

Yuri Triska

**CÁLCULO DE CAPACIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DE CAIS
PORTUÁRIO: APLICAÇÃO PARA TERMINAL DE GRANEIS
SÓLIDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso II, da Universidade
Federal de Santa Catarina para
obtenção do Grau de Engenheiro Civil.
Orientador: Prof. Amir Mattar Valente,
Dr.

Florianópolis
2015

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

Triska, Yuri

Cálculo de Capacidade de Movimentação de Cais Portuário :
Aplicação Para Terminal de Granéis Sólidos/ Yuri Triska ;
orientador, Amir Mattar Valente - Florianópolis, SC, 2015. 139
p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em
Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Capacidade de Cais. 3. Engenharia
Portuária. 4. Teoria de Filas. I. Valente, Amir Mattar. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

CÁLCULO DE CAPACIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DE CAIS PORTUÁRIO: APLICAÇÃO PARA TERMINAL DE GRANÉIS SÓLIDOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil.

Florianópolis, 14 de julho de 2015.

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Amir Mattar Valente, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcos Aurelio Marques Noronha, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Alexandre Hering Coelho, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

APRESENTAÇÃO

Este documento é um Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, com cunho estritamente acadêmico e necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

O terminal avaliado não existe de fato, tratando-se de caso hipotético. O presente trabalho não tem como objetivo o fornecimento de valores que suportem tomadas de decisões a possíveis interessados.

Dedicado aos meus pais e avós, em especial ao meu avô Paulo Roberto Cavalcanti de Souza, cujo interesse por leitura e estudo é inspirador.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial a meus pais e avós, pelo grande apoio no decorrer de toda a graduação.

Aos meus colegas de curso, pelo companheirismo e pelas muitas horas de estudo em conjunto.

Ao professor Amir Mattar Valente, pela orientação do trabalho, no estágio obrigatório e pela oportunidade concedida a mim de ser colaborador do LabTrans.

Aos meus colegas de LabTrans, em especial à economista Daniele Sehn, pela confiança depositada no desenvolvimento dos trabalhos; à engenheira Carolina Piccoli, pela ajuda nas referências bibliográficas; ao matemático Éder Vasco Pinheiro, pelo esclarecimento de diversas dúvidas a respeito do método utilizado; e ao engenheiro Reynaldo Brown do Rego Macedo, pelo aprendizado proporcionado em todas as oportunidades nas quais interagimos no trabalho.

Ao povo brasileiro, que financia minha educação formal desde 2005.

RESUMO

Dentro da área de logística de transportes, os portos possuem vital importância, considerando-se principalmente as vantagens do modal aquaviário e sua relevância no comércio exterior. Um dos valores de maior interesse para o planejador portuário é a capacidade de movimentação do porto, onde a capacidade de movimentação no cais possui papel determinante. No entanto, diversos fatores influenciam esse valor, dificultando a sua avaliação. O conceito de capacidade de instalações portuárias é relacionado à obtenção de indicadores operacionais alcançáveis e de nível de serviço considerado adequado. O presente trabalho tem como objetivo o cálculo da capacidade de cais de um terminal hipotético que movimenta grãos sólidos vegetais – soja em grãos, farelo de soja e milho. Também é feita breve avaliação do desempenho das operações portuárias. Para o cálculo da capacidade, foi utilizada teoria de filas, e os indicadores operacionais adotados foram os calculados para a base de dados do ano analisado. No modelo, foi considerada a prioridade de um dos operadores para a movimentação de carga em um dos dois berços. Foi avaliada também a influência da sazonalidade nas operações e na capacidade portuária. Os resultados apontam valores de capacidade de movimentação anuais e mensais para cada mercadoria, considerando-se a ocupação admissível para dado tempo médio de espera das embarcações.

Palavras-chave: planejamento portuário; capacidade de cais; teoria de filas.

ABSTRACT

In the transportation and logistics field of study, ports have vital importance, considering the advantages of the waterway modal and its role in international trade. One of the values of most interest for the port planner is the cargo handling capacity, specially the quay capacity due to its significance. However, many factors affect this value, hindering its evaluation. The concept of port facilities capacity is related to reachable operational indicators and an adequate level of service. This work has as main goal the calculation of quay capacity for a hypothetical terminal which handles dry bulk - soybean, soybean meal and corn. It is also made a brief evaluation of the port operations performance. For the quay capacity calculations, the use of queueing theory was made, and the operational indicators taken for granted were the ones calculated for the analysed year. It was considered the priority of one port operator on cargo handling at one of the two berths. It was also evaluated the influence of seasonality on port operations and port capacity. The results point values for cargo handling capacity on an annual and monthly basis for each product, considering the permissible quay occupation for a given average waiting time of the vessels.

Keywords: port planning, quay capacity, queueing theory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparação Entre Demanda e Capacidade Projetadas Para a Movimentação de Contêineres no Porto de Rio Grande Entre os Anos de 2012 e 2030.....	24
Figura 2. <i>Layout</i> Geral Portuário – Vista Aérea do Porto de Maceió ...	28
Figura 3 Exemplo de Píer em Estruturas Discretas - Vista Aérea do Píer da CPBS no Porto de Itaguaí-RJ	30
Figura 4– Tipos de Estrutura de Acostagem	31
Figura 5. Tipos de Obras de Abrigo.....	34
Figura 6. Exemplos de Instalações de Armazenagem.....	37
Figura 7. Exemplos de Equipamentos Portuários.....	40
Figura 8. Principais Elementos do Acesso Aquaviário de um Porto.....	42
Figura 9. Operações com Diferentes Naturezas de Carga.....	53
Figura 10. Tempo de Ciclo da Embarcação e Suas Principais Subdivisões	55
Figura 11. Variação dos Custos Totais no Porto em Função da Movimentação de Carga.....	64
Figura 12. Padrão de Demanda com Variação Sazonal	66
Figura 13. Representação Esquemática de Sistema de Filas Aplicado a Portos	69
Figura 14. Zoneamento do Terminal.....	80
Figura 15. Evolução das Movimentações Mensais por Mercadoria Movimentada no Ano Analisado.....	84
Figura 16. Índices de Ocupação de Cais Observados Considerando os Berços Separadamente e em Conjunto.....	85
Figura 17. Esquema de Prioridade de Filas e Uso dos Berços no Terminal	87
Figura 18. Ajuste Estatístico de Intervalos Entre Chegadas Sucessivas de Navios Prioritários – Distribuição Negativa Exponencial.....	97
Figura 19. Ajuste Estatístico de Tempos de Atendimento de Navios Prioritários – Distribuição Erlang 4.....	98
Figura 20. Ajuste Estatístico de Intervalos Entre Chegadas Sucessivas de Navios Não Prioritários – Distribuição Negativa Exponencial	98
Figura 21. Ajuste Estatístico de Tempos de Atendimento de Navios Não Prioritários – Distribuição Erlang 4.....	99
Figura 22. Índices de Ocupação Admissíveis e Observados Para Navios Prioritários ao Longo do Ano.....	100
Figura 23. Índices de Ocupação Admissíveis e Observados Para Navios Não Prioritários ao Longo do Ano	103

