada pelo terminal.

5.5 Formulação das Alternativas

O modelo de simulação foi utilizado para o dimensionamento dos componentes do terminal considerando os cenários adotados para o estudo. Os dados relativos à movimentação do terminal são configurados no modelo, de forma a gerar uma demanda por movimentação de carga compatível com as previsões mostradas na Tabela 5.1.

As variáveis de projeto consideradas para geração das diferentes alternativas são as taxas de movimentação do terminal e a sua capacidade de armazenagem. Para cada alternativa gerada procede-se ao cálculo dos custos e, com a taxa de lucratividade especificada, determina-se a tarifa que deve ser cobrada.

5.5.1 - Alternativas de projeto para 2005

Para 2005 é examinado um conjunto de alternativas que combina diversas configurações de equipamentos de movimentação com diversas capacidades de armazenagem.

As configurações de equipamento de movimentação, que proporcionam 6 taxas de movimentação distintas, são listadas a seguir:

- a) 1 equipamento pneumático de 120 ton/h e um equipamento pneumático de 200 ton/h, o que caracteriza uma taxa efetiva de movimentação de 256 ton/h;
- b) 2 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h, o que totaliza uma taxa efetiva de movimentação de 320 ton/h;
- c) 1 equipamento pneumático de 200 ton/hora e 2 de 120 ton/h com uma taxa efetiva de movimentação de 352 ton/h;
- d) 2 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e um de 120 ton/hora, fornecendo uma capacidade efetiva de 416 ton/h;
- e) 3 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e uma capacidade efetiva de 480 ton/h;
- f) 2 equipamentos de 200 ton/h e 2 de 120 ton/hora, o que totaliza uma capacidade efetiva de 512 ton/h.

A capacidade de estoque é variada, para mais e para menos, em relação às capacidades de estoque estimadas nos estudos preliminares e de acordo com a disponibilidade de equipamentos no mercado. A Tabela 5.15 apresenta as 3 configurações de sistema de armazenagem selecionadas.

É pertinente lembrar que o armazém de alvenaria terá capacidade de 20.000 toneladas de farelo ou 32.000 m³, para uma densidade de 0,65tons/ m³ e o espaço ocioso para o período de 2005 a 2015 será ocupado por soja in natura, que tem densidade de 0,75ton/ m³.

Os resultados da simulação do comportamento do terminal em 2005 para as 18 configurações consideradas (6 taxas de movimentação e 3 capacidades de armazenagem) estão mostrados na Tabela 5.16 e na Figura 5.13.

A Tabela 5.16 mostra um quadro comparativo de desempenho das alternativas analisadas. Para cada configuração a tabela apresenta o tempo de espera no terminal, a taxa de utilização do terminal, e a tarifa cobrada pelo terminal.

Tabela 5.15 – Alternativa de sistema de Armazenagem em 2005

2005	Estoque Farelo (ton)	Estoque grão in natura (ton)							Total (ton)
Capacidade estimada preliminarmente	14000	25.000							39000
	Armazém alvenaria		Silos metálicos						
Possível configuração	14000	6923	6000 ou 9000	6000 ou 9000	6000				38923
Possível configuração menor	11300	9346	6000	6000					32646
Possível configuração maior	16100	4500	6000	6000	6000	6000			44600

Tabela 5.16 – Comparação das Alternativas para 2005.

Alternativa (2005)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)			Taxa de Utilização do berço/gare/baia			Tarifa (R\$/t)
			R	F	H	R	F	H	
1	32.646	256	1,78	16,17	23,24	0,79	0,79	0,91	1,69
2	32.646	320	1,24	12,20	14,25	0,64	0,65	0,73	1,77
3	32.646	352	1,09	11,22	14,53	0,58	0,60	0,66	1,89
4	32.646	416	0,91	9,77	13,41	0,49	0,52	0,56	1,97
5	32.646	480	0,78	8,64	10,69	0,43	0,47	0,48	2,00
6	32.646	512	0,73	8,19	10,43	0,40	0,43	0,45	2,14
7	38.923	256	1,78	16,17	23,56	0,79	0,79	0,92	1,74
8	38.923	320	1,24	12,21	10,87	0,64	0,65	0,73	1,83
9	38.923	352	1,07	11,26	11,06	0,58	0,60	0,66	1,95
10	38.923	416	0,92	9,80	9,06	0,49	0,52	0,56	2,02
11	38.923	480	0,78	8,66	7,42	0,43	0,47	0,49	2,06
12	38.923	512	0,74	8,19	6,58	0,40	0,43	0,45	2,19
13	44.600	256	1,78	16,11	22,54	0,79	0,79	0,92	1,80
14	44.600	320	1,21	12,23	10,60	0,64	0,65	0,73	1,88
15	44.600	352	1,08	11,26	9,57	0,58	0,61	0,66	2,00
16	44.600	416	0,92	9,78	8,07	0,49	0,52	0,56	2,08
17	44.600	480	0,78	8,65	7,17	0,43	0,47	0,48	2,12
18	44.600	512	0,74	8,20	6,53	0,40	0,44	0,45	2,25

R - carreta F - composição H - comboio

Pode-se perceber na Tabela 5.16 que, a medida que se aumenta a taxa de movimentação para uma dada capacidade de armazenagem, diminui o tempo de espera para todos os modais.

Já o aumento da capacidade de armazenagem tem efeito apenas na redução do tempo de espera do comboio, pois no caso do subsistema hidroviário a capacidade de estoque pode limitar o transbordo de carga. De fato, se não houver espaço disponível no estoque a descarga do comboio fica condicionada ao ingresso de composições ferroviárias ou carretas.

A Figura 5.13 apresenta a variação do tempo de espera para os 3 modais em função da taxa de movimentação e da capacidade de armazenagem.

Figura 5.13 Variação do tempo de permanência em função da taxa de movimentação.

A Tabela 5.17 apresenta um detalhamento do cálculo da tarifa.

Tabela 5.17 Composição dos custos para definição da tarifa em 2005.

Análise Alternativa (2005)	Configuração				Componentes de Investimento						Custos Fixos (ano)				Custos Variáveis (ano)			Ratun, do custo total (R\$)	Custo variável anua total (R\$)	Tarifa (R\$/km)
	Isento + interligam con	Isento tarab. (km/h)	correa subter. (m)	elevador canal, km	alo (R\$)	supla (R\$)	canha (R\$)	eleador (R\$)	inda, Qua (R\$)	Total (R\$)	Salário + Despesa adm (R\$)	APP (R\$)	Manut. redal. (R\$)	Manut. Equip. (R\$)	Manut. Equip. oprac. (R\$)					
1	30.646	286	130	120	1	550.000	840.000	555.080	51.800	2.559.173	6.029.663	195.083	10.157	21.481	257.280	70.000	479.344	147		
2	30.646	320	190	120	1	550.000	1.200.000	555.080	63.750	2.559.173	6.356.003	195.083	10.157	22.800	257.280	70.000	486.352	154		
3	30.646	362	190	120	1	550.000	1.440.000	555.080	63.750	2.559.173	6.655.903	197.783	10.157	23.651	321.600	70.000	557.856	165		
4	30.646	416	190	120	1	550.000	1.620.000	663.520	77.460	2.629.173	7.047.153	197.783	10.157	25.006	321.600	70.000	578.337	171		
5	30.646	480	190	120	1	550.000	1.800.000	663.520	77.460	2.629.173	7.197.153	197.783	10.157	25.644	321.600	70.000	587.555	174		
6	30.646	512	190	120	2	550.000	2.040.000	663.520	120.760	2.629.173	7.480.453	199.393	10.157	26.640	365.920	70.000	666.300	186		
7	38.923	286	130	120	1	836.000	840.000	555.080	51.800	2.559.173	6.359.663	195.083	10.157	22.877	257.280	70.000	479.344	152		
8	38.923	320	190	120	1	836.000	1.200.000	555.080	63.750	2.559.173	6.731.903	195.083	10.157	23.906	257.280	70.000	486.352	159		
9	38.923	362	190	120	1	836.000	1.440.000	555.080	63.750	2.559.173	6.971.503	197.783	10.157	24.947	321.600	70.000	557.856	169		
10	38.923	416	190	120	1	836.000	1.620.000	663.520	77.460	2.629.173	7.353.153	197.783	10.157	26.301	321.600	70.000	578.337	175		
11	38.923	480	190	120	1	836.000	1.800.000	663.520	77.460	2.629.173	7.533.153	197.783	10.157	26.839	321.600	70.000	587.555	179		
12	38.923	512	190	120	2	836.000	2.040.000	663.520	120.760	2.629.173	7.816.453	199.393	10.157	27.844	365.920	70.000	666.300	191		
13	44.600	286	230	180	1	1.120.000	840.000	633.680	51.800	2.559.173	6.721.633	195.083	10.157	23.932	257.280	70.000	479.344	156		
14	44.600	320	230	180	1	1.120.000	1.200.000	633.680	63.750	2.559.173	7.033.583	195.083	10.157	25.281	257.280	70.000	486.352	163		
15	44.600	362	230	180	1	1.120.000	1.440.000	633.680	63.750	2.559.173	7.333.583	197.783	10.157	26.132	321.600	70.000	557.856	174		
16	44.600	416	230	180	1	1.120.000	1.620.000	852.840	77.460	2.629.173	7.746.473	197.783	10.157	27.590	321.600	70.000	578.337	180		
17	44.600	480	230	180	1	1.120.000	1.800.000	852.840	77.460	2.629.173	7.906.473	197.783	10.157	28.237	321.600	70.000	587.555	184		
18	44.600	512	230	180	2	1.120.000	2.040.000	853.840	120.760	2.629.173	8.200.173	199.393	10.157	29.242	365.920	70.000	666.300	196		

5.5.2 Alternativas de projeto para ano de 2010.

Para 2010 é examinado um outro conjunto de alternativas, que combina diversas configurações de equipamentos de movimentação com diversos sistemas de armazenagem.

As configurações e equipamentos de movimentação, que proporcionam 6 taxas de distintas de movimentação, são listadas a seguir:

- 1 equipamento pneumático de 200ton/h e 2 de 120 ton/h, com uma taxa efetiva de movimentação de 352 ton/h;
- 2 equipamentos pneumáticos de 200ton/ h e de 120 ton/h, fornecendo uma capacidade efetiva de 416 ton/h;
- 3 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e uma capacidade efetiva de 480 ton/h;
- 2 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e dois de 120 tons/hora, o que totaliza uma capacidade efetiva de 512 ton/h;
- 3 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e um de 120 ton/h, o que totaliza uma capacidade efetiva de 576 ton/h;
- 4 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h, o que totaliza uma capacidade efetiva de 640 ton/h.

Analogamente ao que foi feito para 2005 considera-se 3 alternativas para a capacidade de estoque que são mostradas na Tabela 5.18.

Tabela 5.18 – Alternativa de capacidade de estoque em 2010

2010	Estoque Farelo (ton)	Estoque grão in natura (ton)							Total (ton)
Capacidade estimada preliminarmente	17.000	29.000							46000
	Armazém alvenaria	Silos metálicos							
Possível configuração	17000	3461	9000	9000	9000				47461
Possível configuração menor	14450	6403	6000 ou 9000	6000 ou 9000	6000				38.853
Possível configuração maior	20000	0	6000 ou 9000	6000 ou 9000	6000 ou 9000	6000 ou 9000	6000	6000	56000

Os resultados da simulação do comportamento do terminal em 2005 para as 18 configurações consideradas (6 taxas de movimentação e 3 capacidades de armazenagem) estão mostrados na Tabela 5.19 e na Figura 5.14.

A Tabela 5.19 mostra um quadro comparativo de desempenho das alternativas analisadas. Para cada configuração a tabela apresenta o tempo de espera no terminal, a taxa de utilização do terminal, e a tarifa cobrada pelo terminal.

Tabela 5.19 – Comparação das Alternativas para 2010.

Alternativa (2010)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)			Taxa de Utilização do berço/gare/baia			Tarifa (R\$/t)
			R	F	H	R	F	H	
1	38.853	352	1,14	11,46	12,37	0,69	0,72	0,79	1,65
2	38.853	416	0,92	9,81	9,57	0,59	0,62	0,67	1,70
3	38.853	480	0,80	8,73	9,37	0,51	0,55	0,58	1,72
4	38.853	512	0,73	8,24	9,28	0,48	0,52	0,54	1,84
5	38.853	576	0,65	7,49	9,40	0,43	0,47	0,48	1,86
6	38.853	640	0,60	6,94	9,61	0,38	0,43	0,43	1,96
7	47.461	352	1,15	11,42	10,42	0,69	0,72	0,80	1,72
8	47.461	416	0,93	9,81	9,74	0,59	0,62	0,67	1,76
9	47.461	480	0,81	8,69	7,80	0,51	0,55	0,58	1,79
10	47.461	512	0,73	8,24	7,75	0,48	0,52	0,54	1,90
11	47.461	576	0,65	7,53	7,80	0,43	0,47	0,48	1,93
12	47.461	640	0,60	6,94	6,42	0,38	0,44	0,43	2,02
13	56.000	352	1,15	11,43	10,74	0,69	0,72	0,79	1,79
14	56.000	416	0,91	9,81	8,48	0,59	0,62	0,67	1,83
15	56.000	480	0,80	8,71	6,97	0,51	0,55	0,58	1,86
16	56.000	512	0,75	8,25	6,87	0,48	0,52	0,54	1,98
17	56.000	576	0,66	7,53	6,65	0,43	0,47	0,48	2,01
18	56.000	640	0,60	6,95	5,42	0,38	0,44	0,43	2,09

R - carreta F - composição H - comboio

Do mesmo modo como mencionado para o cenário de 2005, pode-se perceber na Tabela 5.19 que, a medida que se aumenta a taxa de movimentação para uma dada capacidade de armazenagem, diminui o tempo de espera para todos os modais. Observa-se, por outro lado, que o aumento da capacidade de armazenagem tem efeito apenas sobre a redução do tempo de espera do comboio.

A Figura 5.14 apresenta a variação do tempo de espera para os 3 modais em função da taxa de movimentação e da capacidade de armazenagem.

Figura 5.14 Variação do tempo de permanência em função da taxa de movimentação, 2010.

A Tabela 5.20 apresenta um detalhamento do cálculo da tarifa para 2010.

Tabela 5.20 Composição dos custos para definição da tarifa em 2010.

Anexo (2010)	Configuração				Componentes de Investimento						Custos Fixos (ano)			Custos Variáveis (ano)			custo variável anual total (R\$)	Tarifa mensal (R\$)		
	Quadrado Anexo (m²)	Tubo, tubo (mm)	cometa (m)	cometa subtor. (m)	oleoduto cometa (unidade)	silo (R\$)	superf. (R\$)	cometa (R\$)	elevador (R\$)	instal. Gral (R\$)	Total (R\$)	Substitui- mentos adm. (R\$)	APP (R\$)	Manut. Instal. (R\$)	Parcial de Capita + custo fixo total (R\$)	Consumo energia (R\$)			Mão de obra operac. (R\$)	Instal. Equip. (R\$)
1	38.853	352	20	20	0	280.000	0	68.840	0	0	348.840	0	0	1.240	48.004	195.264	0	14.000	209.264	1,44
2	38.853	416	20	20	0	280.000	0	76.800	0	0	356.800	0	0	1.268	47.092	201.416	0	14.000	215.416	1,47
3	38.853	480	20	20	0	280.000	0	76.800	0	0	356.800	0	0	1.268	47.092	205.288	0	14.000	219.288	1,50
4	38.853	512	20	20	1	280.000	420.000	84.660	40.300	0	827.960	1.800	0	2.940	113.315	215.482	53.600	14.000	283.082	1,80
5	38.853	576	20	20	1	280.000	420.000	84.660	40.300	0	827.960	1.800	0	2.940	113.315	219.024	53.600	14.000	286.624	1,82
6	38.853	640	20	20	1	280.000	600.000	91.120	77.460	0	1.048.580	1.800	0	3.722	143.480	261.274	53.600	14.000	328.874	1,70
7	47.461	352	20	20	0	448.000	0	68.840	0	0	516.840	0	0	1.828	67.959	195.264	0	14.000	209.264	1,49
8	47.461	416	20	20	0	448.000	0	76.800	0	0	524.800	0	0	1.866	69.047	201.416	0	14.000	215.416	1,53
9	47.461	480	20	20	0	448.000	0	76.800	0	0	524.800	0	0	1.866	69.047	205.288	0	14.000	219.288	1,55
10	47.461	512	20	20	1	448.000	420.000	84.660	40.300	0	985.960	1.800	0	3.537	135.268	215.482	53.600	14.000	283.082	1,95
11	47.461	576	20	20	1	448.000	420.000	84.660	40.300	0	985.960	1.800	0	3.537	135.268	219.024	53.600	14.000	286.624	1,98
12	47.461	640	20	20	1	448.000	600.000	91.120	77.460	0	1.216.580	1.800	0	4.320	165.436	261.274	53.600	14.000	328.874	1,75
13	56.000	352	40	40	0	560.000	0	137.680	0	0	697.680	0	0	2.461	92.006	195.264	0	14.000	209.264	1,55
14	56.000	416	40	40	0	560.000	0	153.600	0	0	713.600	0	0	2.537	94.184	201.416	0	14.000	215.416	1,59
15	56.000	480	40	40	0	560.000	0	153.600	0	0	713.600	0	0	2.537	94.184	205.288	0	14.000	219.288	1,61
16	56.000	512	40	40	1	560.000	420.000	160.320	40.300	0	1.182.620	1.800	0	4.236	101.481	215.482	53.600	14.000	283.082	1,72
17	56.000	576	40	40	1	560.000	420.000	160.320	40.300	0	1.182.620	1.800	0	4.236	101.481	219.024	53.600	14.000	286.624	1,74
18	56.000	640	40	40	1	560.000	600.000	182.240	77.460	0	1.419.700	1.800	0	5.041	192.530	261.274	53.600	14.000	328.874	1,82

5.5.3 Cenários de projeto para ano de 2015.

Para 2015 é examinado um outro conjunto de alternativas que combina diversas configurações de equipamentos de movimentações com diversas capacidades de armazenagem.