Figura 24. Capacidade de Movimentação Mensal do Terminal por Mercadoria	106
Figura 25. Tempo Entre Chegadas Sucessivas de Embarcações Prioritárias – Distribuição Negativa Exponencial.....	131
Figura 26. Tempo de Atendimento de Embarcações Prioritárias – Distribuição Erlang 4.....	132
Figura 27. Tempo Entre Chegadas Sucessivas de Embarcações Não Prioritárias – Distribuição Negativa Exponencial.....	133
Figura 28. Tempo de Atendimento de Embarcações Não Prioritárias – Distribuição Erlang 4.....	134
Figura 29. Variação Mensal da Produtividade Por Hora de Operação no Trecho de Cais Prioritário.....	135
Figura 30. Variação Mensal da Produtividade Por Hora de Operação no Trecho de Cais Não Prioritário	135
Figura 31. Variação Mensal dos Lotes Médios das Embarcações do Trecho de Cais Prioritário.....	136
Figura 32. Variação Mensal dos Lotes Médios das Embarcações do Trecho de Cais Não Prioritário	136
Figura 33. Variação Mensal dos Tempos Médios Inoperantes das Embarcações do Trecho de Cais Prioritário.....	137
Figura 34. Variação Mensal dos Tempos Médios Inoperantes das Embarcações do Trecho de Cais Não Prioritário	137
Figura 35. Variação Mensal dos Tempos Médios de Espera das Embarcações do Trecho de Cais Prioritário.....	138
Figura 36. Variação Mensal dos Tempos Médios de Espera das Embarcações do Trecho de Cais Não Prioritário	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Serviços Portuários Tipificados Pela Lei 12.815/2013	47
Quadro 2. Principais Partes Interessadas ou <i>Stakeholders</i> nas Atividades Portuárias.....	49
Quadro 3. Principais Indicadores de Desempenho Operacional Portuário	60
Quadro 4. Expressões das Principais Distribuições de Probabilidade Aplicáveis à Teoria de Filas	69
Quadro 5. Produtos Movimentados no Ano Analisado no Terminal (t)	83
Quadro 6. Parâmetros Controláveis do Trecho de Cais Prioritário	88
Quadro 7. Parâmetros Controláveis do Trecho de Cais Não Prioritário	88
Quadro 8. Demais Indicadores de Desempenho Operacional do Trecho de Cais Prioritário	89
Quadro 9. Demais Indicadores de Desempenho Operacional do Trecho Não Prioritário.....	90
Quadro 10. Comparação de Indicadores Operacionais das Movimentações de Soja com Outros Terminais.....	92
Quadro 11. Comparação de Indicadores Operacionais das Movimentações de Farelo de Soja com Outros Terminais.....	93
Quadro 12. Comparação de Indicadores Operacionais das Movimentações de Milho com Outros Terminais	93
Quadro 13. Movimentações dos Produtos do Trecho de Cais Prioritário (t).....	101
Quadro 14. Capacidade de Movimentação dos Produtos do Trecho de Cais Prioritário (t)	102
Quadro 15. Movimentações dos Produtos no Trecho de Cais Não Prioritário	104
Quadro 16. Capacidade de Movimentação dos Produtos no Trecho de Cais Não Prioritário.....	105
Quadro 17. Capacidade de Movimentação das Mercadorias por Mês e Por Ano.....	107
Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal	121
Quadro 19. Tempo de Espera Médio de Embarcações na Fila M/E ₂ /s (em Unidades de Tempo Médio de Atendimento)	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
APSFS – Administração do Porto de São Francisco do Sul
CBPS – Companhia Portuária da Baía de Sepetiba
CODERN – Companhia Docas do Rio Grande do Norte
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
LabTrans – Laboratório de Transportes e Logística
MBM – Multiple Buoy Mooring
MHC – Mobile Harbour Crane
OGMO – Órgão Gestor de Mão de Obra
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PIANC – Permanent International Association of Navigation Congresses
PND – Programa Nacional de Dragagem
Ro-Ro – Roll-On/Roll-Off
SEP/PR – Secretaria de Portos da Presidência da República
SBM – Single Buoy Mooring
TEU – Twenty-foot Equivalent Unit
TPA – Trabalhador Portuário Avulso
TUP – Terminal de Uso Privado
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development
VTMIS – Vessel Traffic Management Information System
VTS – Vessel Traffic Service

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	OBJETIVOS.....	25
1.1.1	Objetivo Geral	25
1.1.2	Objetivos Específicos.....	25
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	PRINCIPAIS ELEMENTOS PORTUÁRIOS.....	27
2.1.1	Berços	28
2.1.2	Obras de Abrigo	32
2.1.3	Retroárea.....	35
2.1.4	Equipamentos Portuários	38
2.1.5	Acesso Aquaviário	42
2.1.6	Conexões entre Hinterlândia e Pporto.....	45
2.1.7	Recursos Humanos e Gestão Portuária	46
2.2	OPERAÇÕES PORTUÁRIAS	51
2.2.1	Natureza de Carga.....	51
2.2.2	Indicadores de Desempenho Portuário.....	53
2.3	CAPACIDADE DE INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS	61
2.3.1	Diferentes Definições Sobre Capacidade de Instalações Portuárias.....	61
2.3.2	Sobra de Capacidade.....	64
2.3.3	Influência da Sazonalidade	65
3	METODOLOGIA.....	67
3.1	ESTIMATIVAS APROXIMADAS	67
3.2	TEORIA DE FILAS	68
3.3	PLANOS MESTRES ELABORADOS PELO CONVÊNIO SEP/PR- LABTRANS/UFSC.....	71
3.3.1	Fórmula Geral	72
3.3.2	Fórmula Adaptada	73
3.4	SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	76
3.5	MÉTODO ESCOLHIDO	77
4	CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CAIS DE TERMINAL DE GRANÉIS SÓLIDOS.....	80
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	80
4.2	CARACTERÍSTICAS DA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS	83
4.2.1	Produtos Movimentados	83
4.2.2	Verificação da Sazonalidade das Movimentações.....	83
4.3	INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL	85

4.3.1 Base de Dados	85
4.3.2 Operações Consideradas no Terminal	87
4.3.3 Parâmetros Controláveis	88
4.3.4 Demais Indicadores Operacionais	89
4.3.5 Comparação com Terminais Semelhantes Encontrados na Literatura	91
4.3.6 Influência da Sazonalidade nos Indicadores de Desempenho Operacional	94
4.4 CAPACIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DO CAIS PORTUÁRIO	96
4.4.1 Distribuição de Chegada e Atendimento Para o Emprego da Teoria de Filas	96
4.4.2 Cálculo de Capacidade Para o Trecho Prioritário	99
4.4.3 Cálculo de Capacidade Para o Trecho Não Prioritário	102
4.4.4 Capacidade Total do Terminal por Mercadoria	105
5 CONCLUSÃO	108
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
5.2 LIMITAÇÕES	110
5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	110
REFERÊNCIAS	112
APÊNDICES	120
APÊNDICE A. REGISTROS DE ATRACAÇÃO NO TERMINAL	120
APÊNDICE B. DETALHES DO AJUSTE ESTATÍSTICO REALIZADO COM O PROGRAMA EASYFIT	131
APÊNDICE C. VARIAÇÃO MENSAL DOS INDICADORES OPERACIONAIS	135
ANEXOS	139
ANEXO A. SOLUÇÃO APROXIMADA PARA A FILA M/E2/S ...	139

1 INTRODUÇÃO

A área de Logística de Transportes estuda o transporte de mercadorias garantindo a integridade da carga, cumprimento de prazo e baixo custo. Trata-se de importante ramo do conhecimento, visto que o transporte representa a maior parcela dos custos logísticos da maioria das organizações, podendo significar duas ou três vezes o lucro de uma empresa, como no caso do setor de distribuição de combustíveis (PORTOGENTE, [201-]b). O transporte possui decisivo papel em qualquer cadeia produtiva, de forma que as obras de infraestrutura que possibilitam a otimização dessa tarefa possuem papel estratégico na economia de um país.

O modal aquaviário possui extrema importância, devido ao grande volume de carga movimentado, menores custos por tonelada movimentada em viagens de longa distância e por poder movimentar cargas entre continentes sem conexão terrestre (BRASIL, 2014). Além disso, os portos e a navegação sempre tiveram papel importante na história da humanidade, sendo vetores de desenvolvimento para importantes cidades no Brasil e no mundo.

Os portos constituem-se em conexão na cadeia de transporte e uma interface entre modais de transporte (GROENVELD, 2001), sendo importantes nós logísticos, sobretudo quando se trata de comércio exterior, cujas movimentações totais em toneladas são 80% realizadas por via marítima (UNCTAD, 2013).

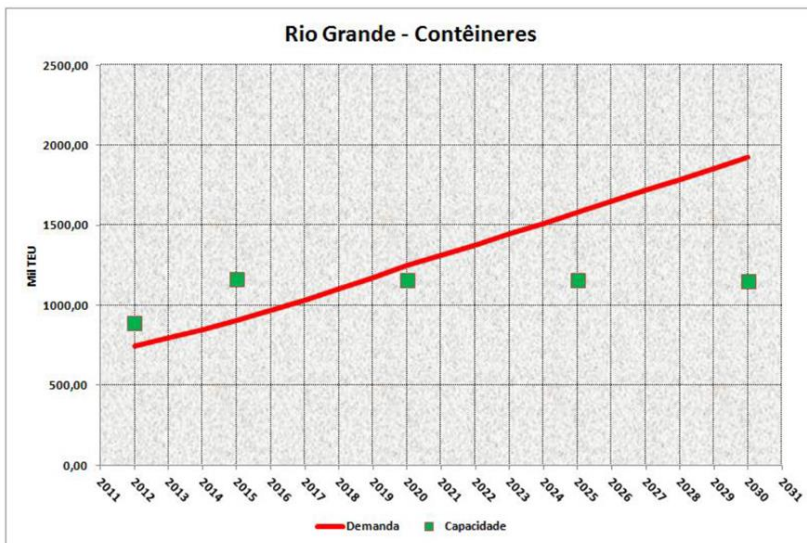
A questão dos portos é de interesse nacional na história brasileira recente. O setor portuário, assim como diversos outros setores da área de infraestrutura, sofreram estagnação e deterioração em função de um hiato de investimentos na área de engenharia nas décadas de 1980 e 1990. Foi sinalizada a maior prioridade do governo federal com o assunto ao criar a Secretaria Especial de Portos da Presidência da República - SEP/PR, com *status* de Ministério, em 2007 (BRASIL, 2007). Outro indicativo é a implantação de programas como o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, com boa parte dos investimentos dedicados à melhoria dos portos, como no Programa Nacional de Dragagem – PND, parte integrante do PAC. Ao menos na estrutura hierárquica e no plano de ações do governo federal, nota-se que o tema “portos” é tratado com atenção na última década.

O planejamento portuário é uma atividade multidisciplinar por natureza (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012). Diversos campos do conhecimento são exigidos, como economia, direito, geotecnia,

dragagem, engenharia costeira, oceanografia, engenharia naval, transportes, dentre tantos outros. Além disso, cada um desses assuntos citados é extremamente abrangente.

No âmbito do planejamento portuário, a capacidade portuária é um elemento crucial. Ao ser comparada com a demanda projetada para a movimentação de uma mercadoria em um porto, o valor encontrado para a capacidade norteia futuros investimentos a serem realizados nos portos, que podem chegar a centenas de milhões de reais. A Figura 1 ilustra o confronto entre demanda e capacidade projetadas de 2012 a 2030 para a movimentação de contêineres no Porto de Rio Grande, conforme apontado pelo Plano Mestre do referido porto.

Figura 1. Comparação Entre Demanda e Capacidade Projetadas Para a Movimentação de Contêineres no Porto de Rio Grande Entre os Anos de 2012 e 2030



Fonte: (SEP/PR; LabTrans, 2013b)

A capacidade de um cais portuário é de suma importância, visto que na maioria das vezes o atendimento nos berços do porto constitui-se no gargalo do sistema portuário. Segundo SEP/PR e LabTrans (2013a), a capacidade de um cais costuma ser tratada como o item mais importante do processo produtivo de um porto, em função da característica supracitada e em razão de possuir implantação mais onerosa em comparação às instalações de armazenagem.

Assim sendo, a mensuração da capacidade de movimentação de um cais portuário possui considerável relevância no planejamento de infraestrutura de transportes nacional, em razão da grande importância desse item no ambiente portuário e pela importante função do modal aquaviário na logística de transportes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Calcular a capacidade de movimentação anual de diferentes mercadorias em um terminal de graneis sólidos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, são listados:

- Cálculo da capacidade de movimentação de cais, em termos de toneladas por ano;
- Avaliação do desempenho operacional das movimentações no cais do terminal;
- Avaliação da influência da sazonalidade nas operações de movimentação de carga no cais do terminal.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado da seguinte forma:

- 1) Introdução – introdução do trabalho, sendo feitas considerações iniciais, de forma a situar o leitor sobre a importância do trabalho num contexto macro; exposição dos objetivos geral e específicos; apresentação da estrutura do trabalho.
- 2) Referencial Teórico – explica brevemente os principais elementos portuários e seu papel na capacidade portuária; explicação sobre o conceito de natureza de carga; principais indicadores de desempenho portuário segundo publicações diversas da literatura; abordagem de diferentes definições sobre

capacidade portuária; importância da sobra de capacidade em um porto; influência da sazonalidade na capacidade de um porto.

- 3) Metodologia – explica brevemente alguns métodos utilizados para o cálculo da capacidade de cais portuário, e explicita o método escolhido.
- 4) Cálculo da Capacidade de Cais de Terminal de Granéis Sólidos – trata dos resultados do trabalho. O local de estudo é caracterizado, são descritas as movimentações do terminal no ano analisado, calculados indicadores de desempenho operacional, feita breve análise do desempenho operacional do terminal, avaliada a influência da sazonalidade nas operações do porto e, por fim, calculados os valores de capacidade de movimentação de carga no terminal.
- 5) Conclusão – são retomados os resultados principais do trabalho; tecidas considerações finais; abordadas as limitações do trabalho; e são feitas sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão bibliográfica deste trabalho tem como escopo o ambiente portuário, no que diz respeito à infraestrutura portuária, operações portuárias e capacidade de movimentação de um porto, de forma a situar o leitor sobre os aspectos mais relevantes para o cálculo da capacidade de instalações portuárias. Assim, a estruturação foi feita da seguinte forma:

- Principais elementos portuários;
- Operações portuárias;
- Capacidade de instalações portuárias.

Propõe-se, para conhecimento mais detalhado dos assuntos aqui abordados, as seguintes leituras: Ligteringen & Velsink (2012), Groenveld (2001), UNCTAD (1985a) e Alfredini & Arasaki (2014).

2.1 PRINCIPAIS ELEMENTOS PORTUÁRIOS

Considerando que o conhecimento básico sobre *layout* geral portuário facilita o entendimento sobre o cálculo da capacidade de instalações portuárias, propõe-se uma breve revisão sobre elementos básicos componentes de um porto, adotando-se a seguinte divisão:

- Berços;
- Obras de abrigo;
- Instalações de armazenagem;
- Equipamentos portuários;
- Acesso aquaviário;
- Conexões entre hinterlândia e porto;
- Recursos humanos e gestão portuária.

A Figura 2 ilustra os principais elementos de um porto, com o exemplo do Porto de Maceió.

Figura 2. *Layout* Geral Portuário – Vista Aérea do Porto de Maceió



Fonte: Adaptado de Google Earth ([201-])

2.1.1 Berços

Um porto possui diversos elementos que compõem o seu *layout* geral. O principal e de mais imediata visualização é o berço, que é o local destinado à atracação das embarcações. Conceitualmente, cada berço comporta apenas uma embarcação por vez.

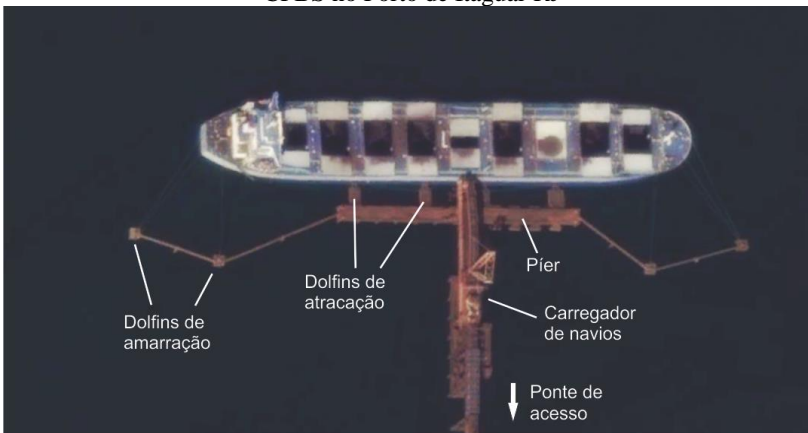
O procedimento de atracação visa geralmente a movimentação de carga/passageiros, embora existam também os chamados berços de espera, que são destinados ao aguardo de embarcações enquanto os outros berços estão ocupados.

As obras de acostagem costumam ser divididas em estruturas contínuas ou em elementos discretos (ALFREDINI & ARASAKI, 2014).

Em um cais contínuo, as funções de acesso, suporte de equipamentos, atracação e amarração estão integradas em uma mesma plataforma operacional (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Há a conexão de todo o seu comprimento com a área primária do porto (LIGTERINGEN & VELINK, 2012). A embarcação pode atracar no decorrer de toda a extensão do berço, assim como pode ocorrer a translação dos equipamentos de cais e movimentação de caminhões. Trata-se da concepção de cais mais flexível em termos de operações, considerando que é favorável à movimentação de produto de qualquer natureza de carga. Outra característica é que o número de berços de um cais contínuo pode ser tratado como uma variável estocástica, em função do comprimento das embarcações esperadas no trecho de cais, proporcionando flexibilidade ainda maior às operações.

Já em um berço composto por elementos discretos, esses são projetados para funções mais específicas, como acesso, suporte de equipamentos, atracação e amarração (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Os esforços de atracação e amarração são solicitados em estruturas estaqueadas isoladas denominadas dólfins. Outros componentes comuns são a plataforma de operações, estrutura de acesso à plataforma e passarela de acesso aos dólfins. Essa concepção, embora na prática restrinja o uso do berço para movimentações que não sejam de granéis (LIGTERINGEN & VELINK, 2012), e implique em menor flexibilidade de *layout*, faz com que os custos de implantação do berço sejam significativamente menores do que os de cais contínuo. A Figura 3 mostra um exemplo de píer com concepção em estruturas discretas, localizado no Porto de Itaguaí-RJ.

Figura 3 Exemplo de Píer em Estruturas Discretas - Vista Aérea do Píer da CPBS no Porto de Itaguaí-RJ



Fonte: Adaptado de Google Earth ([201-])

Há a possibilidade da junção entre os conceitos de cais contínuo e discreto. Isso pode ser observado em diversos casos na prática, sobretudo quando há interesse na expansão de um cais contínuo já existente devido ao aumento das dimensões dos navios e não se pretende aumentar o número de berços. Um exemplo é o cais do Porto de São Sebastião.