As configurações de equipamento de movimentação, que proporcionam 6 taxas de movimentação distintas são listadas a seguir:

- a) 1 equipamento pneumático de 200 ton/h e 2 de 120 ton/h com uma taxa efetiva de movimentação de 352 ton/h;
- b) 2 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e um de 120 ton/h, fornecendo uma capacidade efetiva de 416 ton/h;
- c) 3 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e uma capacidade efetiva de 480 ton/h;
- d) 2 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e dois de 120 ton/h, o que totaliza uma capacidade efetiva de 512 ton/h;
- e) 3 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h e um de 120 ton/h, o que totaliza uma capacidade efetiva de 576 ton/h;
- f) 4 equipamentos pneumáticos de 200 ton/h, o que totaliza uma capacidade efetiva de 640 ton/h.

As alternativas para o sistema de armazenagem são apresentadas na Tabela 5.21.

Tabela 5.21 – Alternativa de sistema de armazenagem em 2015

[illegible]

Os resultados da simulação do comportamento do terminal em 2005 para as 18 configurações consideradas estão mostrados na Tabela 5.22 e na Figura 5.15.

A Tabela 5.22 mostra um quadro comparativo de desempenho das alternativas analisadas. Para cada configuração a tabela apresenta o tempo de espera no terminal, a taxa de utilização do terminal, e a tarifa cobrada pelo terminal.

Tabela 5.22 – Comparação das Alternativas para 2015.

Alternativa (2005/2010/2015)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)			Taxa de Utilização do berço/gare/baia			Tarifa (R\$/t)
			R	F	H	R	F	H	
1	50.461	352/352/352	1,59	77,22	103,70	0,87	0,91	0,97	1,42
2	50.461	416/416/416	1,06	10,54	16,88	0,74	0,81	0,91	1,45
3	50.461	480/480/480	0,86	8,84	10,87	0,65	0,72	0,75	1,48
4	50.461	416/416/512	0,78	8,33	9,77	0,61	0,68	0,73	1,56
5	50.461	480/480/576	0,70	7,55	8,43	0,54	0,62	0,64	1,58
6	50.461	480/480/640	0,65	6,98	7,79	0,49	0,56	0,58	1,65
7	56.000	352/352/352	1,47	77,31	100,72	0,88	0,91	0,97	1,45
8	56.000	416/416/416	1,04	10,62	16,69	0,74	0,80	0,92	1,48
9	56.000	480/480/480	0,87	8,88	9,13	0,65	0,71	0,78	1,51
10	56.000	416/416/512	0,81	8,35	7,89	0,61	0,68	0,73	1,59
11	56.000	480/480/576	0,70	7,58	7,62	0,54	0,61	0,64	1,61
12	56.000	480/480/640	0,64	6,99	5,89	0,49	0,56	0,58	1,68
13	62.000	352/352/352	1,47	77,31	100,72	0,88	0,91	0,97	1,48
14	62.000	416/416/416	1,03	10,63	16,37	0,74	0,80	0,92	1,52
15	62.000	480/480/480	0,87	8,87	7,99	0,65	0,71	0,78	1,55
16	62.000	416/416/512	0,80	8,36	7,24	0,61	0,68	0,73	1,63
17	62.000	480/480/576	0,71	7,59	6,41	0,54	0,62	0,55	1,65
18	62.000	480/480/640	0,65	7,00	5,62	0,49	0,56	0,58	1,73

R - carreta F - composição H - comboio

A análise da Tabela 5.22 conduz às mesmas conclusões mencionadas para os cenários de 2005 e 2010.

A Figura 5.15 apresenta a variação do tempo de espera para os 3 modais em função da taxa de movimentação e da capacidade de armazenagem.

Figura 5.15 Variação do tempo de permanência no terminal em função da taxa de movimentação, 2015.

A Tabela 5.23 apresenta um detalhamento do cálculo da tarifa.

Tabela 5.23 Composição dos custos de cada cenário para definição da tarifa em 2015.

Análise (2015)	Configuração			Componentes de Investimento							Custos Fixos (ano)			Custos Variáveis (ano)			custo variável anual total (R\$)	custo total (R\$)	
	Capacidade Anual (t/ano)	Tecnol. flota transp (tonh)	comprila (m)	comprila suder. (m)	comprila variação	superf. (\$)	custo fixo (R\$)	sal. custo (R\$)	Saldo (R\$)	Saldo deprec. (R\$)	APP (R\$)	Manut. infra. (R\$)	Rat. de custo fixo total (R\$)	Consumo de energia (R\$)	Mão de obra operac. (R\$)	Var. de liquidez (R\$)			
1	50.481	352	41	41	0	15.000	0	65.000	0	0	0	0	92.118	28.211	0	24.511	283.711	123	
2	50.481	416	40	40	0	15.000	0	65.000	0	0	0	0	92.118	28.211	0	24.511	330.913	126	
3	50.481	480	40	40	0	15.000	0	65.000	0	0	0	0	92.118	28.211	0	24.511	394.436	128	
4	50.481	512	40	40	1	50.000	43.000	103.331	43.000	0	1.119.820	0	4238	101.481	330.950	53.910	24.511	306.750	136
5	50.481	576	40	40	1	50.000	43.000	103.331	43.000	0	1.119.820	0	4238	101.481	330.950	53.910	24.511	371.132	137
6	50.481	640	40	40	1	50.000	43.000	103.331	43.000	0	1.119.820	0	5041	102.530	330.462	53.910	24.511	401.502	143
7	160.161	352	21	21	0	44.000	0	60.861	0	0	60.861	0	1.538	67.399	28.211	0	24.511	283.711	126
8	160.161	416	21	21	0	44.000	0	60.861	0	0	60.861	0	1.538	67.399	28.211	0	24.511	292.483	129
9	160.161	480	21	21	0	44.000	0	60.861	0	0	60.861	0	1.538	67.399	28.211	0	24.511	394.436	131
10	160.161	512	21	21	1	44.000	43.000	84.951	43.000	0	544.941	0	3637	131.056	28.211	53.910	24.511	398.611	138
11	160.161	576	21	21	1	44.000	43.000	84.951	43.000	0	544.941	0	3637	131.056	28.211	53.910	24.511	371.132	140
12	160.161	640	21	21	1	44.000	43.000	84.951	43.000	0	544.941	0	4321	101.481	330.462	53.910	24.511	401.502	146
13	320.321	352	21	21	0	28.000	0	38.861	0	0	38.861	0	1.782	46.114	28.211	0	24.511	283.711	129
14	320.321	416	21	21	0	28.000	0	38.861	0	0	38.861	0	1.782	46.114	28.211	0	24.511	292.483	132
15	320.321	480	21	21	0	28.000	0	38.861	0	0	38.861	0	1.782	46.114	28.211	0	24.511	394.436	134
16	320.321	512	21	21	1	28.000	43.000	84.951	43.000	0	302.991	0	2982	114.310	28.211	53.910	24.511	398.611	142
17	320.321	576	21	21	1	28.000	43.000	84.951	43.000	0	302.991	0	2982	114.310	28.211	53.910	24.511	371.132	143
18	320.321	640	21	21	1	28.000	43.000	84.951	43.000	0	302.991	0	3.072	143.481	330.462	53.910	24.511	401.502	150

5.5.4 Considerações gerais sobre as alternativas

Verificou-se que a parcela preponderante do investimento inicial na construção do terminal é representada pelas obras de infraestrutura. Por isso observou-se que modificações na capacidade dos equipamentos de movimentação e na capacidade dos silos não têm, como mostrado nas Tabelas 5.17, 5.20 e 5.23, grande influência sobre as tarifas que devem ser cobradas pelo terminal.

Nota-se também que para os cenários de 2010 e 2015 a influência de alternativas diferentes de equipamento de movimentação e de capacidade de armazenagem torna-se menor em função do aumento das quantidades movimentadas.

A tabela 5.24 apresenta uma síntese dos custos acumulados para cada alternativa desde os investimentos iniciais (2005) até aqueles previstos para o ano de 2015.

A capacidade de armazenagem influi de forma significativa sobre o tempo de espera do sistema hidroviário. Isto ocorre porque, quando não existe possibilidade de transbordo direto, o comboio fica aguardando para descarregar se os silos já estiverem totalmente ocupados. É importante, no entanto, ressaltar que, como o custo de espera hidroviário é baixo em relação aos outros modais, uma capacidade de armazenagem baixa não afeta significativamente o custo global do terminal.

O pequeno tempo de permanência no terminal do subsistema rodoviário se deve a uma combinação de fatores: baixa participação (11,6%) na expedição da carga do terminal, baía com dedicação exclusiva e pequena capacidade de carga do veículo quando comparada com os demais modais. Com isto, o tempo de permanência no sistema do veículo rodoviário está diretamente associado ao tempo de carregamento.

O subsistema ferroviário, por sua vez é influenciado pelas taxas de movimentação, desvios nos intervalos entre chegadas, mas principalmente pelo estoque disponível no terminal, dada a grande capacidade da composição. Por isso, o baixo nível de estoque e a conseqüente dependência da chegada dos comboios no terminal, aumenta expressivamente os tempos médios de permanência do modal ferroviário.

Portanto os sistemas de recepção e expedição se comportam de modo inverso. Ou seja, quanto maior a quantidade de estoque no terminal menor é a probabilidade de uma composição permanecer parada pela falta de carga, por outro lado, quanto menor for o nível de estoque do armazém menor é a probabilidade do comboio ficar parada por falta de espaço no armazém.

Tabela 5.24 - Custos de investimento até 2015

Variação 2005/2020	Configuração				Componentes de Investimento						Custos Fixos (ano)				Recurso Capital Total (%)	Custos Variáveis (ano)			custo variável anual total (R\$)
	Quantidade Analisada (un)	Torção, taxa Transb. (tonh)	comida (m)	comida aer. (m)	coletor canos unidade	elo (R\$)	supor (\$)	com (\$)	coletor (R\$)	ind Cia (R\$)	Tda (R\$)	300m+ buscas ano (R\$)	APP (R\$)	Mant. ind. (R\$)		Mão de obra oprac. (R\$)	Manut. Cia (%)		
1	30-421	352/352/352	241	181	1	1.410,00	1.441,00	603,00	63,631	2.658,173	6.892,423	147,633	111,857	24,353	371,510	1,665,00	884,310	1,42	
2	30-421	418/418/418	291	181	1	1.410,00	1.630,00	618,00	77,430	2.638,173	8.570,523	197,763	101,657	26,611	321,000	1,665,00	938,113	1,46	
3	30-421	480/480/480	291	181	1	1.410,00	1.630,00	618,00	77,430	2.638,173	8.570,523	197,763	101,657	26,600	314,160	1,665,00	710,086	1,49	
4	30-421	418/418/512	291	181	2	1.410,00	2.410,00	638,00	120,730	2.638,173	8.570,523	197,763	101,657	30,310	338,121	1,665,00	771,530	1,57	
5	30-421	480/480/576	291	181	2	1.410,00	2.220,00	638,00	120,730	2.638,173	8.570,523	197,763	101,657	31,149	332,742	1,665,00	775,732	1,59	
6	30-421	480/480/640	291	181	2	1.410,00	2.410,00	640,00	151,920	2.638,173	8.570,523	197,763	101,657	31,351	338,791	1,665,00	907,192	1,66	
7	30-421	352/352/352	241	181	1	1.730,00	1.441,00	630,00	63,750	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	24,353	337,700	1,665,00	881,300	1,45	
8	30-421	418/418/418	291	181	1	1.730,00	1.630,00	637,00	77,430	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	24,994	332,013	1,665,00	881,113	1,49	
9	30-421	480/480/480	291	181	1	1.730,00	1.630,00	637,00	77,430	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	25,572	334,448	1,665,00	710,086	1,52	
10	30-421	418/418/512	291	181	2	1.730,00	2.091,00	648,00	121,630	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	31,076	337,700	1,665,00	771,530	1,60	
11	30-421	480/480/576	291	181	2	1.730,00	2.211,00	648,00	121,630	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	32,293	337,700	1,665,00	775,732	1,62	
12	30-421	480/480/640	291	181	2	1.730,00	2.410,00	651,00	151,910	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	33,026	340,733	1,665,00	907,192	1,66	
13	30-421	352/352/352	241	221	1	1.930,00	1.441,00	910,00	63,750	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	24,953	332,416	1,665,00	881,300	1,48	
14	30-421	418/418/418	291	221	1	1.930,00	1.630,00	1.003,00	77,430	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	31,404	332,416	1,665,00	881,113	1,53	
15	30-421	480/480/480	291	221	1	1.930,00	1.630,00	1.003,00	77,430	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	32,093	334,448	1,665,00	710,086	1,56	
16	30-421	418/418/512	291	221	2	1.930,00	2.091,00	1.031,00	121,630	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	33,075	343,303	1,665,00	771,530	1,64	
17	30-421	480/480/576	291	221	2	1.930,00	2.211,00	1.031,00	121,630	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	33,714	343,303	1,665,00	775,732	1,66	
18	30-421	480/480/640	291	221	2	1.930,00	2.410,00	1.031,00	151,910	2.538,173	6.016,553	147,633	111,857	34,426	340,733	1,665,00	907,192	1,72	

5.6 – Avaliação das Alternativas

As diversas alternativas serão avaliadas segundo os critérios abordados no capítulo 3 e já detalhados na seção 5.4.

5.6.1 Aplicação do critério de custo global

Este critério, como mencionado anteriormente, leva em consideração o custo de espera para cada modal, que depende diretamente do tempo de permanência dos veículos no terminal, e também da tarifa cobrada pelo terminal, que depende do investimento inicial e da tecnologia empregada.

Evidentemente, com menor investimento chega-se a uma menor tarifa, mas os tempos de espera e, conseqüentemente, o custo de espera aumentam. A solução mais adequada é aquela que pondera os 2 fatores.

Os tempos de espera para os setores rodoviário e ferroviário estão ligados principalmente à taxa de movimentação e disponibilidade de carga, enquanto para o subsistema hidroviário ele está ligado à taxa de movimentação e, principalmente, à capacidade de estoque do terminal. É importante salientar que o modal hidroviário apresenta o menor custo de espera e isto acaba refletindo na definição das alternativas de menor custo global.

A análise da Tabela 5.25 mostra que para 2005 a alternativa de mínimo custo global é a alternativa 11.

Foi feita uma análise de sensibilidade da solução ótima para dois fatores: taxa efetiva de atratividade e coeficiente efetivo de espera. Os resultados da análise mostram que para uma taxa de atratividade efetiva de 10% a 15 % e coeficientes efetivos de espera de 0,5 a 1 não existe alteração da solução ótima, como pode ser verificado no Anexo D.

Para um coeficiente de espera de 1,2 e as mesmas taxas de atratividade efetiva 10% a 15%, observou-se que a melhor solução é a de número 12, pois para este coeficiente o custo de espera tem um impacto muito maior.

Tabela 5.25 – Comparação dos custos de espera e global para o ano de 2005.

Alternativa (2005)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)			Custo de Espera (R\$)			Tarifa (R\$/t)	Custo Total (R\$)
			R	F	H	R	F	H		
1	32.646	256	1,78	16,17	23,24	1,29	1,80	1,28	1,69	6,07
2	32.646	320	1,24	12,20	14,25	0,90	1,36	0,78	1,77	4,82
3	32.646	352	1,09	11,22	14,53	0,79	1,25	0,80	1,89	4,74
4	32.646	416	0,91	9,77	13,41	0,66	1,09	0,74	1,97	4,45
5	32.646	480	0,78	8,64	10,69	0,56	0,96	0,59	2,00	4,12
6	32.646	512	0,73	8,19	10,43	0,53	0,91	0,57	2,14	4,16
7	38.923	256	1,78	16,17	23,56	1,29	1,80	1,30	1,74	6,14
8	38.923	320	1,24	12,21	10,87	0,90	1,36	0,60	1,83	4,68
9	38.923	352	1,07	11,26	11,06	0,78	1,26	0,61	1,95	4,59
10	38.923	416	0,92	9,80	9,06	0,67	1,09	0,50	2,02	4,28
11	38.923	480	0,78	8,66	7,42	0,57	0,97	0,41	2,06	3,99
12	38.923	512	0,74	8,19	6,58	0,54	0,91	0,36	2,19	4,00
13	44.600	256	1,78	16,11	22,54	1,30	1,80	1,24	1,80	6,13
14	44.600	320	1,21	12,23	10,60	0,88	1,36	0,58	1,88	4,71
15	44.600	352	1,08	11,26	9,57	0,78	1,26	0,53	2,00	4,57
16	44.600	416	0,92	9,78	8,07	0,67	1,09	0,44	2,08	4,28
17	44.600	480	0,78	8,65	7,17	0,57	0,97	0,39	2,12	4,04
18	44.600	512	0,74	8,20	6,53	0,54	0,92	0,36	2,25	4,06

R - carreta F - composição H - comboio

Com relação ao ano de 2010 é possível observar na Tabela 5.26 que a melhor alternativa é a de número 12, pois apresenta o menor custo de global.

Repetiu-se para 2010 a análise de sensibilidade da solução ótima para variações de taxa efetiva de atratividade e o coeficiente efetivo de espera e, neste caso, verificou-se uma mudança na escolha da alternativa. Como pode ser observado no Anexo D, para uma taxa efetiva de atratividade de 15% a melhor alternativa para coeficiente efetivo de espera 1,2 é a 12, mas para os demais valores do coeficiente “ α ” a melhor solução é a 3.

Para as outras taxas de atratividade, 12 e 10%, a melhor alternativa é a 12 para coeficiente efetivo de espera variando de 1,2 a 0,7; apenas para $\alpha=0,5$ é que a melhor solução é a 5. Com relação às estas taxas (12% e 10%), a tarifa tem um menor impacto no custo global e o custo de espera passa a ter uma maior participação. Para o

coeficiente “ α ” igual a 0,5 o custo de espera é reduzido pela metade, favorecendo assim as configurações que resultem em uma menor tarifa.

Tabela 5.26 - Comparação das Alternativas para 2010 - Critério do Custo Global

Alternativa (2010)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)			Custo de Espera (R\$)			Tarifa (R\$/t)	Custo Total (R\$)
			R	F	H	R	F	H		
1	38.853	352	1,14	11,46	12,37	0,83	1,28	0,68	1,65	4,44
2	38.853	416	0,92	9,81	9,57	0,67	1,09	0,53	1,70	3,99
3	38.853	480	0,80	8,73	9,37	0,58	0,97	0,52	1,72	3,78
4	38.853	512	0,73	8,24	9,28	0,53	0,92	0,51	1,84	3,80
5	38.853	576	0,65	7,49	9,40	0,47	0,84	0,52	1,86	3,69
6	38.853	640	0,60	6,94	9,61	0,44	0,78	0,53	1,96	3,70
7	47.461	352	1,15	11,42	10,42	0,83	1,27	0,57	1,72	4,40
8	47.461	416	0,93	9,81	9,74	0,67	1,10	0,54	1,76	4,06
9	47.461	480	0,81	8,69	7,80	0,59	0,97	0,43	1,79	3,78
10	47.461	512	0,73	8,24	7,75	0,53	0,92	0,43	1,90	3,77
11	47.461	576	0,65	7,53	7,80	0,47	0,84	0,43	1,93	3,67
12	47.461	640	0,60	6,94	6,42	0,43	0,77	0,35	2,02	3,58
13	56.000	352	1,15	11,43	10,74	0,84	1,28	0,59	1,79	4,49
14	56.000	416	0,91	9,81	8,48	0,66	1,09	0,47	1,83	4,05
15	56.000	480	0,80	8,71	6,97	0,58	0,97	0,38	1,86	3,79
16	56.000	512	0,75	8,25	6,87	0,54	0,92	0,38	1,98	3,82
17	56.000	576	0,66	7,53	6,65	0,48	0,84	0,37	2,01	3,69
18	56.000	640	0,60	6,95	5,42	0,44	0,78	0,30	2,09	3,60

R - carreta F - composição H - comboio

Comparação semelhante é apresentada na Tabela 5.27 para 2015, verificando que a alternativa 12 é a de menor custo global.

Na análise de sensibilidade, conforme mostrado no Anexo D, verificou-se que para a taxa de atratividade 15% a melhor solução para todos os valores de α é a 11, enquanto que para as taxas de 12 e 10% a melhor alternativa é a 12. Percebe-se que neste cenário a tarifa varia muito pouco para as diversas configurações e, assim, o custo de espera tem um impacto maior sobre o custo global.

Tabela 5.27 - Comparação das Alternativas para 2015 – Critério do Custo Global

Alternativa (2005/2010/2015)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)			Custo de Espera (R\$)			Tarifa (R\$/t)	Custo Total (R\$)
			R	F	H	R	F	H		
1	50.461	352/352/352	1,59	77,22	103,70	1,16	8,62	5,70	1,42	16,89
2	50.461	416/416/416	1,06	10,54	16,88	0,77	1,18	0,93	1,45	4,32
3	50.461	480/480/480	0,86	8,84	10,87	0,62	0,99	0,60	1,48	3,68
4	50.461	416/416/512	0,78	8,33	9,77	0,57	0,93	0,54	1,56	3,60
5	50.461	480/480/576	0,70	7,55	8,43	0,50	0,84	0,46	1,58	3,39
6	50.461	480/480/640	0,65	6,98	7,79	0,47	0,78	0,43	1,65	3,33
7	56.000	352/352/352	1,47	77,31	100,72	1,07	8,63	5,54	1,45	16,68
8	56.000	416/416/416	1,04	10,62	16,69	0,76	1,19	0,92	1,48	4,34
9	56.000	480/480/480	0,87	8,88	9,13	0,63	0,99	0,50	1,51	3,63
10	56.000	416/416/512	0,81	8,35	7,89	0,59	0,93	0,43	1,59	3,54
11	56.000	480/480/576	0,70	7,58	7,62	0,51	0,85	0,42	1,61	3,38
12	56.000	480/480/640	0,64	6,99	5,89	0,46	0,78	0,32	1,68	3,25
13	62.000	352/352/352	1,47	77,31	100,72	1,07	8,63	5,54	1,48	16,72
14	62.000	416/416/416	1,03	10,63	16,37	0,75	1,19	0,90	1,52	4,36
15	62.000	480/480/480	0,87	8,87	7,99	0,63	0,99	0,44	1,55	3,61
16	62.000	416/416/512	0,80	8,36	7,24	0,58	0,93	0,40	1,63	3,54
17	62.000	480/480/576	0,71	7,59	6,41	0,51	0,85	0,35	1,65	3,36
18	62.000	480/480/640	0,65	7,00	5,62	0,47	0,78	0,31	1,73	3,29

R - carreta F - composição H - comboio

5.6.2 Emprego do critério do Valor Presente Líquido

Foi feita também uma comparação entre as alternativas utilizando o critério do valor presente líquido.

Para aplicação deste critério utilizou-se para a tarifa valores de R\$ 1,50 , 2,0 e 2,5 reais e uma taxa efetiva de atratividade de 12%; posteriormente, empregou-se para esta taxa valores de 10 e 15%.

O horizonte de análise para este estudo é de 20 anos de 2005 a 2025, computando todas as receitas relacionadas à tarifa e as despesas associadas aos custos operacionais, investimento inicial e posteriores investimentos para os anos de 2010 e 2015. Portanto, a análise nesta seção se difere da anterior, não só pelo fato de que as

tarifas são fixas, mas também porque a avaliação cobre um período de 20 anos com todos os investimento feitos na implantação do terminal.

Os resultados das comparações das alternativas são mostrados na Tabela 5.28 e Figura 5.16. Foram utilizados na análise 3 valores diferentes de tarifa e, como referência, foi incluído na Tabela para cada alternativa o valor da tarifa calculado pelo critério anterior, bem como o custo de espera de cada modal.

Assim, segundo o critério de valor presente líquido para qualquer tarifa considerada (R\$ 2,5 , 2,0 e 1,5) a melhor solução é aquela que tem menor capacidade de estoque e menor taxa de movimentação. Adicionalmente, nota-se que uma tarifa de R\$ 1,50 inviabilizaria totalmente o investimento.

O efeito da taxa efetiva de atratividade sobre o desempenho das alternativas é mostrado na Tabela 5.29. Como era de se espera, quanto maior é a taxa menor é o valor líquido presente. Conclui-se, então, que dependendo da política adotada para implantação do terminal, seja ela através de financiamento, ou recursos próprios o retorno do investimento pode ser mais atrativo ou não, como fora abordado por Fernandez (2001).

É importante mencionar que a melhor solução segundo este critério pode conduzir a tempos de espera excessivos, que sejam inaceitáveis para os usuários. É necessário, nestas condições, encontrar uma solução de conciliação.

Figura 5.16 – Custos Globais versus Valor presente para as respectivas soluções.

Tabela 5.28 Comparação das Alternativas Critério do Valor Presente Líquido

Alternativa (200x100x7,5)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tempo no terminal (h)				Custo do Espera (RS)			Tarifa	Custo Total	Valor Presente Líquido		
			Tarifa (RS)											
			R	F	H	R	F	H	RS/t			2,50	2,00	1,50
1	50.461	352/352/352	1,59	77,22	103,70	1,18	8,62	5,70	1,42	16,89	7.938.599	3.694.387	-549.825	
2	50.461	416/416/416	1,06	10,54	16,88	0,77	1,18	0,93	1,45	4,32	7.471.800	3.227.588	1.016.623	
3	50.461	480/480/480	0,86	8,84	10,87	0,62	0,99	0,60	1,48	3,68	7.224.410	2.980.198	1.264.014	
4	50.461	416/416/512	0,78	8,33	9,77	0,57	0,93	0,54	1,56	3,60	7.189.037	2.944.825	1.299.387	
5	50.461	480/480/576	0,70	7,55	8,43	0,50	0,84	0,48	1,58	3,39	6.930.822	2.716.610	1.527.602	
6	50.461	480/480/640	0,65	6,98	7,79	0,47	0,78	0,43	1,65	3,33	6.836.863	2.592.651	1.651.561	
7	56.000	352/352/352	1,47	77,31	100,72	1,07	8,63	5,54	1,45	16,68	7.559.401	3.315.189	929.023	
8	56.000	416/416/416	1,04	10,62	16,69	0,76	1,19	0,92	1,48	4,34	7.137.748	2.893.536	1.350.676	
9	56.000	480/480/480	0,87	8,88	9,13	0,63	0,99	0,50	1,51	3,63	6.847.562	2.603.340	1.640.872	
10	56.000	416/416/512	0,81	8,35	7,89	0,59	0,93	0,43	1,59	3,54	6.814.489	2.570.277	1.673.935	
11	56.000	480/480/576	0,70	7,58	7,62	0,51	0,85	0,42	1,61	3,38	6.586.275	2.342.063	-1.902.149	
12	56.000	480/480/640	0,64	6,99	5,89	0,46	0,78	0,32	1,68	3,25	6.071.172	1.826.961	2.417.251	
13	62.000	352/352/352	1,47	77,31	100,72	1,07	8,63	5,54	1,48	16,72	7.143.402	2.899.190	1.345.022	
14	62.000	416/416/416	1,03	10,63	16,37	0,75	1,19	0,90	1,52	4,36	6.842.323	2.398.111	1.846.101	
15	62.000	480/480/480	0,87	8,87	7,99	0,63	0,99	0,44	1,55	3,61	6.394.932	2.150.720	2.093.492	
16	62.000	416/416/512	0,80	8,36	7,24	0,58	0,93	0,40	1,63	3,54	6.361.869	2.117.668	2.126.554	
17	62.000	480/480/576	0,71	7,59	6,41	0,51	0,85	0,35	1,65	3,36	6.133.655	1.889.443	2.354.769	
18	62.000	480/480/640	0,65	7,00	5,62	0,47	0,78	0,31	1,73	3,29	6.011.595	1.767.383	2.476.829	

R carreta F composição H comboio

Tabela 5.29 - Efeito da Taxa efetiva de Atratividade sobre o Valor Presente Líquido

Alternativa (30520-520-5)	Capacidade Armazenagem (tun)	Taxa de Maximização efetiva (tun/h)	Tarifa	Total	Valor Presente (R\$)									
					Tarifa (R\$)									
					2,50					2,00				
										Taxa de Atratividade				
			R\$/t	R\$/t	15%	12%	10%	15%	12%	10%	15%	12%	10%	10%
1	50.461	352/352/352	1,42	16,89	5.234.063	7.938.599	10.325.863	1.756.630	3.694.387	5.408.549	-1.720.803	-549.825	491.235	
2	50.461	416/416/416	1,45	4,32	4.780.802	7.471.800	9.847.430	1.303.369	3.227.588	4.930.115	-2.174.064	1.016.623	12.801	
3	50.461	480/480/480	1,48	3,68	4.544.863	7.224.410	9.589.920	1.067.430	2.980.198	4.672.606	-2.410.002	1.284.014	244.708	
4	50.461	416/416/512	1,53	3,60	4.578.923	7.189.037	9.490.642	1.101.490	2.944.825	4.573.328	-2.375.943	1.298.387	343.986	
5	50.461	480/480/576	1,58	3,39	4.356.060	6.990.822	9.258.104	878.628	2.719.610	4.340.790	-2.598.805	1.527.602	576.524	
6	50.461	480/480/640	1,65	3,33	4.267.237	6.836.863	9.102.102	789.804	2.592.651	4.184.788	-2.687.628	1.651.561	732.526	
7	56.000	352/352/352	1,45	16,66	4.855.879	7.569.401	9.946.937	1.378.446	3.313.189	5.029.622	-2.089.987	-929.023	112.308	
8	56.000	416/416/416	1,48	4,34	4.440.234	7.137.746	9.520.148	962.801	2.893.536	4.602.834	-2.514.631	-1.350.676	-314.480	
9	56.000	480/480/480	1,51	3,63	4.138.425	6.847.552	9.213.850	690.992	2.603.340	4.296.536	-2.786.440	-1.640.872	-620.778	
10	56.000	416/416/512	1,53	3,64	4.204.208	6.814.480	9.117.383	726.776	2.670.277	4.200.070	-2.750.657	-1.673.935	-717.236	
11	56.000	480/480/576	1,61	3,38	3.981.346	6.596.275	8.684.855	603.914	2.342.053	3.967.541	-2.973.510	-1.902.140	-640.773	
12	56.000	480/480/640	1,68	3,25	3.547.708	6.071.172	8.204.358	70.275	1.826.961	3.387.043	-3.407.158	2.417.251	-1.530.271	
13	62.000	352/352/352	1,48	16,72	4.442.955	7.143.402	9.529.499	965.523	2.899.190	4.612.185	-2.511.910	1.345.022	305.129	
14	62.000	416/416/416	1,52	4,36	3.955.574	6.642.323	9.016.700	478.142	2.398.111	4.098.386	-2.999.291	1.846.101	817.928	
15	62.000	480/480/480	1,55	3,61	3.719.636	6.394.932	8.759.191	242.203	2.150.720	3.841.877	-3.235.230	2.093.492	-1.075.437	
16	62.000	416/416/512	1,63	3,54	3.755.419	6.361.869	8.662.734	277.987	2.117.658	3.745.420	-3.199.446	2.136.554	-1.171.894	
17	62.000	480/480/576	1,65	3,36	3.532.557	6.133.655	8.430.196	55.124	1.869.443	3.512.862	-3.422.306	2.354.769	-1.404.433	
18	62.000	480/480/640	1,73	3,29	3.445.190	6.011.595	8.276.512	-32.282	1.767.383	3.309.196	-3.509.715	-2.476.829	-1.558.116	

R: carreta F - composição H: comboio

5.6.3 Emprego do critério de tempo máximo de permanência

A aplicação deste critério corresponde a separar entre as alternativas geradas um grupo de configurações viáveis - tempo de permanência no terminal menor ou igual ao limite máximo - e um grupo de soluções inviáveis – tempo de permanência superior ao máximo.

Considerando-se os tempos máximos de espera especificados para os modais ferroviário e rodoviário, verifica-se na Tabela 5.25 que são viáveis para o ano 2005 as alternativas 5 a 18.

Analisando-se a Tabela 5.26 verifica-se que são viáveis para o ano de 2010 as alternativas de 3 a 18. Finalmente, de acordo com a Tabela 5.27, são viáveis para 2015 as configurações 3 a 18.

É importante observar que a fator que define a viabilidade das soluções é a taxa de movimentação, pois para os 3 cenários (2005, 2010 e 2015) mesmo para a menor capacidade de armazenagem, as configurações são viáveis. Verifica-se por, outro lado, que para os 3 cenários a taxa de transbordo de 480 ton/hora atende o critério de tempo máximo de permanência. É evidente, porém, que a medida que se aumenta a movimentação no terminal aumenta-se o congestionamento nos sistema mantendo-se a mesma taxa de transbordo, e isto verifica pelo fato de que os tempos médios de permanência no terminal para todos os modais aumentam progressivamente para os anos de 2010 e 2015.

5.6.4 Seleção da melhor alternativa

Como já esclarecido anteriormente no Capítulo 3, a melhor configuração para o terminal, considerando uma implantação gradual dos subsistemas de movimentação e armazenagem, é aquela que, dentro do grupo das soluções viáveis, proporcione o maior valor presente líquido.

Pode-se, então, considerar que todas as alternativas que atendem o critério de tempo o máximo de permanência são viáveis, pois atendem aos usuário do terminal como já mencionado. Assim sendo, dentre as alternativas viáveis, a que apresentar maior valor presente líquido pode ser apontada como a melhor solução.

Assim, a solução viável com maior valor presente líquido é de número 3, cuja configuração inicial (2005) é constituído por:

- 3 equipamentos sugadores com capacidade de 200ton/hora cada, e uma capacidade efetiva de 480 ton/hora.
- 32 646 ton de capacidade nos armazém mais silos.

Em 2010 não há necessidade de se aumentar a capacidade de transbordo, é adicionado um silo ao sistema de armazenagem o que leva à uma capacidade de estoque de 38.853 ton para a solução 3.

Em 2015 incorpora-se mais duas unidades de armazenagem à solução 3 o que totaliza para este ano 50.461 ton, sendo que a solução 3 ainda atende o critério de tempo máximo de permanência.

É conveniente, no entanto, mencionar que a alternativa 3 apresenta para 2015 tempos de permanência dos modais ferroviário e rodoviário próximos de limites máximos. Além disto as taxas de utilização das gares e do berço são altas. Nestas condições é melhor escolher uma outra configuração que, embora tenha um menor valor presente líquido, não apresente problema de congestionamento no período posterior a 2015.

Deste modo, seleciona-se a alternativa 4 cuja configuração é constituída por 3 equipamentos sugadores de 200 ton/hora e 1 de 120 ton/hora, com uma taxa efetiva de movimentação de 576 ton/hora e estoque de 50.461 ton, em 2015, pode garantir tempos adequados de espera frente a picos de demanda não previsto e aumento da quantidade movimentada no terminal

É importante mencionar também que a escolha da alternativa 4 pela 3 resulta, para 2015, em filas menores nos 3 setores, mas especialmente para o ferroviário há uma

redução significativa, de 2,8 para 1,13. Esta redução pode ter um certo impacto no número de linhas ferroviária como será visto adiante.

5.7 – Determinação de outras Características do Terminal

O estudo de simulação foi orientado para a determinação de 2 parâmetro; a taxa de movimentação (transbordo) e a capacidade de armazenagem. É necessário definir agora outras características do terminal.

5.7.1 – Determinação da capacidade de pátios e área de fundeio

a) Área de fundeio

Os resultados de simulação mostram que, para a configuração modular escolhida (alternativa 4) a fila máxima é de 2,33 , 1,93 e 2,6 comboios, respectivamente, nos anos 2005, 2010 e 2015.