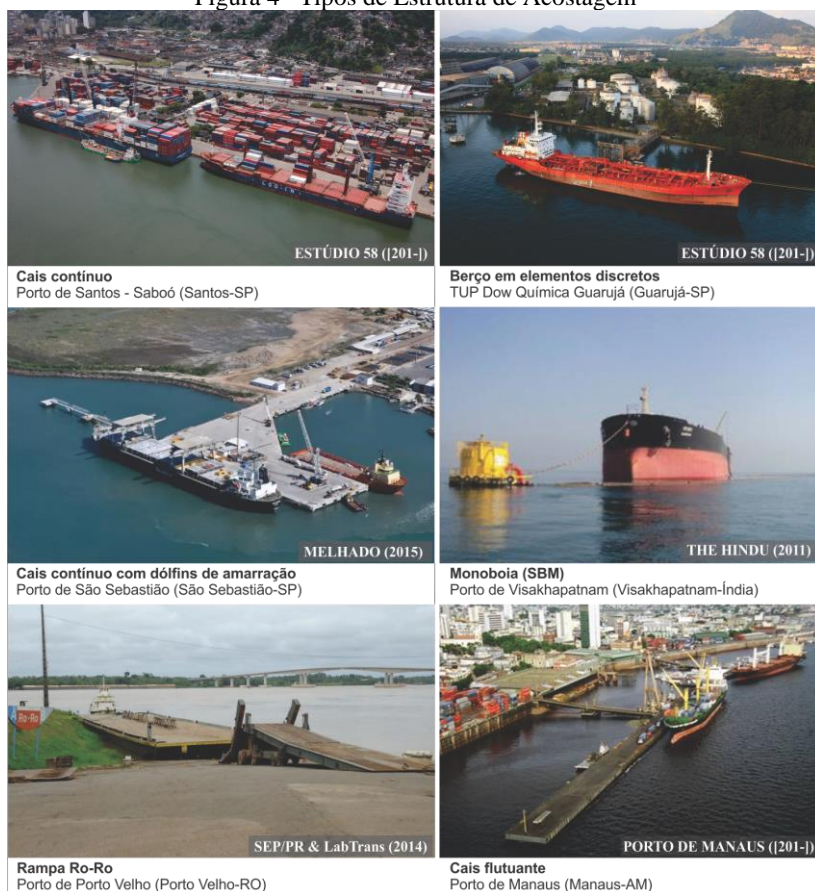
Ainda, há a possibilidade do estabelecimento de um berço *offshore* com o uso apenas de bóias de amarração, que também são utilizadas para as operações de movimentação de carga. Dutos submarinos transportam a carga até a costa. Quando é utilizada apenas uma bóia, o berço é chamado de SBM (single buoy mooring, do inglês, amarração em boia única), e quando há mais de uma boia, é chamado de MBM (multiple buoy mooring, do inglês, amarração em boias múltiplas). Essa solução é empregada em alguns terminais de granéis líquidos sobretudo para minimizar os trabalhos de dragagem. Os custos de implementação são bem inferiores, no entanto é uma solução mais adequada a terminais de menor capacidade. Deve-se levar em conta ainda a menor taxa de movimentação, maior risco de poluição, diminuição das horas operacionais devido às condições marítimas, dentre outros fatores, ao comparar a solução com um píer fixo (LIGTERINGEN & VELSKINK, 2012).

No caso de portos fluviais, costumam ser utilizados como estrutura de acostagem um cais flutuante ou rampa, em função da grande variação de marés (LIGTERINGEN & VELSKINK, 2012). Essa característica tem

grande impacto nas operações, pois o grande transporte vertical implicaria no uso de equipamentos demasiadamente grandes para as operações. No caso das rampas, um equipamento denominado *charriot* serve para compatibilizar a altura entre o convés da embarcação e a rampa do terminal.

A Figura 4 ilustra os diversos tipos de estruturas de cais citados, exemplificando com imagens de portos e terminais.

Figura 4– Tipos de Estrutura de Acostagem



Fonte: Indicadas na figura

Em portos públicos brasileiros, pode ser dada prioridade de atracação a determinado arrendatário, porém não é possível o

arrendamento de uma estrutura de cais. A resolução nº 2240 da ANTAQ impossibilita a exclusividade de atracação de um berço dentro de porto organizado (ANTAQ, 2011b). No caso de Terminais de Uso Privado - TUPs, evidentemente essa situação não se aplica.

As características de um berço interferem na capacidade portuária, visto que podem limitar as mercadorias a serem movimentadas; o sentido das operações (especialmente no caso de graneis sólidos); os equipamentos de cais que podem ser utilizados; características das embarcações que podem atracar (comprimento, calado operacional, tonelage de porte bruto); a orientação do berço em relação à direção predominante das tempestades afeta o tempo operacional disponível, quanto mais perpendicular for essa orientação (GROENVELD, 2001); dentre outros fatores.

2.1.2 Obras de Abrigo

As obras de abrigo tem como função a criação de área protegida contra as ondas geradas pelo vento ou correntes. Elas não são essenciais para a instalação de um porto, visto que há portos com ou sem obras de abrigo, podendo ser classificados como naturais ou artificiais (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Ainda, é possível que um porto em local não abrigado seja desprovido de obra de abrigo, como é o caso do TUP Almirante Soares Dutra, em Tramandaí-RS. No entanto, elas são um importante elemento portuário, com grande influência na segurança e custos de um porto.

Sua relevância é notável principalmente quando são avaliados os custos envolvidos na construção ou ampliação dessas obras, da ordem de centenas de milhões de reais. A construção dos molhes do Porto de Rio Grande, por exemplo, foi uma das maiores obras de engenharia oceânica do mundo.

Pode-se verificar no decorrer da história a grande importância da obtenção de águas abrigadas para o comércio marítimo, de forma que os principais portos do mundo se instalaram em áreas estuarinas/abrigadas. No Brasil há vários exemplos, como a Baía de Todos os Santos, Baía de Guanabara e Estuário de Santos, que foram áreas abrigadas estratégicas para a história do país e ainda tem grande importância.

Com o aumento da frota de navios, os portos tem a tendência atual de saírem cada vez mais de rios e estuários e se instalarem em mar aberto à procura de profundidades maiores (VAN DER MOLEN, 2006). Devido a essa característica, além do fato dos lugares com condições mais

favoráveis de abrigo geralmente já estarem ocupados por portos, as obras de abrigo possuem grande importância para a construção de novos portos e ampliação dos já existentes.

Segundo Alfredini & Arasaki (2014, p. 428), a ocorrência de acidentes portuários produz custos diretos para a recuperação da embarcação ou estrutura; indiretos pela parada das operações durante serviços de reparação, além da perda de clientes devido à insegurança gerada; e imensuráveis devido a perdas humanas.

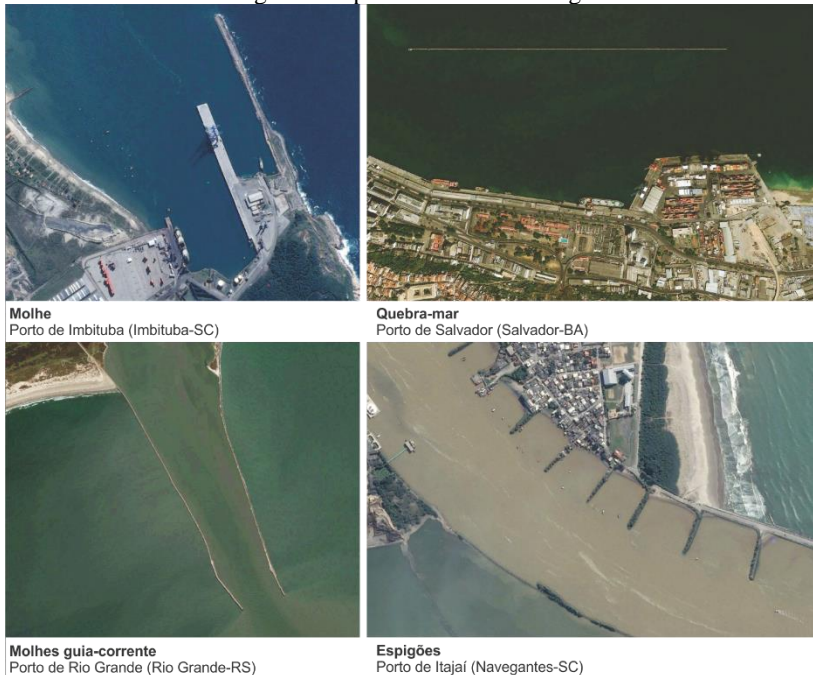
A espera demasiada das embarcações leva a custos extremamente altos para os armadores. O principal deles é o demurrage, ou sobrestadia, que é a multa paga pelo contratante quando o contêiner permanece em sua posse mais do que o prazo acordado (PORTOGENTE, [201-]a). Esse custo pode atingir até 100 mil dólares ao dia, dependendo do porte da embarcação e carga movimentada (ALFREDINI & ARASAKI, 2014, p. 854).