Portanto a área de fundeio deve ter capacidade para 2 comboios em 2005/2010 e para 3 em 2015.

b) Pátio ferroviário

Os resultados de simulação indicam que, para a configuração modular escolhida, a fila máxima é de 1,66 , 1,87 e 1,13 composições, respectivamente, para os anos 2005, 2010 e 2015.

Portanto, o pátio ferroviário deve ter, além da própria linha de carregamento uma outra linha concorrente, durante todo o período.

c) Pátio rodoviário

Os resultados de simulação indicam que, para a configuração modular escolhida, a fila máxima atinge os valores de 2,4 , 3,6 e 2,5 carretas, respectivamente,

para os anos de 2005, 2010 e 2015. Com base nestes valores o pátio rodoviário teria uma capacidade bem pequena.

Contudo, para este subsistema preferiu-se optar pelo procedimento adotado por Lima (1988) que define a capacidade estática do pátio rodoviário pelo número de carretas que acessarão diariamente o terminal no período de maior movimentação. Isto se justifica pois, a área requerida por veículo e os correspondentes custos de investimento são pequenos, permitindo assim ampliar a capacidade de estacionamento para dar conta de eventuais problemas operacionais.

Nestas condições são necessárias 15, 17 e 23 baias de estacionamento para os anos de 2005, 2010 e 2015 respectivamente. Adicionalmente, como os tempos de manobra são bem maiores que os tempos de transferência de carga, será utilizado um pátio intermediário para posicionamento do veículo com capacidade para 1 rodo-trem para os 3 cenários, o permite manter a cadência do sistema.

O arranjo do terminal, apresentando os três estágios de estudo é apresentado nas Figuras 5.17 a 5.19 e no Anexo E.

5.7.2 – Definição do número de gares

No estudo de simulação, considerou-se inicialmente 2 gares para o setor ferroviário e uma baia para o setor rodoviário. Os resultados obtidos para tempos de permanência indicam que o número de gares é satisfatório.

Como o aumento do número de gares pode reduzir o tempo de permanência do modal ferroviária no terminal, é interessante examinar a relação entre os ganhos operacionais e os investimentos necessários com o aumento do número de gares.

A análise da Tabela 5.30 indica que o incremento de uma ou duas gares, para taxa de movimentação de 480 e 576ton/h, não produz redução significativa no tempo

total de permanência da composição no terminal, e praticamente não afeta o custo global do terminal.

Portanto, mantém-se a configuração com 2 gares para o setor ferroviário.

Tabela 5.30 – Efeito da variação do número de gares.

Ano	taxa de transbordo 480 - ton/h			taxa de transbordo 576 - ton/h		
2015	2 gares	3 gares	4 gares	2 gares	3 gares	4 gares
tempo de permanência do trem (h)	8,83	8,57	8,47	7,56	7,26	7,10
custo espera (R\$)	0,99	0,96	0,95	0,84	0,81	0,79
custo global (R\$)	3,68	3,67	3,67	3,51	3,51	3,51

5.7.3 – Definição do número de berços

No estudo de simulação considerou-se primeiramente um único berço para atracação e transbordo. Todavia, analogamente ao que foi feito para o setor ferroviário, é conveniente examinar o efeito da adição de 1 berço.

Através da simulação ficou constatado que os ganhos operacionais com o incremento de um berço, conforme apresentado na Tabela 5.31, não justificam os investimentos necessários. Isto ocorre porque os tempos de atracação e amarração não são significativos e representam uma pequena parcela do tempo total gasto pelo comboio no sistema.

É conveniente lembrar adicionalmente, que os tempos do setor hidroviário estão mais associados à capacidade de estoque do terminal e entre as alternativas viáveis foi escolhida a configuração com a menor capacidade de armazenagem. Além disto, o custo de espera deste modal é relativamente pequeno enquanto o custo de construção de um berço é significativo. Desta forma, o custo global para a configuração com 2 berços é maior que a com 1 berço.

Tabela 5.31 – Efeito da inclusão de outro berço - 2015.

Ano	Taxa de Movimento	
2015	576 ton/h	
	1 berço	2 berços
tempo de permanência do comboio no terminal	8,43	8,01
taxa de utilização	0,64	0,60
custo de espera	0,46	0,44
tarifa	1,56	1,66
custo global	3,53	3,60

5.8 – Especificação da Solução

Nesta seção final será apresentada a descrição física da solução escolhida para o terminal dentro de uma concepção modular de projeto. Serão também detalhadas as características econômicas da solução.

5.8.1 – Arranjo Físico

A partir dos resultados obtidos ao longo deste capítulo, obteve-se para o terminal a configuração descrita na Tabela 5.32 e nas Figuras 5.17 a 5.19 e o Anexo D, contém o arranjo geral do terminal.

Tabela 5. 32 – Resumo dos elementos do terminal.

2005			2010		2015	
Elemento	Quant. (unid.)		Quant. (unid.)		Quant. (unid.)	
Berço	1		1		1	
Gare	2		2		2	
Baia	1		1		1	
Pátio Ferroviário	1 linha concorrente		1 linha concorrente		1 linha concorrente	
Pátio Rodoviário	15 vagas		17 vagas		23 vagas	
Área de fundeio	2 comboios		2 comboios		3 comboios	
Sugador	3	480 ton/hora	3	480 ton/hora	4	576 ton/hora
		Capacidade (ton)		Capacidade (ton)		Capacidade (ton)
Armazém	1	20.000	1	20.000	1	20.000
Silo	2	6.000	3	6.000	5	6.000
Pulmão rodov.	1	120	1	120	1	120
Pulmão ferrov.	1	240	1	240	1	240

Figura - 5.17: Arranjo detalhado do terminal

Figura - 5.18: Vista parcial corte A:A

Figura - 5.19: Vista parcial corte B:B

5.8.2 – Características econômica

A Figura 5.20 mostra o fracionamento do investimento entre os diversos componentes do terminal e proporciona, assim, um melhor entendimento da participação de cada componente no investimento.

Pode-se verificar nesta figura que a infraestrutura básica do terminal que inclui a aquisição do terreno, as obras de terraplanagem as infraestruturas ferroviária e rodoviária, a infraestrutura portuária e edifícios administrativos, representa 21 % do investimento sendo que a penúltima parcela tem a maior participação (10%).

Os equipamentos de transbordo, movimentação e aferição de descarga respondem por 46% do investimento, sendo que os sugadores, isoladamente representam o componente com maior participação (26%).

Finalmente o sistema de armazenagem, constituído pelos silos e armazém de alvenaria, representa 33% do investimento.

Conclui-se, então, que mesmo com um alta estimativa de linha férrea e área do terreno face às hipóteses admitidas estes 2 itens e os componentes associados a infraestrutura, de certa forma, não têm grande impacto nos custos do terminal. Assim sendo, a tarifa do terminal está mais atrelada aos elementos que envolvem maior tecnologia.

Figura 5.20 – Participação dos componentes no investimento total.

A figura 5.21 ilustra a participação das diversas parcelas na composição da tarifa do terminal para uma taxa de atratividade efetiva de 12%. Pode-se constatar que, em relação aos custos operacionais, a remuneração do investimento é a parcela mais significativa percentualmente (49,3%). Observa-se também que o gasto com energia tem uma participação expressiva (10,7%), o que é explicado pelo alto consumo de energia dos equipamentos pneumáticos. As despesas com mão de obra representam a segunda parcela (13,7%).

Figura 5.21- Participação percentual dos itens de formação da tarifa.

5.8.3 Comportamento operacional

A Figura 5.22 apresenta o tempo médio de permanência para os modais. É possível verificar nesta figura que, nos períodos de pico de transporte, o modal hidroviário apresenta tempos de permanência no sistema um pouco acima da média. Isto ocorre porque nos meses de pico os estoques atingem seus níveis máximos, o que faz com que alguns comboios tenham de esperar em fila pela falta de espaço nos silos e/ou falta de veículos que possibilite o transbordo direto.

Ainda, com relação à esta figura, constata-se que para o mês de agosto os tempos de permanência no sistema para os modais rodoviário e ferroviário apresentam grande discrepância em relação à média. Isto ocorre devido à falta de carga no terminal e à falta de sincronismo de chegadas dos modais. É interessante ressaltar que na simulação

de baixa movimentação no terminal somente será enviada uma composição para o terminal caso haja estoque ou na iminência de chegada de um comboio.

Figura 5.22 – Variação dos tempos de permanência dos veículos no terminal.

O comportamento dos níveis de estoque do terminal ao longo do tempo para farelo e grão in natura estão apresentados na Figura 5.23.

Figura 5.23 – Variação dos estoques ao longo do período de simulação.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta, inicialmente, um resumo do trabalho desenvolvido para, em seguida, apontar as principais conclusões e, finalmente, alinhar algumas sugestões para continuação do trabalho.

6.1 Síntese do Trabalho

Definiu-se como objetivo central do trabalho elaborar o projeto de um terminal intermodal de granéis sólidos, para implantação na hidrovia Tietê-Paraná.

A partir da definição deste objetivo, foi feito inicialmente um estudo de demandas que contemplou, essencialmente, granéis sólidos para ambos sentidos de movimentação, na região de abrangência da hidrovia Tietê-Paraná. Foram definidas, deste modo, as cargas potenciais para movimentação e suas respectivas projeções, bem como a distribuição do fluxo ao longo do ano.

Examinou-se, em paralelo, a capacidade de transporte de carga pela hidrovia com o intuito de compatibilizar sua capacidade com as possíveis projeções de movimentações de carga no terminal.

Em seguida foram reproduzidas as diretrizes que orientam o projeto de terminais de granéis sólidos, contemplando cada um de seus subsistemas. Em particular, examinou-se os critérios de avaliação para utilização no projeto do terminal.

Depois, o trabalho focalizou os terminais multimodais implantados na hidrovia, Tietê-Paraná. A partir das informações levantadas foi feita uma análise crítica dos terminais tendo como referência às diretrizes de projeto apresentadas anteriormente.

Finalmente, no capítulo 5, que é a principal contribuição deste trabalho, é apresentado o dimensionamento de um terminal multimodal no Tietê na região de Pederneiras. Esse terminal foi projetado para um fluxo de carga estimado para o horizonte de 2005/2010/2015, utilizando os princípios apresentados no capítulo 3. Foram geradas diversas alternativas que envolvem combinações de diferentes taxas de movimentação e diferentes capacidades de armazenagem. Utilizando a técnica de simulação, com o software ARENA, obtém-se o desempenho destas configurações em termos de tempo de espera para cada modal, que mede o nível de serviço oferecido pelo terminal. As alternativas geradas são, então, avaliadas pelo critério do custo global, que pondera o nível de serviço oferecido e a tarifa cobrada pelo terminal, e pelo critério do valor presente líquido do investimento. Adota-se, finalmente, como critério de seleção o último deles, fixando uma restrição de tempo máximo de espera, escolhe-se a melhor configuração.

6.2 Principais Conclusões

Este trabalho iniciou com uma análise de demanda que permitiu definir a carga principal que o terminal opera (soja), levantando a possibilidade de atrair carga de retorno. Embora se constata que hoje a hidrovia opera sem carga de retorno, pode-se afirmar que isto depende muito da política adotada pelos usuários. Muitos dos terminais projetados são de propriedade das empresas transportadoras ou ainda das *tradies*, de forma que o terminal tem como único objetivo o transbordo da carga movimentada.

Determinados terminais instalados na hidrovia apresentam problemas operacionais devido a restrições da via, como pequena profundidade e raio de curvatura, o que inviabiliza a movimentação de carga durante certos períodos do ano.

Certos terminais da hidrovia possuem somente interligação como o modal rodoviário, seja pela ausência de linha férrea na microrregião de fomento ou pela simples opção de não se viabilizar esta alternativa. Isto cria dependência da disponibilidade de

carretas graneleiras, ficando o proprietário do terminal sujeito aos fretes praticados no mercado, principalmente porque existe coincidência do período de safra de diversos grãos. É importante a interligação com o modal ferroviário, principalmente pelo fato deste frete ser menor que o rodoviário.

Alguns terminais possuem sistema de movimentação desbalanceado, ou seja, equipamentos com diferentes taxas de movimentação. Outros apresentam sistema de armazenagem inadequado ao acondicionamento do granel, ou em relação às condições de movimentação requeridas.

Foram utilizados como parâmetros básicos para geração de possíveis configurações do terminal a taxa de movimentação e a capacidade de armazenagem.

Verificou-se que a capacidade de armazenagem influi de forma significativa sobre o tempo de espera do sistema hidroviário. Isto ocorre porque, quando não é possível o transbordo direto, o comboio fica aguardando para descarregar se os silos estiverem cheios. É importante ressaltar que estes resultados foram obtidos porque se admitiu que nos primeiros meses o fluxo de entrada de carga é maior que o fluxo de saída. Nestas condições a capacidade de armazenagem tem uma menor influência sobre os outros modais.

Observou-se por outro lado, que a taxa de movimentação influi sobre o tempo de permanência no sistema rodoviário e, principalmente, no sistema ferroviário. Isto ocorre porque, como no período examinado, existem estoques relativamente grandes de carga, os veículos podem ser carregados mesmo na ausência de transbordo direto. A influência da taxa de movimentação sobre o tempo de permanência do setor hidroviário é pequena.

Pode-se perceber que os sistemas de recepção e expedição se comportam de modo inverso, ou seja, quanto maior a quantidade de estoque no terminal menor é a probabilidade de uma composição ferroviária ou uma carreta permanecer parada pela falta de carga. Por outro lado, quanto menor for o nível de estoque do armazém menor é a probabilidade do comboio ficar parado por falta de espaço no armazém.

É importante observar que, como os custos unitários de espera são diferentes para os 3 modais, os tempos de espera dos modais têm pesos diferentes na avaliação das alternativas pelo critério do custo global. Assim, por exemplo, as configurações que tendem a aumentar o tempo de espera do modal hidroviário, como são aquelas com menor capacidade de armazenagem, não afetam significativamente o custo global do terminal, tendo por isto possibilidade de serem selecionadas.

É preciso ressaltar que a conclusão acima resulta das atuais condições de operação da hidrovia em que, por excesso da oferta de comboios em relação à demanda de cargas, o custo unitário de espera deste modal é menor que o dos outros. É também por este motivo que no critério de seleção adotado para escolha da melhor alternativa não se aplicou restrição de tempo máximo de permanência para o modal hidroviário. Certamente, se houver uma mudança no quadro relativo de oferta e demanda de comboios, deve ser reexaminada esta conclusão.

Constatou-se que as distribuições adotadas para as chegadas dos veículos nos 3 modais, dependendo das hipóteses admitidas para os fluxos de entrada e saída de carga no terminal (maior ou menor disponibilidade de estoque num dado momento), podem ter influência relevante nos tempos de permanência de cada modal. E, em virtude da sazonalidade ou pico de movimentação, isto pode se tornar ainda mais pronunciado. Verificou-se que, dependendo das hipóteses admitidas, de nada adianta aumentar as taxas de movimentação do terminal se a capacidade de estoque do mesmo é extremamente reduzida ou então não há carga disponível no terminal.

Para avaliação das alternativas foram empregados 3 critérios: custo global, valor presente líquido e tempo máximo de permanência dos modais no terminal. O critério do custo global pondera o tempo de espera em cada modal com a tarifa cobrada para proporcionar a lucratividade desejada ao terminal. Verificou-se que, com os valores adotados para os custos unitários de espera, a tarifa tem um efeito menor sobre o custo global. Assim, este critério acaba privilegiando os terminais mais bem equipados, isto é,

com maiores taxas de movimentação e capacidades de armazenagem. Uma mudança de tendência só foi observada quando se reduzem os custos de espera em 50 %.

Por outro lado, o critério de máximo valor presente líquido, que atende melhor os interesses do proprietário do terminal, tende a privilegiar as configurações com menores taxas de movimentação e capacidades de armazenagem, as quais acabam impondo maiores tempos de permanência no terminal.

Finalmente, o critério adotado de maior valor líquido presente com nível mínimo de serviço leva a soluções com uma taxa de movimentação relativamente grande mas com pequena capacidade de armazenagem.

Observou-se que uma variação da taxa efetiva de atratividade produz uma alteração da classificação das soluções de acordo com o critério de máximo valor presente. Para valores maiores da taxa de atratividade a escolha recai em configurações com menor taxa de movimentação.

Isto leva a conclusão que, dependendo da política adotada para implantação do terminal, seja ela através de financiamento, ou de recursos próprios, pode-se selecionar alternativas diferentes.

6.3-Recomendações

O estudo sobre terminais multimodais apresentado neste trabalho foi desenvolvido a partir de um conjunto de premissas. Para a escolha da melhor configuração foi adotado um certo critério. Existem, certamente, algumas limitações no trabalho realizado. Para tornar mais abrangente o estudo são apresentadas a seguir algumas recomendações.

A primeira diz respeito às distribuições de chegada. Poderiam ser examinados outros modelos. A análise de dados de terminais existentes de mesma finalidade, poderia ser usada para gerar distribuições de chegadas mais adequadas para os modais, as quais poderiam variar de mês a mês.

O estudo de simulação considerou que o terminal opera com 2 produtos mas tudo se passa como se toda a carga de um mesmo produto pertencesse a um único cliente. Seria interessante generalizar o modelo utilizado para que o terminal pudesse ser simulado com n clientes e diferentes graneis.

O dimensionamento do terminal foi feito considerando fluxo de carga em um único sentido, do modal hidroviário para os modais ferro e rodoviário. Considera-se importante adaptar o modelo para que o terminal movimente carga em ambos os sentidos, ou seja, estudar a hipótese de se transportar carga de retorno.

Uma das premissas adotadas no dimensionamento do terminal foi empregar a taxa de expedição do setor ferroviário igual à taxa de recepção do hidroviário. Recomenda-se estudar o desempenho do terminal com taxas de expedição maiores que as taxas de recepção.

O modelo adotado privilegia o transbordo direto. Seria interessante analisar qual o impacto do transbordo da carga via sistema de armazenagem, comparando as possíveis vantagens operacionais com os custos adicionais de movimentação.

ANEXO A

Este anexo apresenta o mapa que mostra a localização de todos os terminais existentes na hidrovia Tietê - Paraná, (Fonte: Departamento Hidroviário do estado de São Paulo).

ANEXO B

São apresentados neste anexo, fotos dos terminais intermodais de graneis sólidos (soja) da Hidrovia Tietê – Paraná, que foram avaliados neste trabalho, (Fonte: Departamento Hidroviário do Estado de São Paulo).

Figura B.1 TERMINAL CNAGA - CONCHAS

Figura B.2 TERMINAL CNAGA - CONCHAS

Figura B.3 TERMINAL CNAGA - CONCHAS

Figura B.4 SILO DE ARMAZENAGEM, PULMÃO
RODOVIÁRIO E ELEVADOR DE CANECAS

Figura B.5 VISTA AÉREA DO TERMINAL NOVA MECA - ANHEMBI

Figura B.6 TERMINAL NOVA MECA - ANHEMBI

Figura B.7 PULMÃO RODOVIÁRIO E ESCRITÓRIO

FiguraB.8 BOMBA DE SUCÇÃO SOBRE A PONTE,
SILOS DE ARMAZENAGEM E ESCRITÓRIO

Figura B.9 TERMINAL ADM ARMAZÉNS GERAIS

Figura B.10 TERMINAL ADM ARMAZÉNS GERAIS

Figura B.11 SILOS DE ARMAZENAGEM E ELEVADOR DE CANECAS

Figura B.12 CHATA ATRACADA AO PIER E COBERTURA DA ESTEIRA TRANSPORTADORA

Figura-B.13 VISTA AÉREA DO TERMINAL DA ADM - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.14 TERMINAL DA ADM - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.15 VISTA AÉREA DO TERMINAL QUINTELLA - PEDERNEIRAS

Figura B.16 VISTA AÉREA DO TERMINAL QUINTELLA - PEDERNEIRAS

Figura B.17

VISTA AÉREA DO TERMINAL
QUINTELLA - PEDERNEIRAS

Figura B.18

PIER DE ATRACAÇÃO E BOMBAS DE SUCÇÃO
REALIZANDO O DESEMBARQUE

Figura B.19

VISTA AÉREA DO PIER DE ATRACAÇÃO
E CHATAS ATRACADAS

Figura B.20

VISTA AÉREA DO TERMINAL
QUINTELLA - PEDERNEIRAS

Figura B.21

VISTA AÉREA DO TERMINAL
QUINTELLA - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.22

TERMINAL QUINTELLA - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.23

VISTA AÉREA DO TERMINAL
NOVA ROSEIRA - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.24

TERMINAL NOVA ROSEIRA - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.25

VISTA AÉREA DA MOAGEIRA
CARAMURU - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.26

TERMINAL DA CARAMURU - SÃO SIMÃO/GO

Figura B.27 **TERMINAL DA CARAMURU - SÃO SIMÃO**

Figura B.28 **TERMINAL DA CARAMURU, SILOS E ARMAZÉM**

Figura B.29 VISTA AÉREA DO TERMINAL TORQUE - ANHEMBI

Figura B.30 TERMINAL TORQUE - ANHEMBI

Figura B.31 VISTA AÉREA DO TERMINAL TORQUE - ANHEMBI

Figura B.32 VISTA AÉREA DO TERMINAL TORQUE - ANHEMBI

Figura B.33

MOEGA, PÓRTICO E ESTEIRA

Figura B.34

**CLAMSHELL, PÓRTICO E
ESTEIRA COM COBERTURA**

Figura B.35 **TERMINAL CESAR NETO - ANHEMBI**

Figura B.36
PULMÃO FERROVIÁRIO

Figura B.37

TOMBADOR DE DESCARGA

ANEXO C

Anexo C: MODELO DE SIMULAÇÃO

Apresenta-se neste anexo o modelo utilizado na simulação da operação do terminal intermodal de granéis.

C.1 O modelo lógico

Este modelo contempla os três modais: rodoviário, ferroviário e hidroviário. Tal terminal receberá carga proveniente da hidrovía e a expedirá pelos modais rodoviários e ferroviários. Não é previsto o movimento de carga como retorno.

Os fluxogramas apresentados nas Figuras 5.10 a 5.12 representam sistemicamente o funcionamento do terminal.

Todos os processos envolvidos neste modelo dependem basicamente da variável silo, da disponibilidade de carretas e vagões vinculadas a variável c_pátio e também da variável pulmão que garante a cadência do sistema.

A variável silo é definida por uma matriz $silo(i,j)$ em função do número de silos do terminal a ser definido. Esta matriz controla os *estados* do silo, como capacidade do silo, tipo do granel existente (no exemplo de aplicação o farelo é 1,2 e grão em natura é 1 e quando está vazio é 0), tempo de armazenagem do granel e volume instantâneo. O índice 1,2 atribuído à variável farelo, além de servir para diferenciá-la do grão in natura, agrega ainda em todos os processo de transbordo um tempo extra de 20% a mais, visto que na movimentação do farelo o rendimento dos equipamentos cai.

A variável $silo(i,j)$ pode ter silos com estados diferente, isto significa que quando o comboio acessar o terminal os estados dos diversos silos definidos pela matriz $silo(i,j)$ serão comparados até que as condições para o início de descarregamento sejam atendidas.

Com relação ao sistema de transbordo, é priorizado o transbordo direto para os modos rodo-ferroviário, de forma que somente na ausência de vagões ou carretas (variável $c_{\text{pátio}}=0$) no terminal o transbordo será direcionado para o silo.

Uma outra variável que tem a finalidade de garantir a cadência no transbordo é denominada pulmão. Ela representa um pulmão de expedição que propicia carregamento do vagão ou carreta, bem como mantém o carregamento mesmo ocorrendo paralisações, hipoteticamente previstas.

A variável pulmão, da mesma forma como os silos, também possui *estados*, sendo eles: a capacidade do pulmão, valor instantâneo do pulmão e tipo de granel que contém o pulmão. Em qualquer momento que se mude o tipo de granel no sistema de movimentação, esta variável será zerada, garantindo que os granéis não se misturem.

A seguir será discutido separadamente o grupo de rotinas bem como os módulos do ARENA utilizados no modelo, para facilitar o entendimento do funcionamento do modelo.

C.2 Rotinas do Modelo de Simulação em ARENA

C.2.1 Chegada dos comboios hidroviários

O sistema preliminarmente é constituído de um berço de atracação em que as embarcações ao chegarem ao terminal permanecem fundeadas até que se possa alocar o berço; isso ocorre na existência de chatas atracadas ou na inexistência de espaço nos silos e/ou falta de carretas e vagões nos pátios para o transbordo da carga das chatas. Senão ocorrer nenhuma destas situações o berço pode ser alocado.

Módulo *CREATE* (cria barcaças), neste modelo existem dois *create* que criam as barcaças segundo uma taxa de distribuição de chegadas definida no capítulo 5, a partir de uma demanda definida no capítulo 2. Um dos módulos (cria comboio de

farelo) cria os comboios de farelo e o outro cria (cria comboio de grão) os comboios de grão in natura, segundo uma divisão de carga obtida no Capítulo 2, Figura C.1.

Figura C.1 Cria entidade comboio e área de fundeio

A partir daí, cada entidade recebe de seus respectivos *assign* (atribui dados do comboio grãos) e atribui dados do comboio farelo) atributos do comboio como; prioridade 2 (será apresentada mais adiante), tipo de granel (que agrega o valor de correção para tempo de descarregamento em função do tipo de granel).

O *Hold* (segura comboio até que condição seja atendida) da Figura C.1 representa a fila ou região de fundeio deste subsistema que é regido pelo sistema FIFO (o primeiro que entra é o primeiro que sai), desde que as condições para acessar o berço sejam satisfeitas.

Contudo, constatou-se a possibilidade de que, quando houver mais de um comboio em fila e o sistema de armazenagem estiver com altos volumes de estoque, pode eventualmente ocorrer de não existir mais espaço para um determinado tipo de granel e por coincidência o primeiro comboio a ser atendido na fila FIFO seja deste tipo. Assim, que este comboio não pode ser atendido pela falta de espaço no silo. Pode existir um outro comboio em fila que possua o outro tipo de granel para o qual o sistema de armazenagem ainda apresenta disponibilidade para estoque e, então, deve-se alocar o berço para este comboio.

Deste modo, foi criada uma rotina de controle, Figura C.2, que consiste de um *create* (entidade controle fila) que cria uma entidade que acessa um primeiro *search* (busca cond. prioridade na fila p/ farelo) e verifica inicialmente: se o berço está vazio; se existe mais de um comboio em fila; se não há veículos (vagões e carretas); se não existe mais espaço para grão in natura no terminal; e se existe algum

tipo de comboio em fila com granel do tipo farelo. Verifica, também, se para o outro tipo de granel o sistema de armazém não está disponível e se para o granel do tipo farelo há espaço disponível nos silos para descarregar uma chata. Caso sejam atendidas todas estas condições o *search* localiza a entidade comboio na fila e envia um sinal para o módulo remove (atribui prioridade p/ entidade em fila) esta entidade da fila e na sequência o *assign* (263) atribui à entidade a prioridade 1, sendo quando anteriormente sua prioridade era 2. Isto faz com que este comboio ultrapasse os demais comboios em fila.

Por outro lado, caso não seja atendida esta condição, um segundo *search* (busca cond. prioridade na fila p/ grão) é acionado de forma similar, só que desta vez invertendo o tipo de granel. Por fim, caso nenhum desses módulos seja acionado a entidade controla fila é descartada no *dispose* (libera entidade de verificação).

Figura C.2 Controla fila em função da disponibilidade de determinado granel.

Ainda com relação ao módulo *Hold* (segura comboio granel até que a condição seja atendida), mostrado na Figura C.1, é verificado se o berço está disponível e se existe veículos nos pátios ou nas baias ou gares. Caso sejam atendidas estas condições, a chata é liberada para seu descarregamento, caso contrário é verificado da mesma forma se o berço está disponível e se existe espaço

mínimo suficiente na variável $\text{silos}(i,j)$ para a descarga desta chata, bem como se o tipo de granel é compatível com o estados de pelo menos um silo desta variável.

Atendidas estas condições a entidade comboio é duplicada no modulo *separate* (gera duas chatas) gerando assim duas chatas. Em seguida um *seize* (aloca berço) é acessado e em função do número de berços existentes no terminal que é representado pelo numero de recursos deste módulo, que inicialmente é admitido pois o número de berços é igual a 1 e uma chata deste comboio ainda permanecerá na área de fundeio representado pela fila deste módulo.

C.2.2 Controle descarga chata

Alocado o modulo *seize* (aloca berço), Figura C.3, na seqüência o *assign* (tipo g_berço) designa para variável $\text{g_berço}(i)$ (indica o tipo de grão que está no berço) o *estados* do tipo de granel e atribui a chata o valor de sua capacidade que é 1100 ton. Na seqüência o processo de amarração e movimentação da chata da área de fundeio para o berço é representado pelo módulo *route* (manobra chata berço) no qual a chata despende um certo tempo, acessando em seguida o módulo *Hold* (controla descarga barcaça), Figura C.4. Neste módulo a chata é liberada mediante verificações das condições admitidas se:

Figura C.3 - Fila comboio e processo de movimentação e amarração da chata.

- Chata atracada no berço: há carretas ou vagões no terminal para serem carregadas e espaço no pulmão? Se positivo, a entidade é liberada.

- Chata atracada no berço: não há vagões no pátio ferroviário e há carretas no pátio? Verifica então se o pulmão está cheio, se não estiver libera entidade chata, caso contrário verifica ainda se há espaço mínimo disponível em um dos silos com estoque compatível, caso afirmativo a chata é liberada.

Na sequência o *decide* (transbordo para o silo ou pulmão) Figura C.4 e C.5 direcionará o descarregamento da chata para a expedição rodo-ferroviário ou para os silos, verificando se há espaço no pulmão e granel chata compatível com o do pulmão, caso contrário o descarregamento será direcionado para os silos.

a) Transbordo para o pulmão de expedição

- Transbordo direto para o sistema rodo-ferroviário Figura C.4, novamente um *decide* é acessado para verificar se a capacidade da chata é maior que disponibilidade de espaço do pulmão, caso afirmativo o *assign* debita da chata o volume instantâneo do pulmão menos sua capacidade máxima, soma esta quantidade ao pulmão e atribui a chata um tempo de descarregamento em função desta quantidade movimentada e do tipo de granel. Caso a capacidade da chata seja menor que a disponibilidade do pulmão, a carga restante é adicionada a variável pulmão, o tempo de descarregamento relativo à esta carga movimentada é atribuído à chata e por fim o atributo chata é zerado, para que esta entidade possa deixar este recurso.

Figura C.4 - Processo de descarregamento hidroviário para pulmão.

b) Transbordo para sistema de armazenagem

- Transbordo para o silo, caso a entidade chata seja direcionada através do *decide* (transbordo direto ou silo) para as respectivas rotinas de transbordo direto, Figura C.5.

Esses módulos verificam diversas condições; - primeiramente são verificados quais dos silos que tem disponibilidade mínima de estoque e granel compatível. O primeiro silo que atender estas condições na matriz $\text{silo}(i,j)$ tem sua posição armazenada na variável pos_silo desta forma uma outra sub-rotina verificará se os demais silos ainda não comparados possuem mesma característica, porém volume de estoque maior, no entanto que ainda apresente disponibilidade de estoque. Se afirmativo a variável pos_silo recebe este novo valor (Esta rotina foi criada para na possibilidade de existirem diversos silos com mesmo granel se privilegiaria os silos que não tem maior volume de estoque).

Assim sendo, definido qual seria a unidade de armazenagem $\text{silo}(\text{pos_silo})$ é debitado da chata uma parcela constante que no caso da aplicação é de 100 ton e adiciona-se à unidade de armazenagem “ $\text{silo}(\text{pos_silo})$ ” 100 ton e atribuindo a entidade chata o tempo correspondente à 100 ton em função do tipo de granel.

Para ambos (transbordo silo ou transbordo pulmão) um *delay* (tempo de carregamento) retém a entidade em função volume de carga descarregado, taxa de movimentação do terminal definida pela variável taxa_move e o tipo do granel. Este processo se repete até que se finalize o descarregamento da chata, ou seja o atributo chata seja =0.

Figura C.5 - Processo de descarregamento hidroviário para sistema de armazenagem.

A chata libera o berço através do release e então é formado o comboio pelo *batch* (forma comboio), Figura C.6. No passo seguinte a entidade passa por um *route* (tempo de saída do comboio) que representa a saída do comboio do terminal e finalmente a entidade é liberada do sistema através do *Dispose* (elimina a entidade comboio).

Figura C.6 - Formação e saída do comboio.

C.3 Subsistema Rodoviário e Ferroviário

C.3.1 Divisão Modal

No subsistema rodoviário existe dois módulos *create* Figura C.7, sendo que um, *create* (cria caminhão) cria as carretas tipo semi-reboque e um outro *create* (cria rodo_trem) que cria carreta do tipo rodo-trens segundo a divisão modal e a distribuição de chegadas estabelecidas (Capítulo 5).

A entidades Rodo-trem e semi-reboque passam pelos seus respectivos módulos assign (atribui dados carreta pequena) e assign (atribui dados carreta grande), onde tanto a entidade rodo-trem e a semireboque recebem seus atributos de capacidade de carga (*capac_carga*) e tempo de manobra, Figura C.7.

Figura C.7 - Cria rodo-trem e carreta semi-reboque

Esses atributos são apresentados na sequência a fim de esclarecer melhor seus respectivos papéis:

- *capac_carga*, é a capacidade de carga que a entidade recebe, sendo que tanto a entidade carreta pequena quanto a carreta grande recebe o valor de 35, uma vez que mais adiante a entidade carreta grande é duplicada totalizando 70 ton.

- *tempo_manobra*, é o tempo que a carreta leva para ir da do terminal até o pátio intermediário, e com relação à composição é o tempo de início de entrada no terminal até a ocupação da linha de carregamento.

Em se tratando do subsistema ferroviário o *create* (cria trem) Figura C.8, cria a entidade trem. Cada entidade recebe no módulo *assign* (atribui dados vagões), os atributos *capac_carga* e *tempo_manobra*, assim como no sistema rodoviário.

Figura C.8.Cria composição ferroviária

C.3.2 Lógica das atividades de manobra e estacionamento.

a) Subsistema rodoviário

Depois de criada a entidade e ter seus atributos iniciais um decide que representa a entrada do terminal verificará se não existe veículos no pátio rodoviário, se o pátio intermediário está disponível. Caso esta condição seja atendida a entidade (carreta semi-reboque ou rodo-trem) vai direto para a linha de carregamento passando inicialmente por um *route* (rota direto) que retém a entidade por um tempo atribuído anteriormente, que representa o deslocamento da carreta até o pulmão de expedição ou pátio intermediário.

Caso a condição deste decide não seja verdadeira a carreta vai para o pátio de estacionamento passando por um *route* (rota pátio) que também retém a entidade pelo tempo do deslocamento da carreta da entrada do terminal até o pátio rodoviário.

Adicionalmente para ambos os casos um contador é acionado para indicar que existem carretas nos pátios para as rotinas do subsistema hidroviário.

Deve-se mencionar que uma vez que a variável *c_pátio* é maior que zero o modelo prioriza o transbordo direto, entretanto, caso haja somente carretas no terminal é efetuado o transbordo direto para o modal rodoviário até que o pulmão esteja cheio e no instante seguinte o transbordo é redirecionado para os silos, pois a taxa de expedição rodoviária é menor que a taxa de transbordo o que acarretaria em um maior tempo de permanência do comboio no sistema.