Em termos de projeto de estruturas de cais, o abrigo de um porto é uma condição primordial de proteção da embarcação-tipo para o acesso à costa, garantindo a redução dos movimentos da embarcação e mínimos esforços de atracação (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Na presença principalmente de ventos desfavoráveis e *swell* forte, as embarcações podem ser forçadas a ser retiradas para se evitar danos estruturais nos berços (GROENVELD, 2001). Isso ocasiona maior tempo de espera das embarcações, gerando maiores custos. Além desse estado limite último, as movimentações podem ser interrompidas devido a um estado limite de serviço em decorrência de movimentos máximos admissíveis das embarcações, que variam com o tipo de carga, com valores de 0,1 m a 1,5 m para o movimento de arfagem, por exemplo (VAN DER MOLEN, 2006, *apud* Bruun, 1981; VAN DER MOLEN, 2006, *apud* PIANC, 1995).

As obras de abrigo costumam ser divididas em molhes, quebra-mares, guias-correntes e espigões (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Na literatura de língua inglesa, ambos os termos "molhe" e "quebra-mar" costumam ser tratados apenas como *breakwater*, conforme observado em Ligteringen & Velsink (2012), Thomala & Vincent (2004), De Rouck *et al* (2007) e diversas outras publicações. Os molhes são estruturas que são fincadas na costa em uma das extremidades, enquanto os quebra-mares não tem essa ligação com a costa (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Já um guia-corrente consiste em dois molhes próximos que formam canal interno de navegação. Os espigões são as únicas dessas obras que não tem

função de redução de ondas e ventos, tendo influência principal no transporte de sedimentos.

Figura 5. Tipos de Obras de Abrigo



Fonte: Adaptado de Google Earth ([201-])

Geralmente, as obras de abrigo consistem de enrocamento, tendo uma armadura externa, núcleo central e camada filtro, com tamanho de rocha decrescente. Também é possível a adoção de peças de concreto Core-Loc na armadura externa. A técnica construtiva também pode ser por caixão de concreto, dentre outras.

Em suma, a construção de obras de abrigo pode ter grande impacto na capacidade de um porto, por uma série de razões, dentre elas:

- Aumento das horas operacionais devido aos seguintes fatores: da minimização dos efeitos de intempéries no porto durante situações climáticas adversas; redução do assoreamento, evitando a adoção de janelas de maré ou mitigando seus efeitos; menor ocorrência de acidentes portuários;
- Maior produtividade efetiva das operações portuárias devido à redução da influência das ondas, ventos e correntes;

- Maior lote médio das embarcações, devido aos seguintes fatores: minimização do assoreamento, principalmente da barra de estuários, a exemplo dos portos de Natal, Laguna, Itajaí, dentre outros; redução da folga abaixo da quilha em função da menor presença de ondas;
- Possibilidade do aumento do número de berços e da capacidade estática de armazenagem, devido ao auxílio na reclamação de retroárea e áreas para acostagem, como ocorre em portos com *layout* semelhante ao de Valência e Maceió, ou no caso de Salvador, cuja ampliação de quebramar viabilizaria a construção de novo berço (BAHIA ECONÔMICA, [201-]).

2.1.3 Retroárea

Neste trabalho, entende-se como retroárea a área seca dentro dos limites do porto ou terminal, conforme empregado em diversos Planos Mestres e Planos de Desenvolvimento e Zoneamento consultados (SEP & LabTrans, 2013a; CODERN, 2010; APSFS, 2003) No entanto, não é incomum utilizar o mesmo termo para tratar de área adjacente ao porto organizado destinada a suprir deficiências de área e armazenagem do porto, que também pode ser utilizada para desembarço aduaneiro (ANTAQ, 2010; PORTOGENTE, [201-]c).

Em uma retroárea portuária, quanto mais próxima uma área é do cais, mais nobre ela é. A área mais nobre é a imediatamente adjacente ao cais, tratada como *apron area* em diversas fontes de língua inglesa. Na parte mais próxima ao cais, ocorrem as movimentações de embarque e desembarque das cargas, e na retaguarda, há o transporte da carga para áreas mais distantes da retroárea por meio de caminhões, vagões ou outros meios (AAPA, 2013).

No caso de portos organizados, que são os concedidos ou explorados pela União e que estão sob jurisdição de uma autoridade portuária (ANTAQ, 2011a), a área dos mesmos é definida por meio de decretos, que estabelecem os limites da poligonal portuária.

Dentro dos limites da retroárea, são estabelecidos pela Autoridade Portuária, sob coordenação da autoridade aduaneira, os limites de área alfandegada, único local onde é permitida a entrada ou saída de mercadorias procedentes ou destinadas ao exterior (BRASIL, 2013).

Na retroárea, também são utilizados serviços de apoio portuário, subestações elétricas, oficinas, dentre outras instalações. Ainda, costuma-

se ter a sede da Autoridade Portuária dentro dos limites do Porto Organizado, e em alguns casos, a sede do órgão gestor de mão de obra.

No caso de alguns terminais que operam no conceito porto-indústria, pode haver confusão para a definição dos limites da retroárea, de modo que se separe o terminal portuário dos outros processos produtivos da empresa.

Para as operações de um porto, os elementos principais da retroárea são as instalações de armazenagem, conforme explicado a seguir.

2.1.3.1. Instalações de Armazenagem

Conceitualmente, uma armazenagem em um porto tem caráter estritamente temporário, com a finalidade de impedir a ocorrência de interrupções ou atraso nas movimentações que ocorrem no cais. Esse pequeno “pulmão” geralmente correspondente ao lote máximo de alguns navios em período de pico. Portanto, é desejado um tempo de permanência baixo, sendo que a estrutura tarifária dos portos costuma estimular essa característica. Embora haja a possibilidade de operações portuárias por transferência direta, ou seja, sem a utilização de armazenagem, essas são pouco usuais.

As estruturas de armazenagem de um porto mais comuns são os pátios, armazéns, silos, tanques e moinhos (no caso do trigo). Os silos são destinados a grânéis sólidos e podem ser verticais ou horizontais, e os tanques, destinados a grânéis líquidos, podem ser esféricos ou cilíndricos. Os armazéns podem ser infláveis, como no caso do Porto de Vitória, embora não seja usual.

Ainda, há a possibilidade do uso de navio cisterna, a exemplo do Porto de Suape (SEP/PR & LabTrans, 2012c), que utilizou desse recurso para expandir sua capacidade de armazenagem de grânéis líquidos.

A Figura 6 ilustra alguns dos tipos de estruturas de armazenagem mencionados.

Figura 6. Exemplos de Instalações de Armazenagem



Pátio de contêineres
Terminal Embraport (Santos-SP)



Tanques de granéis líquidos
Porto de Aratu-Candeias (Candeias-BA)



Eferas de GLPs
Porto de Aratu-Candeias (Aratu-BA)



Moinhos de Trigo
Porto de Santos (Santos-SP)



Armazéns
Porto de Paranaguá (Paranaguá-PR)



Pátio de minério de ferro
Terminal Ponta da Madeira (São Luís-MA)

Fonte: Indicadas na figura

Conforme mencionado anteriormente, há áreas que podem ser consideradas de maior ou menor nobreza no porto, conforme distam do cais. Os granéis em geral podem ser armazenados mais longe do cais, sendo transportados de/para o berço por meio de correias transportadoras ou dutos. No entanto, para movimentações de carga geral solta e containerizada, é desejada armazenagem mais próxima à linha do cais, mesmo que com um tempo curto de permanência, para tornar as operações mais produtivas. Um exemplo dessa última característica é o Terminal Portuário do Pecém, que possui um pátio menor na sua parte

offshore, com menor tempo de permanência, e outro maior na sua porção terrestre, com maior tempo.

Diferentes mercadorias podem requerer condições especiais de armazenamento. Alguns exemplos são os seguintes: risco de combustão espontânea ou ruptura do solo de fundação quando o empilhamento de carvão é alto (LIGTERINGEN & VELSKINK, 2012); risco de danos à carga quando molhada, como é o caso da barrilha, que sofre empedramento; risco de vazamento e explosão, no caso de tanques, principalmente de gás liquefeito de petróleo - GLP; necessidade de resfriamento e/ou compressão do GLP; necessidade de resfriamento de algumas mercadorias, que atualmente são movimentadas em *reefers* (são cada vez menos numerosos os armazéns frigoríficos com movimentação expressiva nos portos); armazenamento de pescados em conjunto com gelo, no caso de terminais pesqueiros (LIGTERINGEN & VELSKINK, 2012); necessidade de esguichos de água periódicos visando a redução de poeira, no caso de algumas cargas pulverulentas, por questões ambientais; necessidade de vãos internos grandes em armazéns de contêineres. Essas particularidades interferem não só no projeto das instalações de armazenagem, como nas operações portuárias como um todo.