Uma vez que esta entidade (carreta) está no pátio de estacionamento o módulo *Hold* (fila pátio) controlará esta entidade e para que ela seja liberada o pátio intermediário definido pela fila formada no *seize* (aloca baia) Figura C.9, deve ser menor que a capacidade atribuída para este pátio (que no caso da simulação é 1 com definido no capítulo 5) e o pulmão deve ser maior que zero ou então existir no mínimo um silo com granel. Se atendida esta condição a entidade é liberada passando por um *route* (deslocando a entidade do pátio de estacionamento até o pulmão de expedição e em seguida caso a entidade seja do tipo *rodo_trem* ela é duplicada no *separate* (*rodo_trem*) acessando em seguida o módulo *seize* (aloca baia).

Figura C.9 - Lógica do pátio rodoviário

b) Subsistema ferroviário

No subsistema ferroviário o processo é semelhante ao rodoviário diferindo basicamente, nos seguintes aspectos:

Quando da entrada no terminal será verificado se existe alguma composição na linha de carregamento, caso não haja, esta composição despende o tempo relativo a entrada do terminal até o pulmão de expedição ferroviário *route* (rota direto trem), caso exista, a composição se desloca para a linha concorrente tempo este representado por um *route* (caminha pátio), Figura C.10. Da mesma forma que no subsistema rodoviário um *Hold* (fila pátio trem) controlará esta entidade que somente será liberada quando a composição que existe na linha de carregamento liberá-la.

Em ambos os casos a entidade será duplicada no modulo *separate* (número vagões) em n vagões conforme definido no capítulo 5.

Figura C.10 - Lógica do pátio ferroviário

C.3.3 Sistema de carregamento rodo-ferroviário

O sistema de carregamento rodo-ferroviário consiste em um pulmão de expedição rodoviário e um de expedição ferroviário, o qual são compostos de bicas de descarregamento.

A adequada taxa de carregamento refletirá na capacidade do pulmão, respectivas capacidade de vazão das bicas bem como na, quantidade de gares ou baias.

No módulo *seize* (aloca gare) Figura C.11 e C.12, para o estágio final do trabalho são variados o número de recursos (gares) que serão alocados levando em consideração as taxas de carregamento.

a) Subsistema rodoviário

Neste subsistema acessado o modulo *seize* (aloca baia) o sistema de carregamento está alocado. Uma ou mais entidades carretas poderão acessar este recurso em função do número de baias estabelecidas inicialmente tem-se uma baia.

Na seqüência um *Hold* (controla carregamento rodo) faz o controle desta entidade para manter a integridade da lógica uma vez que durante o processo de carregamento diversas situações podem ocorrer. Este módulo para liberar a entidade verifica se:

- pulmão tem capacidade maior que o veículo;
- não existe chata no berço nem na área de fundeio, mas existe granel nos silos;
- pulmão maior que zero e granel pulmão diferente do granel da chata alocada no berço, (pois o pulmão deve ser zerado para que receba outro granel);
- Pulmão maior que zero e granel do pulmão diferente do granel silo (i,j).

Atendida uma destas condições a carreta é liberada, o conjunto de rotinas estabelecidas pelos *decide* e *assign* da Figura C.11, compõe as tarefas de carregamento e as hipóteses admitidas, inicialmente é verificado no *decide* (transbordo direto ou silos) de forma a encaminhar para os devidos *assign* se:

- se não houver chata no sistema, a rotina elaborada procurará o silo que tenha mesmo tipo de granel do pulmão e se caso existir mais de um silo com o mesmo tipo de granel do pulmão se dará prioridade para o silo que tiver mais tempo de estoque, ou então ainda, se o pulmão estiver vazio o silo acionado para transbordo será o que dentre todos tenha mais tempo de estoque. Deste modo a carreta é carregada e segue viagem.

Quando do atendimento de uma destas condições nos *assign* existente nesta seqüência lógica, a variável pulmão é debitada pela capacidade da carreta. No caso do transbordo direto a variável pulmão é incrementada pela rotina de descarregamento da chata já descrita, já no caso da movimentação do silo para o pulmão o débito ocorre na variável silo(pos_silo) selecionada em função das condições mencionadas.

Na seqüência a entidade semi-reboque ou rodo-trem segue para um *delay* (tempo de carregamento rodo) que simula o tempo da carga que foi carregada na carreta em função do tipo de granel, taxa de movimentação e o tempo de movimentação e pesagem da carreta.

No *assign* seguinte é subtraído da variável c_pátio uma unidade, e então a entidade é libera a baia pelo *release* (libera entidade veículo).

b) subsistema ferroviário

Neste subsistema acessado o modulo *seize* (aloca gare) o sistema de carregamento está alocado. Uma ou mais entidades vagões poderão acessar este recurso em função do número de gares estabelecidas, inicialmente tem-se 2 gares.

Na seqüência um *Hold* (controla descarregamento ferro) faz o controle desta entidade para manter a integridade da lógica uma vez que durante o processo de carregamento diversas situações podem ocorrer. Este módulo para liberar a entidade verifica se:

- não existe chata no berço nem na área de fundeio e existe granel nos silo;

- não existe chata no berço nem na área de fundeio, se existe granel nos silos, se o granel do pulmão difere do granel existente nos silos, se forem atendidas estas condições, verifica ainda se a soma dos granéis existente nos silos mais o pulmão é maior que a quantidade de vagões na linha de carregamento;
- pulmão tem capacidade maior que o vagão ou pulmão tem granel no entanto este granel difere do granel da chata atracada no cais.

Atendida uma destas condições o vagão é liberado, e o conjunto de rotinas representada pelos módulos apresentados na Figura C.12, compõe as tarefas de carregamento e as hipóteses admitidas, é verificado então no *decide* (transbordo ferro direto ou silos) se forma a encaminhar para os devidos *assign* se:

Figura C.12 Processo de expedição do subsistema ferroviário

- se há chatas carregadas no terminal e pulmão maior capacidade de carga. Caso esta condição seja atendida o vagão é carregado e segue viagem;

- se o granel do pulmão difere do granel alocado no berço e se a quantidade de carga existente no pulmão é menor que a capacidade de carga do vagão, verifica também se há algum silo com mesmo tipo de granel existente no pulmão, se houver é ainda comparado dentre eles ainda qual é o silo que possui mais tempo de estoque. Se estas ultimas condições forem verdadeiras o silo que possui mesmo tipo de carga com mais tempo de estoque será acionado para completar a carga deste vagão. Caso esta última condição não seja verdadeira, é apurado se a soma de carga de todos os silos mais o pulmão é maior que a capacidade dos vagões da composição que ainda não foram carregados ou então é o ultimo vagão a ser carregado, se esta condição se confirmar o vagão recebe a carga restante do pulmão zerando esta variável, liberando a gare e o pulmão para receber outro tipo de granel.

- se não houver chata no sistema, a rotina elaborada procurará um silo que tenha mesmo tipo de granel do pulmão e se caso existir mais de um silo com o mesmo tipo de granel do pulmão é dada maior prioridade para o silo que tiver mais tempo de estoque, ou então ainda se o pulmão estiver vazio o silo acionado para transbordo será o que dentre todos tenha mais tempo de estoque. Deste modo o vagão ou vagões são carregados e a gare é liberada, através do *reliase* (libera gare) para os próximos vagões.

É importante salientar que caso o carregamento das entidades (vagões) estejam sendo feitas pelo silo, no instante em que uma nova chata acessar o terminal o débito da carga é direcionado para o pulmão até que a chata seja atracada e então inicia-se novamente o transbordo direto do modal hidroviário.

Quando do atendimento de uma destas condições nos *assign* existente neste bloco de módulos a variável pulmão é debitada pela capacidade de carga do vagão. No caso do transbordo direto a variável pulmão é incrementada pela rotina de descarregamento da chata já descrita, já no caso da movimentação do silo para o pulmão, o débito ocorre na variável *silo(pos_silo)* que armazena a posição do silo que atender as condições admitidas anteriormente.

Na sequência a entidade semi-reboque ou rodo-trem segue para um *process* (tempo de carregamento ferro) que simula o tempo de carregamento em função do tipo de granel, taxa de movimentação, além do tempo de movimentação dos vagões na gare.

No assign seguinte é subtraído da variável *c_pátio* uma unidade. E a entidade posteriormente libera o recurso gare através do *release* (libera gare).

C.3.4 Saída das entidades, carretas pequenas, carretas grandes e vagões.

a) Egresso setor rodoviário

Em seguida as entidades acessam o *decide* (separa entidades) Figura C.13. Tais entidades são separadas segundo o tipo de entidade (carreta pequena, carreta grande) e em seguida o rodo-trem é agrupado no *batch* (uni entidade rodo-trem). Na sequência o semi-reboque passa pelo *route* (rota saída) que simula o tempo de egresso do semi-reboque, já o rodo-trem passa por um *route* (rota saída rodo) e assim ambas entidades deixam o sistema.

Figura C.13 - Egresso do setor rodoviário

b) Egresso setor ferroviário

No caso da composição as entidades que representam os vagões são agrupados no *batch* (forma composição), Figura C.14 e depois de agrupados a entidade passa por um *route* (rota saída composição) que simula o tempo de egresso da composição do terminal deixando o sistema através do *dispose* (saída composição férrea).

Figura C.14 Egresso do setor ferroviário

C.3.5 Lógica de mudanças das taxa de chegada dos modais em função dos meses.

Foi criada uma rotina de blocos Figura C.15, para controlar a mudança das taxas de chegadas dos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, a variável definida pela variável taxa (i,j) que possui os valores de taxa de chegada para todos os meses e todos os modais, porém separadas em colunas para diferenciar os modais.

Esta rotina é um loop limitado por um *decide* (decide 37) que representa o número de meses estimados para este estudo. Desta forma cada vez que um ciclo (loop) é completo muda-se uma posição na linha da variável mes que representa a mudança de mês os diversos assign seguintes mudam a posição da coluna da variável taxa(mes,coluna_mes) que representam a taxa para determinado mês de cada modal e assim as variáveis mensal_rodos(mes), mensal_rodos_t(mes), mensal_ferro(mes), mensal_chata(mes) e mensal_chata_f(mes) recebem suas taxas para os respectivos meses, em seguida a entidade passa por um *delay* (dias do mês) e retém esta variável

até que o mês tenha acabado, iniciando todo o ciclo até que todos os meses da variável *mes_referencia(i)* tenham sido acessados e assim a entidade criada é eliminada pelo *dispose*, ou seja tem-se o fim da simulação.

Os *creaties*; *create*(cria comboio de farelo); (cria comboio de grão); (cria rodo-trem); (cria caminhão) e (cria trem), criam as suas entidades segundo as taxas designadas para as variáveis *mensal_chata_f*, *mensal_chata*, *mensal_ferro*, *mensal_rodo* e *mensal_rodo_t* respectivamente em função dos meses.

Adicionalmente existe ainda uma outra variável (*dias_mes*) que recebe o numero de dias para cada respectivo mês da variável *mes_referencia(i)*, uma vez que cada mês possui um número diferente de dias em relação ao mês anterior.

Figura C.15 Lógica de mudança de taxas dos subsistemas (mês a mês).

C.3.6 A Animação do Modelo de Simulação

A Figura C.16 representa sistemicamente o funcionamento do terminal, onde pode-se verificar nitidamente o setor hidroviário representado pelo cais e região de fundeio, o setor ferroviário e representado pela linha ferroviária e o pulmão de expedição, o setor rodoviário é representado pelo pátio rodoviário e o pulmão de expedição rodoviário. Já o setor de armazenagem é esquematizado pelos módulos de animação do arena que representam os níveis dos diversos silos.

Figura C.16 - Animação do modelo

Adicionalmente as Figuras C.17 e C.18 auxiliam na verificação dos resultados de interesse durante o processo de animação, sendo a Figura C.17 apresenta os valores quantitativos do sistema de armazenagem e a Figura C.18 apresenta valores quantitativos dos modais.

	número em fila	fila mínima	fila média	fila máxima	tempo mínimo em fila	tempo médio em fila	tempo máximo em fila	tempo no terminal
Carretas	0		0 . 0 0	0		0 . 0 0	0	0 . 0
Composições	0		0 . 0 0	0		0 . 0 0	0	0 . 0
Combis os	0		0 . 0 0	0		0 . 0 0	1	0 . 0

Figura C.17 Valores quantitativos dos modais

	Valor instantânea	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	tipo granel
Pulmão	0	0	0	0	0
Silo1	0	0	0	0	0
Silo2	0	0	0	0	0
Silo3	0	0	0	0	0
Silo4	0	0	0	0	0
Silo5	0	0	0	0	0
Granel Recepção	.	Granel Expedição	.	Tipo granel berço	0
					0

Figura C.18 Valores quantitativos do setor de armazenagem

ANEXO D

Neste Anexo são apresentadas as Tabelas com as variações da taxa efetiva de atratividade e o coeficiente efetivo de espera α .

ANEXO D.2 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 10% - 2010

Alternativa (2010)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	CE 1,2					CE 1					CE 0,7					CE 0,5				
			Tarifa Terminal	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total			
1	38.853	352	1,54	0,99	1,54	0,82	4,88	0,83	1,28	0,88	4,33	0,58	0,90	0,48	3,49	0,41	0,84	0,34	2,93			
2	38.853	416	1,57	0,80	1,31	0,83	4,32	0,87	1,09	0,53	3,87	0,47	0,77	0,37	3,18	0,34	0,55	0,28	2,72			
3	38.853	480	1,72	0,70	1,17	0,82	4,20	0,58	0,97	0,52	3,78	0,41	0,88	0,38	3,13	0,29	0,49	0,28	2,75			
4	38.853	512	1,71	0,84	1,10	0,81	4,03	0,53	0,92	0,51	3,67	0,37	0,84	0,38	3,08	0,27	0,48	0,28	2,69			
5	38.853	576	1,73	0,57	1,00	0,82	3,92	0,47	0,84	0,52	3,55	0,33	0,59	0,36	3,00	0,24	0,42	0,26	2,64			
6	38.853	640	1,82	0,52	0,93	0,83	3,91	0,44	0,78	0,53	3,56	0,31	0,54	0,37	3,04	0,22	0,39	0,26	2,69			
7	47.461	352	1,59	1,00	1,53	0,89	4,81	0,83	1,27	0,57	4,27	0,58	0,89	0,40	3,47	0,42	0,84	0,29	2,93			
8	47.461	416	1,63	0,81	1,31	0,84	4,39	0,87	1,10	0,54	3,93	0,47	0,77	0,38	3,24	0,34	0,55	0,27	2,78			
9	47.461	480	1,85	0,71	1,16	0,51	4,04	0,59	0,97	0,43	3,64	0,41	0,88	0,30	3,05	0,30	0,48	0,21	2,85			
10	47.461	512	1,76	0,63	1,10	0,51	4,01	0,53	0,92	0,43	3,63	0,37	0,84	0,30	3,07	0,26	0,46	0,21	2,69			
11	47.461	576	1,79	0,57	1,01	0,51	3,88	0,47	0,84	0,43	3,53	0,33	0,59	0,30	3,01	0,24	0,42	0,21	2,88			
12	47.461	640	1,87	0,52	0,93	0,42	3,74	0,43	0,77	0,35	3,43	0,30	0,54	0,25	2,93	0,22	0,39	0,18	2,85			
13	53.000	352	1,65	1,00	1,53	0,71	4,90	0,84	1,28	0,59	4,35	0,59	0,89	0,41	3,54	0,42	0,84	0,30	3,00			
14	53.000	416	1,69	0,79	1,31	0,53	4,33	0,83	1,09	0,47	3,91	0,48	0,77	0,33	3,25	0,33	0,55	0,23	2,80			
15	56.000	480	1,72	0,70	1,17	0,46	4,04	0,58	0,97	0,38	3,65	0,41	0,68	0,27	3,07	0,29	0,49	0,19	2,68			
16	53.000	512	1,83	0,65	1,11	0,45	4,04	0,54	0,92	0,38	3,67	0,38	0,84	0,26	3,12	0,27	0,48	0,19	2,75			
17	53.000	576	1,85	0,57	1,01	0,44	3,87	0,48	0,84	0,37	3,54	0,33	0,59	0,26	3,03	0,24	0,42	0,18	2,70			
18	53.000	640	1,94	0,52	0,93	0,33	3,75	0,44	0,78	0,30	3,45	0,31	0,54	0,21	2,99	0,22	0,39		2,69			