Em relação ao papel das estruturas de armazenagem na capacidade portuária, procura-se fazer com que a restrição de capacidade fique nos berços, que são obras mais onerosas. No entanto, é possível notar situações onde o gargalo de algumas movimentações em portos está na armazenagem, como no caso da movimentação de celulose no Porto de Rio Grande (SEP & LabTrans, 2013b). Isso ocorre porque muitas vezes não há espaço disponível para a construção de novas armazenagens, sobretudo pelo crescimento das cidades ao redor dos portos em função de falta de planejamento urbano. A armazenagem costuma ser mais crítica no caso de carga geral solta e containerizada, devido à necessidade de área de armazenagem mais próxima do cais.

2.1.4 Equipamentos Portuários

Os equipamentos portuários tem função vital nas operações portuárias, especialmente devido à crescente mecanização das tarefas que compõe o processo produtivo dos portos e terminais.

Há diversos condicionantes da escolha de um equipamento portuário, como natureza da carga movimentada, recursos financeiros disponíveis, limitações de esforços verticais no cais e movimentação de projeto do terminal. A adoção do equipamento a ser utilizado para

determinada operação não é universal, sendo uma decisão do operador portuário, especialmente quando o porto trabalha com o modelo *landlord* de gestão, explicado na seção 2.1.7. O treinamento da equipe que realizará a operação é essencial nesse contexto (GROENVELD, 2001).

A divisão dos equipamentos portuários pode ser feita entre os equipamentos utilizados no cais e os utilizados na retroárea. Para movimentações no cais, costumam ser utilizados os seguintes equipamentos: carregadores/descarregadores de navio; guindastes sobre pneus; guindastes sobre trilhos; mangotes; braços mecânicos; guindastes de bordo. Já na retroárea, são utilizados principalmente os seguintes: correias transportadoras, *reachstackers*, *forklifts*, *stacker reclaimers*, moegas, e transtêineres. A Figura 7 ilustra alguns desses equipamentos.

Figura 7. Exemplos de Equipamentos Portuários



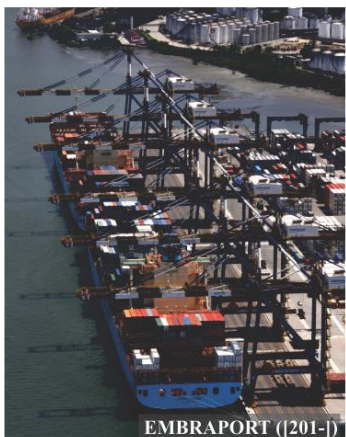
Guindaste sobre pneus
Porto de Itajaí (Itajaí-SC)



Carregador de navios
Porto de Paranaguá (Paranaguá-PR)



Reachstacker
Porto de Helsingborg (Helsingborg-Suécia)



Portêineres
Terminal Embraport (Santos-SP)



Dutos transportadores de combustíveis
Terminal Marítimo Almirante Barroso (São Sebastião-SP)

Fonte: Indicadas na figura

Os carregadores ou descarregadores de navio são equipamentos utilizados no cais para movimentação de granéis sólidos. Costumam ter restrição de sentido, de forma que um equipamento pode apenas receber ou expedir a carga (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012).

Os guindastes sobre trilhos são transladados no cais no decorrer de sua extensão guiados por trilhos. Dessa forma, o cais deve ser adequado a esses esforços, assim como a bitola dos trilhos deve ser compatível com a do equipamento. Um portêiner é um guindaste sobre trilhos voltado exclusivamente à movimentação de contêineres.

O guindaste sobre pneus, também chamado de MHC – *Mobile Harbour Crane*, é um equipamento comum voltado a movimentação de carga geral solta ou containerizada. Possui como característica sua maior mobilidade, ao ser comparado com o portêiner.

Na lança dos guindastes, costumam ser postos *grabs*, ganchos ou *spreaders*, dependendo da operação. Os *grabs* são utilizados para a movimentação de granéis sólidos, e os *spreaders* para a movimentação de contêineres.

Os braços mecânicos e mangotes são equipamentos utilizados para a movimentação de granéis líquidos no cais.

Quanto aos guindastes de bordo, como o próprio nome sugere, os mesmos não são localizados no porto, e sim a bordo da embarcação. São muito úteis justamente por terem acesso a portos que não tem equipamentos de cais que transladam ou só rotacionam. Há guindastes de bordo fixos em locais da embarcação, e outros que conseguem transladar no sentido do comprimento do navio. Podem movimentar desde contêineres a granéis sólidos.

As correias transportadoras, ou esteiras, costumam ser utilizadas para transporte de mercadorias do cais até estruturas de armazenagem de granéis sólidos.

O *stacker reclaimer* é um equipamento utilizado na retroárea de pátios de granéis sólidos minerais. Faz a função de empilhamento e de recuperação da carga nas pilhas.

Os *reachstackers* e transtêineres são equipamentos utilizados para a movimentação de contêineres na retroárea. Já os *forklifts* também podem ser utilizados na movimentação de carga geral.

As moegas tem como função o recebimento ou destinação de granéis sólidos a esteiras, vagões ou caminhões.

Nas operações envolvendo granéis sólidos, costuma-se utilizar de equipamentos como pás carregadeiras para a operação de recheio, que facilita as operações de carga e descarga nos porões dos navios (ANTAQ, [201-]). Essa operação também pode ser feita manualmente

Segundo UNCTAD (1985a, p. 184), nas operações de granéis sólidos, a adoção de mais de um equipamento de cais faz com que a capacidade efetiva total seja menor do que a capacidade efetiva dos equipamentos somados. A publicação traz coeficientes que variam de 1,75 para dois equipamentos a 2,85, no caso de cinco equipamentos. Esses coeficientes são utilizados para a minoração da capacidade efetiva, ao ser feito o produto deles pelo número de equipamentos.

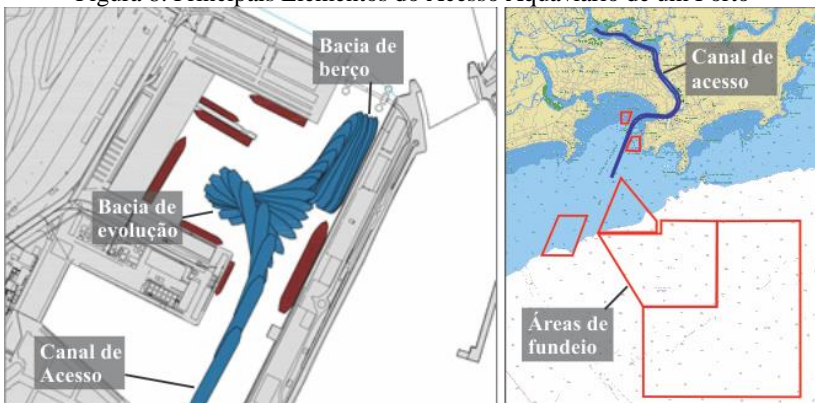
Os equipamentos portuários, especialmente os de cais, possuem grande influência na capacidade portuária devido à importância da capacidade nominal dos mesmos na produtividade dos berços. Os equipamentos disponíveis podem ainda representar restrição da carga máxima a ser içada, ou não serem compatíveis com navios de boca muito grande, restringindo a frota que frequenta o porto. No caso da movimentação de grânéis sólidos, o equipamento costuma restringir o sentido de movimentação da carga, fazendo com que o berço seja dedicado exclusivamente ao embarque ou desembarque.

No caso dos equipamentos de retroárea, eles também podem ser o gargalo do sistema produtivo, ou influenciar a relação entre a carga armazenada e área para armazenagem, podendo levar a uma consequente saturação da retroárea, como ocorre em diversos portos com intenso conflito porto-cidade.

2.1.5 Acesso Aquaviário

O acesso aquaviário é um importante componente de um porto. Seus elementos principais são o canal de acesso, bacia de evolução, fundeadouro e bacias de berço. Os parâmetros de projeto são principalmente embasados nas características das embarcações, considerando manobrabilidade sob influência de vento, correntes e ondas, além de movimentos admissíveis (LIGTERINGEN & VELSEN, 2012). Outro fator que tem grande influência é o transporte de sedimentos. A Figura 8 ilustra os elementos principais mencionados.

Figura 8. Principais Elementos do Acesso Aquaviário de um Porto



Porto de Barcelona (Barcelona-Espanha)

Porto de Santos (Santos-SP)

Fonte: Adaptado de SIPORT21 ([201-]) e BRASIL ([2014?])