ANEXO D.3 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 10% - 2015

Atividade Construtiva	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	Tarifa Tomada	Custo Espora Carreta		Custo Espora Trem		Custo Espora Combio		Total		Custo Espora Carreta		Custo Espora Trem		Custo Espora Combio		Total		Custo Espora Combio	
				R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t
1	50.431	352/352/352	1,32	1,39	10,34	6,84	19,89	1,16	8,92	5,70	16,79	0,81	6,03	3,99	12,15	0,58	4,31	2,85	9,05		
2	50.431	413/413/413	1,35	0,92	1,41	1,11	4,80	0,77	1,18	0,93	4,22	0,54	0,82	0,65	3,36	0,38	0,59	0,46	2,78		
3	50.431	480/480/480	1,37	0,75	1,18	0,72	4,02	0,62	0,99	0,60	3,58	0,43	0,69	0,42	2,92	0,31	0,49	0,30	2,47		
4	50.431	413/413/512	1,45	0,68	1,12	0,94	3,90	0,57	0,93	0,54	3,49	0,40	0,65	0,38	2,88	0,28	0,43	0,27	2,47		
5	50.431	480/480/573	1,47	0,61	1,01	0,93	3,34	0,50	0,84	0,46	3,28	0,35	0,59	0,32	2,74	0,25	0,42	0,23	2,38		
6	50.431	480/480/640	1,53	0,56	0,94	0,51	3,55	0,47	0,78	0,43	3,21	0,33	0,55	0,30	2,71	0,24	0,39	0,21	2,37		
7	55.000	352/352/352	1,34	1,28	10,35	6,55	19,52	1,07	8,53	5,54	16,58	0,75	5,04	3,88	12,01	0,53	4,31	2,77	8,96		
8	55.000	413/413/413	1,37	0,91	1,42	1,10	4,81	0,76	1,19	0,92	4,23	0,53	0,83	0,64	3,38	0,38	0,59	0,46	2,80		
9	55.000	480/480/480	1,40	0,76	1,19	0,90	3,95	0,63	0,99	0,50	3,53	0,44	0,69	0,35	2,89	0,32	0,50	0,25	2,46		
10	55.000	413/413/512	1,48	0,70	1,12	0,92	3,82	0,59	0,93	0,43	3,43	0,41	0,65	0,30	2,84	0,29	0,47	0,22	2,45		
11	55.000	480/480/573	1,61	0,61	1,01	0,90	3,74	0,51	0,85	0,42	3,38	0,35	0,59	0,29	2,85	0,25	0,42	0,21	2,50		
12	55.000	480/480/640	1,56	0,56	0,94	0,39	3,44	0,46	0,78	0,32	3,12	0,32	0,55	0,23	2,65	0,23	0,39	0,16	2,34		
13	52.000	352/352/352	1,37	1,28	10,35	6,55	19,53	1,07	8,53	5,54	16,51	0,75	5,04	3,88	12,04	0,53	4,31	2,77	8,99		
14	52.000	413/413/413	1,41	0,90	1,42	1,08	4,81	0,75	1,19	0,90	4,25	0,53	0,83	0,63	3,39	0,38	0,59	0,45	2,83		
15	52.000	480/480/480	1,43	0,76	1,19	0,93	3,90	0,63	0,99	0,44	3,49	0,44	0,69	0,31	2,87	0,32	0,49	0,22	2,46		
16	52.000	413/413/512	1,51	0,69	1,12	0,46	3,60	0,58	0,93	0,40	3,42	0,40	0,65	0,28	2,85	0,28	0,47	0,20	2,47		
17	52.000	480/480/573	1,53	0,61	1,02	0,42	3,58	0,51	0,85	0,35	3,24	0,36	0,59	0,25	2,73	0,26	0,42	0,18	2,39		
18	52.000	480/480/640	1,60	0,57	0,94	0,37	3,48	0,47	0,78	0,31	3,16	0,33	0,55	0,22	2,70	0,24	0,39	0,15	2,38		

ANEXO D.4 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 12% - 2005

Situação (2000)	Capacidade de armazenamento (bar)	Variação ativa bar/h	$\Omega = 1,2$				$\Omega = 1$				$\Omega = 0,7$				$\Omega = 0,5$			
			Taxa efetiva (bar/h)	Custo Espera Canadá	Custo Espera Itália	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão	Custo Espera Carbão
			RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t
1	32.646	256	1,69	1,55	2,17	1,53	6,94	1,29	1,80	1,28	6,07	0,90	1,26	0,89	4,76	0,65	0,90	0,64
2	32.646	320	1,77	1,08	1,63	0,94	5,43	0,90	1,36	0,78	4,82	0,63	0,95	0,55	3,91	0,45	0,68	0,39
3	32.646	352	1,89	0,95	1,50	0,96	5,31	0,79	1,25	0,80	4,74	0,55	0,88	0,56	3,88	0,40	0,63	0,40
4	32.646	416	1,87	0,79	1,31	0,89	4,95	0,66	1,09	0,74	4,45	0,46	0,76	0,52	3,71	0,33	0,56	0,37
5	32.646	480	2,00	0,68	1,13	0,71	4,54	0,56	0,96	0,59	4,12	0,39	0,67	0,41	3,49	0,28	0,48	0,29
6	32.646	512	2,14	0,64	1,10	0,69	4,57	0,53	0,91	0,57	4,16	0,37	0,64	0,40	3,53	0,27	0,46	0,29
7	38.923	256	1,74	1,55	2,17	1,56	7,01	1,29	1,80	1,30	6,14	0,90	1,26	0,91	4,82	0,65	0,90	0,65
8	38.923	320	1,83	1,08	1,63	0,72	5,26	0,90	1,36	0,60	4,68	0,63	0,95	0,42	3,83	0,45	0,68	0,30
9	38.923	352	1,95	0,93	1,51	0,73	5,12	0,78	1,26	0,61	4,59	0,54	0,88	0,43	3,79	0,39	0,63	0,30
10	38.923	416	2,02	0,80	1,31	0,60	4,73	0,67	1,09	0,50	4,26	0,47	0,77	0,35	3,60	0,33	0,55	0,25
11	38.923	480	2,06	0,68	1,13	0,49	4,38	0,57	0,97	0,41	3,93	0,40	0,68	0,29	3,41	0,26	0,48	0,20
12	38.923	512	2,19	0,64	1,10	0,43	4,37	0,54	0,91	0,36	4,00	0,37	0,64	0,25	3,46	0,27	0,46	0,18
13	44.600	256	1,80	1,55	2,13	1,49	7,00	1,30	1,80	1,24	6,13	0,91	1,26	0,87	4,83	0,65	0,90	0,62
14	44.600	320	1,86	1,05	1,64	0,70	5,27	0,86	1,36	0,58	4,71	0,61	0,96	0,41	3,86	0,44	0,68	0,29
15	44.600	352	2,00	0,94	1,51	0,63	5,08	0,76	1,26	0,53	4,57	0,55	0,88	0,37	3,60	0,39	0,63	0,26
16	44.600	416	2,08	0,80	1,31	0,53	4,72	0,67	1,09	0,44	4,26	0,47	0,76	0,31	3,62	0,33	0,55	0,22
17	44.600	480	2,12	0,68	1,13	0,47	4,43	0,57	0,97	0,39	4,04	0,40	0,68	0,28	3,46	0,28	0,48	0,20
18	44.600	512	2,25	0,64	1,10	0,43	4,43	0,54	0,92	0,36	4,06	0,38	0,64	0,25	3,52	0,27	0,46	0,18

ANEXO D.5 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 12% - 2010

Alternativa (Milh)	Capacidade Armazenagem (ton)	Grau de Multicarregamento efetivo (ton)	CE 1,2						CE 1						CE 0,7						CE 0,5					
			Tarifa unitária		Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item	Custo Espera Carga	Custo Espera Item						
			RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t	RS/t						
1	38.853	352	1,65	0,99	1,54	0,82	5,00	0,83	1,28	0,68	4,44	0,58	0,90	0,48	3,61	0,41	0,64	0,34	3,05							
2	38.853	416	1,70	0,80	1,31	0,63	4,45	0,67	1,09	0,53	3,99	0,47	0,77	0,37	3,30	0,34	0,55	0,28	2,84							
3	38.853	480	1,72	0,70	1,17	0,62	4,20	0,58	0,97	0,52	3,78	0,41	0,68	0,36	3,18	0,29	0,49	0,26	2,75							
4	38.853	512	1,84	0,64	1,10	0,61	4,19	0,53	0,92	0,51	3,80	0,37	0,64	0,36	3,21	0,27	0,48	0,26	2,82							
5	38.853	576	1,86	0,57	1,00	0,62	4,06	0,47	0,84	0,52	3,69	0,33	0,59	0,36	3,14	0,24	0,42	0,26	2,78							
6	38.853	640	1,96	0,52	0,93	0,63	4,05	0,44	0,78	0,53	3,70	0,31	0,54	0,37	3,18	0,22	0,39	0,26	2,83							
7	47.461	352	1,72	1,00	1,53	0,69	4,94	0,83	1,27	0,57	4,40	0,58	0,89	0,40	3,59	0,42	0,64	0,29	3,06							
8	47.461	416	1,76	0,81	1,31	0,64	4,52	0,67	1,10	0,54	4,06	0,47	0,77	0,38	3,37	0,34	0,55	0,27	2,91							
9	47.461	480	1,79	0,71	1,16	0,51	4,17	0,59	0,97	0,43	3,78	0,41	0,68	0,30	3,18	0,30	0,48	0,21	2,78							
10	47.461	512	1,90	0,63	1,10	0,51	4,14	0,53	0,92	0,43	3,77	0,37	0,64	0,30	3,21	0,26	0,48	0,21	2,83							
11	47.461	576	1,93	0,57	1,01	0,51	4,02	0,47	0,84	0,43	3,67	0,33	0,59	0,30	3,15	0,24	0,42	0,21	2,80							
12	47.461	640	2,02	0,52	0,93	0,42	3,89	0,43	0,77	0,35	3,58	0,30	0,54	0,25	3,11	0,22	0,39	0,18	2,80							
13	56.000	352	1,79	1,00	1,53	0,71	5,03	0,84	1,28	0,59	4,49	0,59	0,89	0,41	3,68	0,42	0,64	0,30	3,14							
14	56.000	416	1,83	0,79	1,31	0,58	4,50	0,68	1,09	0,47	4,05	0,48	0,77	0,33	3,39	0,33	0,55	0,23	2,94							
15	56.000	480	1,86	0,70	1,17	0,48	4,18	0,58	0,97	0,38	3,79	0,41	0,68	0,27	3,21	0,29	0,49	0,19	2,83							
16	56.000	512	1,98	0,65	1,11	0,45	4,19	0,54	0,92	0,38	3,82	0,38	0,64	0,26	3,27	0,27	0,48	0,19	2,90							
17	56.000	576	2,01	0,57	1,01	0,44	4,03	0,48	0,84	0,37	3,69	0,33	0,59	0,26	3,18	0,24	0,42	0,18	2,85							
18	56.000	640	2,09	0,52	0,93	0,36	3,91	0,44	0,78	0,30	3,60	0,31	0,54	0,21	3,15	0,22	0,39	0,15	2,85							

ANEXO D.6 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 12% - 2015

Alternativa Custo: 2120,75	Capacidade e Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	R\$ 1,2				R\$ 1				R\$ 0,7				R\$ 0,5			
			Tarifa Tomim al		Custo Espera Trem		Custo Espera Combolo		Custo Espera Carreta		Custo Espera Trem		Custo Espera Combolo		Custo Espera Carreta		Custo Espera Trem	
			R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t
1	50.451	352/352/352	1,42	1,39	10,34	5,84	19,99	1,15	8,52	5,70	15,89	0,81	5,03	3,99	12,25	0,58	4,31	2,85
2	50.451	415/415/415	1,45	0,92	1,41	1,11	4,90	0,77	1,18	0,93	4,32	0,54	0,82	0,65	3,46	0,38	0,59	0,46
3	50.481	480/480/480	1,48	0,75	1,18	0,72	4,12	0,82	0,99	0,60	3,68	0,43	0,69	0,42	3,02	0,31	0,49	0,30
4	50.481	415/415/512	1,56	0,68	1,12	0,64	4,01	0,57	0,93	0,54	3,60	0,40	0,65	0,38	2,99	0,28	0,46	0,27
5	50.451	480/480/575	1,58	0,51	1,01	0,56	3,75	0,50	0,84	0,46	3,39	0,35	0,59	0,32	2,85	0,25	0,42	0,23
6	50.451	480/480/640	1,55	0,53	0,94	0,51	3,66	0,47	0,78	0,43	3,33	0,33	0,55	0,30	2,82	0,24	0,39	0,21
7	56.000	352/352/352	1,45	1,28	10,35	6,65	19,73	1,07	8,63	5,54	18,68	0,75	6,04	3,88	12,11	0,53	4,31	2,77
8	56.000	415/415/415	1,48	0,91	1,42	1,10	4,91	0,75	1,19	0,92	4,34	0,53	0,83	0,64	3,48	0,38	0,59	0,46
9	56.000	480/480/480	1,51	0,73	1,19	0,90	4,06	0,63	0,99	0,50	3,63	0,44	0,69	0,35	3,00	0,32	0,50	0,25
10	56.000	415/415/512	1,59	0,70	1,12	0,62	3,93	0,59	0,93	0,43	3,54	0,41	0,65	0,30	2,96	0,29	0,47	0,22
11	56.000	480/480/575	1,61	0,61	1,01	0,50	3,74	0,51	0,85	0,42	3,38	0,35	0,59	0,29	2,85	0,25	0,42	0,21
12	56.000	480/480/640	1,68	0,53	0,94	0,39	3,66	0,43	0,78	0,32	3,25	0,32	0,55	0,23	2,78	0,23	0,39	0,16
13	62.000	352/352/352	1,48	1,28	10,35	6,65	19,73	1,07	8,63	5,54	18,72	0,75	6,04	3,88	12,15	0,53	4,31	2,77
14	62.000	415/415/415	1,52	0,90	1,42	1,08	4,93	0,75	1,19	0,90	4,36	0,53	0,83	0,63	3,51	0,38	0,59	0,45
15	62.000	480/480/480	1,55	0,75	1,19	0,53	4,02	0,63	0,99	0,44	3,61	0,44	0,69	0,31	2,99	0,32	0,49	0,22
16	62.000	415/415/512	1,63	0,69	1,12	0,46	3,92	0,58	0,93	0,40	3,54	0,40	0,65	0,28	2,97	0,29	0,47	0,20
17	62.000	480/480/575	1,65	0,61	1,02	0,42	3,70	0,51	0,85	0,36	3,36	0,36	0,59	0,25	2,85	0,26	0,42	0,18
18	62.000	480/480/640	1,73	0,57	0,94	0,37	3,60	0,47	0,78	0,31	3,29	0,33	0,55	0,22	2,82	0,24	0,39	0,15

ANEXO D.7 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 15% - 2005

Alternativa (2005)	Capacidade Armazenagem (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	R\$ 1,2					R\$ 1					R\$ 0,7					R\$ 0,5				
			Tarifa Terminal	Custo Espera Carrata	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carrata	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carrata	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carrata	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total			
			R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t		
1	32.646		1,89	1,55	2,17	1,53	7,13	1,29	1,80	1,28	5,26	0,90	1,25	0,89	4,95	0,55	0,90	0,54	4,07			
2	32.646	320	1,96	1,08	1,53	0,94	5,53	0,90	1,36	0,78	5,02	0,63	0,95	0,55	4,11	0,45	0,58	0,39	3,50			
3	32.646	352	2,10	0,95	1,50	0,93	5,52	0,79	1,25	0,80	4,95	0,55	0,88	0,53	4,09	0,40	0,53	0,40	3,53			
4	32.646	416	2,19	0,79	1,31	0,89	5,17	0,63	1,09	0,74	4,67	0,46	0,76	0,52	3,93	0,33	0,55	0,37	3,43			
5	32.646	480	2,23	0,68	1,13	0,71	4,77	0,53	0,96	0,59	4,35	0,39	0,57	0,41	3,71	0,28	0,48	0,29	3,29			
6	32.646	512	2,36	0,64	1,10	0,69	4,80	0,53	0,91	0,57	4,40	0,37	0,54	0,40	3,79	0,27	0,46	0,29	3,39			
7	38.923	256	1,95	1,55	2,17	1,56	7,22	1,29	1,80	1,30	6,34	0,90	1,26	0,91	5,02	0,65	0,90	0,65	4,14			
8	38.923	320	2,04	1,08	1,53	0,72	5,47	0,90	1,36	0,50	4,90	0,63	0,95	0,42	4,04	0,45	0,58	0,30	3,47			
9	38.923	352	2,16	0,93	1,51	0,73	5,33	0,78	1,26	0,51	4,81	0,54	0,88	0,43	4,01	0,39	0,53	0,30	3,49			
10	38.923	416	2,25	0,80	1,31	0,60	4,96	0,67	1,09	0,50	4,51	0,47	0,77	0,35	3,83	0,33	0,55	0,25	3,38			
11	38.923	480	2,29	0,68	1,16	0,49	4,62	0,57	0,97	0,41	4,23	0,40	0,68	0,29	3,65	0,28	0,48	0,20	3,26			
12	38.923	512	2,44	0,64	1,10	0,43	4,51	0,54	0,91	0,36	4,25	0,37	0,54	0,25	3,71	0,27	0,46	0,18	3,34			
13	44.600	256	2,01	1,55	2,16	1,49	7,21	1,30	1,80	1,24	6,35	0,91	1,26	0,87	5,05	0,65	0,90	0,62	4,18			
14	44.600	320	2,10	1,05	1,54	0,70	5,49	0,88	1,36	0,58	4,93	0,61	0,96	0,41	4,08	0,44	0,58	0,29	3,52			
15	44.600	352	2,23	0,94	1,51	0,53	5,31	0,78	1,26	0,53	4,80	0,55	0,88	0,37	4,03	0,39	0,53	0,26	3,51			
16	44.600	416	2,32	0,80	1,31	0,53	4,97	0,67	1,09	0,44	4,53	0,47	0,76	0,31	3,86	0,33	0,55	0,22	3,42			
17	44.600	480	2,36	0,68	1,16	0,47	4,68	0,57	0,97	0,39	4,29	0,40	0,68	0,28	3,71	0,28	0,48	0,20	3,33			
18	44.600	512	2,51	0,64	1,10	0,43	4,68	0,54	0,92	0,36	4,32	0,38	0,64	0,25	3,78	0,27	0,46	0,18	3,42			

ANEXO D.8 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 15% - 2010

Atividade (2010)	Capacidade Atual (milhões de passageiros/ano)	Taxa de utilização efetiva	CE 1,2					CE 1					CE 0,7					CE 0,5				
			R\$/t	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê	Custo I espera Caratê
1	38.853	352	1,84	0,99	1,54	0,82	5,18	0,83	1,28	0,68	4,63	0,58	0,90	0,48	3,79	0,41	0,64	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
2	38.853	416	1,89	0,80	1,31	0,63	4,63	0,67	1,09	0,53	4,18	0,47	0,77	0,37	3,48	0,34	0,55	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
3	38.853	480	1,72	0,70	1,17	0,62	4,20	0,58	0,97	0,52	3,78	0,41	0,68	0,36	3,16	0,29	0,49	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
4	38.853	512	2,04	0,64	1,10	0,61	4,40	0,53	0,92	0,51	4,01	0,37	0,64	0,36	3,42	0,27	0,46	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
5	38.853	576	2,07	0,57	1,00	0,62	4,26	0,47	0,84	0,52	3,90	0,33	0,59	0,36	3,35	0,24	0,42	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
6	38.853	640	2,18	0,52	0,93	0,63	4,26	0,44	0,78	0,53	3,92	0,31	0,54	0,37	3,39	0,22	0,39	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
7	47.461	352	1,91	1,00	1,53	0,69	5,13	0,83	1,27	0,57	4,60	0,59	0,89	0,40	3,79	0,42	0,64	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
8	47.461	416	1,93	0,81	1,31	0,64	4,73	0,67	1,10	0,54	4,26	0,47	0,77	0,39	3,57	0,34	0,55	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
9	47.461	480	1,99	0,71	1,16	0,51	4,38	0,59	0,97	0,43	3,98	0,41	0,68	0,30	3,39	0,30	0,48	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
10	47.461	512	2,12	0,63	1,10	0,51	4,36	0,53	0,92	0,43	3,99	0,37	0,64	0,30	3,43	0,26	0,46	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
11	47.461	576	2,15	0,57	1,01	0,51	4,25	0,47	0,84	0,43	3,90	0,33	0,59	0,30	3,37	0,24	0,42	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
12	47.461	640	2,25	0,52	0,93	0,42	4,12	0,43	0,77	0,35	3,81	0,30	0,54	0,25	3,34	0,22	0,39	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
13	58.000	352	2,00	1,00	1,53	0,71	5,24	0,84	1,28	0,59	4,70	0,59	0,89	0,41	3,89	0,42	0,64	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
14	58.000	416	2,05	0,79	1,31	0,56	4,71	0,66	1,09	0,47	4,27	0,46	0,77	0,33	3,60	0,33	0,55	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
15	58.000	480	2,08	0,70	1,17	0,46	4,40	0,58	0,97	0,38	4,02	0,41	0,68	0,27	3,44	0,29	0,49	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
16	58.000	512	2,21	0,65	1,11	0,45	4,42	0,54	0,92	0,38	4,05	0,38	0,64	0,26	3,50	0,27	0,46	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
17	58.000	576	2,24	0,57	1,01	0,44	4,26	0,48	0,84	0,37	3,93	0,33	0,59	0,26	3,42	0,24	0,42	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
18	58.000	640	2,34	0,52	0,93	0,36	4,15	0,44	0,78	0,30	3,85	0,31	0,54	0,21	3,40	0,22	0,39	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

ANEXO D.9 – Variação do coeficiente efetivo de espera para uma taxa efetiva de atratividade de 15% - 2015

Alternativa (22/2015 - 02/16)	Capacidade Armazenagem em (ton)	Taxa de Movimentação efetiva ton/h	R\$ 1,2					R\$ 1					R\$ 0,7					R\$ 0,5				
			Tarifa Termin al	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto	Total	Custo Espera Carreta	Custo Espera Trem	Custo Espera Comboto
			R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t	R\$/t
1	50.481	352/352/352	1,57	1,39	10,34	6,84	20,15	1,16	8,62	5,70	17,05	0,81	6,03	3,99	12,41	0,58	4,31	2,85	9,31			
2	50.481	416/416/416	1,51	0,92	1,41	1,11	5,06	0,77	1,18	0,93	4,49	0,54	0,82	0,55	3,52	0,38	0,59	0,46	3,05			
3	50.481	480/480/480	1,94	0,75	1,18	0,72	4,29	0,62	0,99	0,60	3,85	0,43	0,59	0,42	3,19	0,31	0,49	0,30	2,74			
4	50.481	416/416/512	1,73	0,68	1,12	0,64	4,18	0,57	0,93	0,54	3,77	0,40	0,55	0,38	3,16	0,28	0,46	0,27	2,75			
5	50.481	480/480/576	1,76	0,61	1,01	0,56	3,93	0,50	0,84	0,46	3,57	0,35	0,59	0,32	3,02	0,25	0,42	0,23	2,66			
6	50.481	480/480/640	1,83	0,56	0,94	0,51	3,85	0,47	0,78	0,43	3,51	0,33	0,55	0,30	3,01	0,24	0,39	0,21	2,67			
7	56.000	352/352/352	1,51	1,28	10,35	6,55	19,89	1,07	8,53	5,54	16,84	0,75	6,04	3,88	12,27	0,53	4,31	2,77	9,23			
8	56.000	416/416/416	1,55	0,91	1,42	1,10	5,08	0,76	1,19	0,92	4,51	0,53	0,83	0,54	3,55	0,38	0,59	0,46	3,08			
9	56.000	480/480/480	1,68	0,76	1,19	0,60	4,23	0,63	0,99	0,50	3,81	0,44	0,59	0,35	3,17	0,32	0,50	0,25	2,74			
10	56.000	416/416/512	1,77	0,70	1,12	0,52	4,11	0,59	0,93	0,43	3,72	0,41	0,55	0,30	3,14	0,29	0,47	0,22	2,75			
11	56.000	480/480/576	1,61	0,61	1,01	0,50	3,74	0,51	0,85	0,42	3,38	0,35	0,59	0,29	2,85	0,25	0,42	0,21	2,50			
12	56.000	480/480/640	1,67	0,56	0,94	0,39	3,75	0,46	0,78	0,32	3,44	0,32	0,55	0,23	2,97	0,23	0,39	0,16	2,65			
13	62.000	352/352/352	1,65	1,28	10,35	6,55	19,93	1,07	8,53	5,54	16,89	0,75	6,04	3,88	12,32	0,53	4,31	2,77	9,27			
14	62.000	416/416/416	1,70	0,90	1,42	1,08	5,10	0,75	1,19	0,90	4,53	0,53	0,83	0,53	3,68	0,38	0,59	0,45	3,11			
15	62.000	480/480/480	1,73	0,76	1,19	0,53	4,20	0,63	0,99	0,44	3,79	0,44	0,59	0,31	3,17	0,32	0,49	0,22	2,76			
16	62.000	416/416/512	1,82	0,69	1,12	0,48	4,11	0,58	0,93	0,40	3,73	0,40	0,55	0,28	3,15	0,29	0,47	0,20	2,77			
17	62.000	480/480/576	1,84	0,61	1,02	0,42	3,89	0,51	0,85	0,36	3,55	0,36	0,59	0,25	3,04	0,26	0,42	0,18	2,70			
18	62.000	480/480/640	1,92	0,57	0,94	0,37	3,80	0,47	0,78	0,31	3,49	0,33	0,55	0,22	3,02	0,24	0,39	0,15	2,70			

ANEXO E

É apresentado neste Anexo o arranjo geral do terminal para os cenários selecionados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHO, A. - **Policy of Urban Highways an Arterial Streets**. Editora Geral Offices, 1974.

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Informes Técnicos 1993 a 1999**.

AGERSCHOV H.e LUNGREN H. - **Planning and Design of Ports and Marine Terminals**. New York, Editora Jon Wiley, 1983.

ALDERTON, P. et al. - **Lloyd's Pratical Shipping Guides**. pg.250, 1999.

ALMEIDA, C. E.; BRIGUETI, G. - **Notas de Aula: Projeto de Embarcações Fluviais**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

American Railway Engineering Association - **Manual for Railway Engineering**. Manual de Orientação, 1976.

APFFEL, C.; JAYAWARDANA, J.; et al. - **Freight Components in Louisiana's Statewide Intermodal Transportation Plan**. Loiusina State University, EUA, Transportation Research Record, pg 32-41, 1996.

APPLE, J. M. - **Plant Layout and Material Handling**. 3ª edição, New York, John Wiley, 1977.

BECKER, C. F.; SILVA, F. E.; et al - **Proposta para um Plano Nacional de Calcário Agrícola (PLANACAL)**. Volume 26, nº 2, Fevereiro, 1996.

- BERGSTEIN, A. - **Modelo Econômico Operacional para o Dimensionamento do Transporte Intermodal de Cargas pela Hidrovia Tiête-Paraná.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- BIRD, J. - **Seaports and Seaport Terminals.** Hutchinson University Library, 1971.
- BOTTER, R. C. - **Planejamento Portuário: Modelo para Análise Operacional do Sistema Porto Associado a Níveis de Serviço.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1985.
- BRINATI, M. A . - **Modelos de Fila para Terminais Marítimos de Carga a Granel.** Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- CESP – **“Estudos para Implantação de Navegação nos Rios Paraná e Tietê”.** São Paulo, 1984a.
- CESP – **“Hidrovia Tietê-Paraná: Calcário, Testes em Escala Real de Transportes e Transbordo”.** São Paulo, 1984b.
- CESP – **“Hidrovia Tietê-Paraná: Aspectos do transporte do Calcário Dolomítico na Zona de Influência da Hidrovia Paraná –Tietê”.** São Paulo, 1985.
- CESP – **“Hidrovia Tietê-Paraná: Apresentação de Parâmetros Básicos para Concepção Indicativa entre os Modais Hidroviário X Ferroviário X Rodoviário”.** Série Pesquisa e Desenvolvimento 115, São Paulo, 1994.

CESP – **“Hidrovia Tietê-Paraná, Embarcações, Tipo, Características e Dimensões”**. Série Pesquisa e Desenvolvimento n° 118, São Paulo, 1995.

CESP – **“Hidrovia Tietê-Paraná: Relatório de Cargas e Projeções para o Ano de 2005”**. São Paulo, 1996.

CESP – **“Terminais Instalados na Hidrovia Tietê-Paraná”**. São Paulo, 1997.

Departamento Hidroviário - **Estudos de Viabilidade**. Editora Brasconsult, São Paulo, 1968.

DERSA – **“Plano de Ação Comercial para a Hidrovia Tietê-Paraná”**. São Paulo, Junho, 1987a.

DERSA – **“Relatório Síntese da 1ª Fase do PAC: Plano de Ação Comercial para a Hidrovia Tietê-Paraná”**. São Paulo, 1987b.

EHRlich, P. J. – **Engenharia Econômica, Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento**. Editora Atlas, São Paulo, 1989.

FERNANDES, M. G. - **Modelo Econômico-Operacional para Análise e Dimensionamento de Terminais de Contêineres e Veículos**. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FERREIRA T. P. R.. R. C.; SANTOS S. de P. A. Z. - **Caracterização do Setor de Calcário no Brasil**. Instituto de Economia Agrícola, Volume 39, Janeiro, 1992.

- FERREIRA T. P. R. R. C. - **Prognóstico Agrícola**. Instituto de Economia Agrícola, 1998-1999a.
- FERREIRA T. P. R. R. C. - **Fertilizantes**. Instituto de Economia Agrícola, pg.122-127, 1998-1999b.
- FIGUEIREDO FERRAZ & MAUBERTEC - **Hidrovia Tietê-Paraná: Consolidação dos Estudos e Análise Financeira**. Relatório Técnico, São Paulo, FF & M, 1984.
- FONSECA, M. M. - **Arte Naval**. 4ª edição, Rio de Janeiro, Marinha do Brasil, 1985.
- FRANCIS, R.L.; JOHN A. W. - **Facility Layout and Location – An Analytical Approach**, Prentice, Hall, Inc. New Jersey, 1974.
- FREITAS FILHO, P. J. – **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. Visual Books, 2001.
- FRIEDMAN, W. F. e KIPNEES, J. J. - **Materials Handling and Packaging Series**. Editora New York, 1960.
- GEIPOT - **Corredores de Desenvolvimento**. Brasília, 1999. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br>>. Acesso em:março 2001.
- GEIPOT - **Anuários Estatísticos**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br>>. Acesso em:março 2001.
- GEIPOT - **Corredores Estratégicos de Desenvolvimento: Alternativas de Escoamento de Soja para Exportação**, Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br>>. Acesso em:outubro 2001.

- GIRALDO, A. - **Programa Hidroviário do Sistema Paraná-Tietê**.
Revista Portos e Navios, volume 27, nº 304, pág. 44-45, 1985.
- GUALDA, N. D. F. - **Modeling the Airport Terminal Building for Capacity Evaluation Under Level of Service Criteria**. Tese de Ph. D., University of Texas, 1978.
- GUALDA, N. D. F. - **Terminais de Transportes; Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional**. Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- HAY, J. J. - **An introduction to Transportation Engineering**. 2^a ed.
John Wiley and Sons, New York, 1977.
- HENNES, R. G. E.; EKSE, M. I. - **Fundamentos de Ingeniería del Transporte**. Barcelona, Reverte, 1963.
- HIRSCHFELD, H. - **Engenharia Econômica e Análise de Custos: Aplicações Práticas para Economistas, Engenheiros, Analistas de Investimentos e Administradores**. Editora Atlas, São Paulo, 1998.
- HYMAN, B. - **Fundamentals of Engineering Design**, Editora Prentice Hall, 1998.
- IPT - **Projeto de Concepção do Porto Intermodal do Médio Tietê**. São Paulo, 1985.

- KONDRATOWICZ, J. L. - **Simulation Methodology for Intermodal Freight Transportation Terminals**. Journal of Waterway Departamento de Transportes, Polônia, Julho, 1990.
- LAZAREV, N. F. - **Cálculos de Explotacion & Organizar los Trabajos de Carga y Descarga en los Puertos Marítimos**. Rússia, 1976.
- LIMA Jr., O. F. - **Metodologia para Concepção e Dimensionamento de Terminais de Pequeno e Médio Porte**. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica., Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- LOESCH, C.; HEIN, N. - **Pesquisa Operacional. Fundamentos e Modelos**. FURB, 1999.
- LOPES, A. S. – **Calagem - Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, 7(81): 28-34, 1982.
- MACHADO, F. - **Tietê-Paraná: O Caminho de 2300 km do Futuro Paulista**, Revista Portos e Navios, nº 321, vol. 29, 1986.
- MAZZUCHELLI, M., RECAGNO V. e SCIUTTO G. - **Evaluation of Interport Performances: A State Automaton Approach**. Universidade de Gênova, pg 272-279.
- MORLOK, E. K. - **Introducion to Transpotation Engineering and Planning**, London, Mc Graw Hill, 1978, volume II.
- MOURA, R. A. - **Sistema e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. São Paulo, IMAN, 1987.

MT/CENAV/GEIPOT - **Subsídios à Formulação da Política Nacional de Transportes Hidroviários Interior**. Síntese das Entrevistas (versão preliminar).

MUTHER, R. - **Systematic Layout Planning**, Boston, Cahnners, 1973.

NASCIMENTO, M. B.C. – **Uma Análise do Sistema Hidroviário e seu Impacto no Desenvolvimento da Agro-Indústria Brasileira: O caso da Soja**. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

NOVAES, A.G. N. - **Pesquisa Operacional e Transportes Modelos Probabilísticos**, USP, São Paulo, Mc Graw Hill, 1975.

NOVAES, A. G. N. - **Demanda de Transportes de Calcário Agrícola no Estado de São Paulo por Hidrovia**. In: NOVAES, A.G.N, **Métodos de Otimização**, São Paulo, Edgard Blucher. Ltda, 1978. p. 392-411.

NOVAES, A. G. N - **Custos e Características Operacionais do Transporte Hidroviário**. TRANSESP, São Paulo, 1978.

NOVAES, A. G. N. - **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos**. São Paulo, Edgard Blucher, 1989.

PAC: Plano de Ação Comercial da Hidrovia Tietê-Paraná - **Potencial Mercadológico da Hidrovia**, Maio, 1987.

PAC: Plano de Ação Comercial da Hidrovia Tietê-Paraná. - **Relatório Final: Plano de Marketing da Hidrovia**, Fevereiro, 1988.

- PEDGEN, C. D.; SHANNON, R. E. e SADOWSKI, R. P. – **Introduction to Simulation Using SIMAN**. Editora Mc Graw-Hill, New York, 1995.
- POLIDO, M. A e PORTO, T. G. – **AMV – Área: Dados para Projeto Geométrico de Via na STU.SP**. Revista Ferrovia, Jan/Fev, 1985.
- Revista Engenharia - **Panorama da Situação Atual do Sistema Hidroviário Paraná-Tietê**, nº 430, pg. 6 - 20, 1981.
- PAVAN, R. C. - **Brasil na Onda Verde do Progresso**, Vol. I e II,. Rio de Janeiro, 1999.
- PAVANI, C.; DEUTSCHER, J.A.; LÓPEZ, S. M. - **Plano de Negócios Planejando o Sucesso de seu Empreendimento**. Editora Minion.
- PADRO, D. S. – **Usando o Arena em Simulação**, Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- SAE (Society of Automotive Engineers Handbook) - **On-Highway Vehicles and Off-Highway Machinery**, Volume 4, Estados Unidos, pg 36.67 –36.74, 1992.
- Secretaria de Estado dos Negócios dos Transportes de São Paulo. Departamento Hidroviário - **Projeto Básico do Porto Piloto de São Sebastião: Relatório Final**, São Paulo, 1978.
- RIVA, J.C.T. - **Intermodalidade de Transporte Hidrovia Tietê-Paraná. Opção para o Desenvolvimento Brasileiro**, Revista Portos e Navios, pg 44-46, Março/Abril, 1990.

- RIVES, F. O.; PITA, A. L. e PUENTE, M. M. - **Tratado de Ferrocarriles**, Rueda, Volume II, Madri, 1980.
- SANTANA, A. W. - **Avaliação do Potencial de Transporte da Hidrovia Tietê-Paraná**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- SAROSKY, T. e WILCOX T. - **Simulation of a Railroad Intermodal Terminal**, Proceedings of Winter Simulation Conference, pg 1233 – 1238, 1994.
- SOARES, V. E. - **Armazéns e Silos: Preservação de Grãos Alimentícios**, D.A., São Paulo, 1964.
- TAYLOR, G.L.C - **Cargo Work**. Extra Master, Nautical Publishers, 1992.
- TOGNO, F. M. – **Ferrocarriles**, 2^a edição, México, Editora RSI, 1982.
- TOLEDO, N. E. P. - **Estudo Nacional de Calcário Agrícola**, Volume V, Editora ESALQ, Piracicaba, pg. 59-94, 1983.
- WADHWA. C. L. - **Planning Operations of Bulk Loading Terminals by Simulation**. Journal of Waterway, Austrália, Maio/Junho, 1992.
- WADHWA, C. L. - **Optimizing Deployment of Shiploaders at Bulk Export Terminal**. Journal of Waterway, Austrália, Novembro/Dezembro, 2000.
- WEBER, E. A. – **Armazenagem Agrícola. Porto Alegre**, Kepler Weber Industrial, 1995.