O canal de acesso é definido como a ligação hidroviária entre a baía de evolução do porto e águas profundas (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012). Os três parâmetros principais de projeto são alinhamento, largura e profundidade. No que diz respeito a mais detalhes sobre a concepção de projeto, recomenda-se a leitura do guia de projeto para canais de acesso elaborado por PIANC (2014a) e que é referência mundial na área. Um canal de acesso pode ter um ou dois sentidos de navegação, permitir ou não a ultrapassagem de embarcações, dentre outras restrições operacionais.

A baía de evolução ou de giro é o local destinado à manobra das embarcações ao atracarem e desatracarem. O local deve estar protegido da ação de ondas, correntes e ventos, e estar situado preferencialmente próximo aos berços (ALFREDINI & ARASAKI, 2014). Suas dimensões são função do comprimento e manobrabilidade da embarcação-tipo, além do tempo disponível para a manobra.

Fundeadoiro ou área de fundeio é o local onde as embarcações aguardam a permissão para atracar no porto. Naturalmente, existem diretrizes de segurança que devem ser seguidas, e recomendações da Marinha sobre locais onde o fundeio é proibido. As áreas de fundeio são geralmente externas ao porto, no entanto é possível a presença de fundeadouros internos, como ocorre em Santos (PORTO DE SANTOS, 1999).

As bacias de berço são as áreas molhadas destinadas à atracação das embarcações, sendo suas dimensões estabelecidas em função da embarcação-tipo, conforme indicado por diretrizes apontadas por Alfredini & Arasaki (2014) e Ligteringen & Velsink (2012).

As características geométricas do acesso aquaviário podem causar restrição das dimensões das embarcações que frequentam o porto, que são o calado aéreo, calado, boca e comprimento. Isso afeta o perfil da frota que frequenta o porto, como ocorre no Porto de Natal em relação a grandes navios de cruzeiro cujo calado aéreo é incompatível com a altura da Ponte Newton Navarro (GIBSON & CARVALHO, 2014).

Ainda, mesmo que fatores geométricos não limitem a frota do porto ou questões de segurança não interfiram nas horas operacionais, pode ocorrer situação na qual, devido ao grande fluxo de embarcações no acesso aquaviário, o acesso aquaviário constitui-se no elo fraco do processo produtivo de um porto.

Segundo Groenveld (2001), a necessidade de um navio poder entrar e sair de um porto de maneira segura é tão importante para a

eficiência portuária quanto a disponibilidade de berços. A segurança para a entrada depende principalmente da profundidade do canal e de sua largura. Nesse contexto, pode-se afirmar que a eficiência portuária pode ser limitada pelo *layout* portuário, se o mesmo não favorecer a entrada segura das embarcações pelo maior período possível.

O papel da profundidade do acesso aquaviário tem relação com a chance da embarcação tocar o fundo, que depende da cota do fundo, variação da maré, configuração de ventos, calado da embarcação (que é a profundidade menos a folga abaixo da quilha), efeito *squat* da embarcação e movimentos devido às ondas (GROENVELD, 2001). Essas características podem ocasionar a adoção de janela de marés no porto, o que afeta as horas disponíveis para movimentação de carga no cais ou o tempo inoperante da embarcação no cais, além da diminuição do carregamento da embarcação, reduzindo o lote médio observado no porto.

Já a largura do canal de acesso depende da manobrabilidade da embarcação, condições de correntes e ondas e habilidade do controlador humano. Os gargalos podem se constituir em curvas estreitas, corrente de través e influência de bancos de areia, mas se devem principalmente devido à entrada e freada da embarcação (GROENVELD, 2001).

A embarcação deve manter uma velocidade mínima por razões de controlabilidade. A distância para a parada da embarcação pode conflitar com a velocidade mínima de entrada, fazendo com que o piloto ou práctico decida não entrar no porto. Outra limitação pode ser a utilização de rebocadores, necessários para assistência no procedimento de parada e evolução de grandes navios, devido à grande velocidade de entrada da embarcação ou devido a ondas maiores do que 1,5 m (GROENVELD, 2001).

Outro motivo para a limitação das operações náuticas é a restrição da navegação apenas durante a luz do dia (GROENVELD, 2001). Um exemplo é o Porto de Natal, onde não é permitido o tráfego noturno no canal de acesso devido à ausência de defensas na Ponte Newton Navarro. Quando o porto prevê turnos noturnos em seu funcionamento, isso reduz drasticamente a capacidade portuária, e mesmo havendo apenas turnos diários, a entrada e saída das embarcações durante a noite otimiza o uso da infraestrutura portuária (GROENVELD, 2001). Nesse contexto, a adoção de auxílios para a navegação, tais como VTS e VTMS, ajuda a navegação. Essa restrição de navegação interfere no número de horas operacionais disponíveis no ano, e conseqüentemente, na capacidade de movimentação do porto como um todo.

Em suma, o acesso aquaviário pode ter grande influência na capacidade portuária, seja por gerar restrições operacionais, restrição da frota que frequenta o porto, ou devido ao fluxo de tráfego interferir na taxa de chegada das embarcações nos berços. Trata-se de elemento de vital importância em um porto, sendo constante objeto de estudos.

2.1.6 Conexões entre Hinterlândia e Porto

A hinterlândia, também chamada de área de influência, é a região para a qual se destinam ou são originados os fluxos de carga que são movimentados no porto (ANTAQ, 2011a).

O porto pode ser conectado à hinterlândia por meio de acessos rodoviários, ferroviários, hidroviários e dutoviários.

As funções primárias de um porto são a de tráfego, considerando-se o porto um nó logístico, e a de transporte, considerando-se o porto como local de transbordo. Para a função de tráfego, três condições devem ser cumpridas: uma boa porta de entrada, uma boa porta de saída e capacidade suficiente no porto em si (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012). Nesse sentido, as conexões entre o porto e sua hinterlândia fazem o papel de porta de entrada, nas operações de embarque, e porta de saída, nas operações de desembarque.

As conexões terrestres entre hinterlândia e instalações de armazenagem do porto incluem estações de transbordo (como moegas rodoferroviárias), acessos internos, portão de entrada do porto, entorno portuário e as rodovias/ferrovias que levam a mercadoria à hinterlândia.

Os acessos rodoviários são a principal conexão entre portos brasileiros e suas respectivas hinterlândias. Possuem como vantagens a sua capilaridade, transporte porta-a-porta, agilidade para transporte de curta distância. Os acessos rodoviários são grande problema em diversos portos, seja devido ao nível de serviço das rodovias federais/estaduais ou devido ao entorno portuário. Em alguns casos, podem até restringir a movimentação de determinada carga, como por exemplo, cargas de projeto que, devido a um entorno portuário com vias estreitas e baixo raio de curva, são muito compridas para serem transportadas.

Os acessos ferroviários são muitas vezes considerados essenciais aos terminais de maior capacidade, sobretudo aos que transportam *commodities*. Para médias e longas distâncias, o custo de transporte é inferior ao do modal rodoviário. Esse custo é mais baixo principalmente devido à grande capacidade do modal, especialmente quando é utilizada a bitola larga/mista. Embora o modal seja pouco explorado no Brasil (a

densidade da malha ferroviária é baixíssima), há relevância em diversos portos, como no Porto do Itaquí, Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (ambos no Maranhão) e Porto de Santos.

Os acessos hidroviários são outra alternativa ao acesso rodoviário, ao transportar-se a carga por navegação interior ou por cabotagem. O modal possui grandes vantagens devido ao grande volume que um comboio de barcaças (no caso da navegação interior) pode carregar e do custo ser o mais baixo por tonelada movimentada quando se trata de grandes distâncias. No entanto a viabilidade da utilização deste modal para conectar a hinterlândia a um porto depende de diversos fatores, como restrições de navegação nas hidrovias, a embarcação-tipo que passa nas eclusas, assoreamento à jusante de complexos estuarinos, concorrência com outros modais, entre outros.

Ainda, é possível a ligação da hinterlândia com o porto através de acessos dutoviários, no caso de terminais de grânéis líquidos. Um exemplo é o Porto de Aratu, que é interligado ao Polo Petroquímico de Camaçari por meio de dutovia (SEP & LabTrans, 2012a). As dutovias possuem diversas vantagens, tais como: diminuição do custo de transportes; redução da necessidade de armazenamento; menor possibilidade de perdas e roubos; redução do número de caminhões nas rodovias (PORTOGENTE, [201-]d).

As conexões entre o porto e hinterlândia são importante componente de fluxo das mercadorias, e podem ser limitante da capacidade de uma instalação portuária, caso a capacidade de escoamento da carga pelas conexões seja inferior à movimentação do terminal, especialmente em período de safra.

2.1.7 Recursos Humanos e Gestão Portuária

Os recursos humanos, embora não componham a estrutura física de um porto, podem ser tratados como um elemento portuário, pois são componentes do processo produtivo e tem grande impacto no modo como a estrutura é utilizada. É possível estender essa linha de raciocínio não só aos trabalhadores portuários (como estivadores e capatazes), mas também à gestão portuária e os diversos *stakeholders* envolvidos na atividade portuária.

No novo marco regulatório do setor portuário, a Lei 12.815/2013, seis serviços portuários foram tipificados, a saber: capatazia, estiva, conferência de carga, conserto de carga, vigilância de embarcações e

bloco (BRASIL, 2013). O Quadro 1 relaciona essas atividades com sua respectiva descrição.

Quadro 1. Serviços Portuários Tipificados Pela Lei 12.815/2013

Atividade	Descrição
Capatazia	Recebimento e conferência da carga, transporte interno, abertura de volumes para conferência na aduana, manipulação, arrumação e entrega, e embarque e desembarque de cargas quando efetuados por equipamento pertencente ao porto.
Estiva	Difere da capatazia principalmente por tomar lugar nos conveses ou porões das embarcações. As atividades incluem o transbordo, arrumação, peação (fixação da carga nos porões dos navios) e despeação, e embarque e desembarque de cargas quando são utilizados equipamentos de bordo.
Conferência de carga	Anotação de dados como quantidade de volumes, procedência ou destino, características e estado de conservação, além de assistência à pesagem, conferência do manifesto e outros serviços correlatos.
Conserto de carga	Reparo e restauração das embalagens de mercadorias, reembalagem, marcação, remarcação, carimbagem, etiquetagem, abertura de volumes para vistoria e posterior recomposição.
Vigilância das embarcações	Atividade de fiscalização da entrada e saída de pessoas a bordo das embarcações atracadas ou fundeadas ao largo, bem como da movimentação de mercadorias nos portalós, rampas, porões, conveses, plataformas e em outros locais da embarcação
Bloco	Atividade de limpeza e conservação de embarcações mercantes e de seus tanques, incluindo batimento de ferrugem, pintura, reparos de pequena monta e serviços correlatos.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013).

Um problema usual que tem relação com os recursos humanos, em especial com o conferente de carga, e que afeta as operações portuárias é a falta do registro da carga ao ser armazenada, ocasionando a procura pela mesma no momento da retirada (GROENVELD, 2001). Outras situações desempenhadas pelos trabalhadores no dia-a-dia também tem impacto no

desempenho do porto e sua capacidade de movimentação. O treinamento dos recursos humanos possui grande importância para minimização desses problemas e maior aproveitamento do potencial portuário.

Há queixa dos operadores portuários sobre a produtividade dos trabalhadores, assim como a qualidade do trabalho (PORTOS E NAVIOS, 2013). Esse problema afeta menos os terminais de uso privado, que não precisam utilizar a mão de obra de trabalhadores cadastrados no OGMO (OGMO SANTOS, 2015).

Há diversos *stakeholders* no que diz respeito às atividades portuárias, sendo que cada uma tem diferentes visões e poderes de decisão. Como principais partes envolvidas, podem ser citadas: armadores, autoridades portuárias, clientes dos armadores; operadores portuários; e governo (em especial a Prefeitura e o governo federal). Há dificuldade na concordância em relação a diversos aspectos como custos logísticos ótimos, tempos de espera ideais das embarcações e necessidade de ampliação de infraestrutura. O Quadro 2 mostra as principais partes interessadas nas atividades portuárias e seus respectivos papéis e interesses.

Quadro 2. Principais Partes Interessadas ou *Stakeholders* nas Atividades Portuárias

Parte interessada	Função/interesse
Armador	Empresa proprietária do navio. Tem interesse em baixo tempo de ciclo da embarcação e possibilidade de entrar no porto com embarcações maiores e carregadas.
Autoridade Portuária	Responsabilidades variam de acordo com o modelo de gestão. Costuma ser responsável pela manutenção do acesso aquaviário, elaboração de Plano de Desenvolvimento e Zoneamento, dentre outras atividades.
Autoridade Marítima - Marinha	Responsável por normas de navegação, homologação de calados operacionais, dentre outras atividades.
Praticagem	Responsável pelo auxílio às manobras das embarcações.
Clientes dos armadores	Os importadores e exportadores têm interesse em menor tempo de estadia da carga no porto.
Operador portuário	É a pessoa jurídica autorizada a exercer atividades de movimentação de passageiros ou cargas ou armazenagem de cargas, com destino ou origem de acesso aquaviário, dentro da área do porto organizado.
Prefeitura	Interessada principalmente na relação entre o porto e a cidade, avalia impacto das atividades portuárias nas vias do entorno portuário, impacto paisagístico, impacto de possíveis expansões do porto na cidade, empregos diretos e indiretos gerados pelas atividades portuárias.
Governo Federal	Maior parte das obras é financiada por esta parte.

Fonte: (BRASIL, 2013); UNCTAD (1985a)

Os operadores portuários constituem em cada porto organizado um órgão gestor de mão de obra (OGMO) que é responsável por administrar o fornecimento do trabalhador portuário com vínculo empregatício

permanente e do trabalhador portuário avulso (TPA). O órgão também mantém com exclusividade o cadastro e registro desses trabalhadores, além do estabelecimento do número de vagas, a forma e periodicidade para acesso ao registro do TPA, além de arrecadar e repassar aos beneficiários os valores devidos pelos operadores portuários relativos à remuneração desse trabalhador e aos correspondentes encargos fiscais, sociais e previdenciários (BRASIL, 2013).

No que diz respeito à gestão, os principais modelos são o *landlord port*, *tool port* e *service port*. No modelo *landlord*, a Autoridade Portuária é proprietária da terra e dá concessões para empresas do setor privado movimentarem e armazenarem cargas, no entanto, permanece responsável pela infraestrutura e acesso aquaviário. No modelo *tool port*, a Autoridade Portuária permanece responsável em providenciar equipamentos de cais, enquanto a movimentação das cargas é feita por empresas privadas. Já no modelo *service port*, todos os serviços, incluindo manipulação de carga e armazenagem, são fornecidos pela Autoridade Portuária. O modelo mais difundido atualmente é o *landlord port*, embora ainda existam portos, especialmente de países em desenvolvimento, que funcionam no modelo *service port* (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012).

A gestão dividida, que ocorre quando a jurisdição do porto é compartilhada entre um governo central e outro local, é um problema muito comum (GROENVELD, 2001), e prejudica a tomada de decisões.

Outro problema usual, segundo Groenved (2001), principalmente em pequenos portos, é a concentração de muitas tarefas, tais como gerências administrativa, operacional e de engenharia, em uma mesma pessoa. Desse modo, até mesmo a melhoria da eficiência operacional em um curto prazo pode ficar prejudicada, visto que o tempo do profissional é escasso até para tarefas rotineiras.

Segundo Groenvelld (2001), a antevisão de problemas e planejamento da execução de tarefas assim que a entrada da embarcação é permitida no porto é muito importante, sendo que nesse contexto, deve haver boa comunicação com a capatazia, estiva e demais funcionários.

A forma como é dividido, executado e gerido o trabalho no porto tem grande influência na capacidade portuária, de diversas formas: as greves dos trabalhadores reduzem as horas disponíveis no porto; a falta de capacitação dos profissionais e/ou falta de empenho reduz a produtividade das operações; a forma como a gestão é realizada pode implicar em restrições operacionais; o poder de decisão para a aplicação

ou não de recursos visando a ampliação das instalações é influenciado pelo modelo de gestão portuario; dentre outros fatores.

2.2 OPERAÇÕES PORTUÁRIAS

A forma como as operações portuárias são realizadas afeta diretamente a capacidade de um porto, pois tem relação direta com a produtividade das movimentações e a forma como as instalações são utilizadas.

Diversos aspectos de operação portuária são relevantes para a produtividade, e existem boas práticas recomendadas. No entanto, a abordagem de aspectos da operação de portos fica restrita neste trabalho a assuntos que são diretamente relacionados ao cálculo da capacidade de instalações portuárias e análise de indicadores de desempenho portuario.

A maior parte dos conceitos básicos sobre operações portuárias foi abordada na seção 2.1, à medida que foi feita explicação sobre os principais elementos de um porto. No entanto, julga-se também como pertinente a abordagem dos temas natureza de carga e indicadores de desempenho, conforme segue.

2.2.1 Natureza de Carga

As cargas são classificadas pelo modo no qual elas se apresentam para movimentação e manuseio (ANTAQ, [201-]), definido como natureza de carga. Os tipos principais são: carga geral, granéis sólidos e granéis líquidos.

Dentre as cargas gerais, há uma série de particularidades. Essa categoria costuma ser dividida em carga geral unitizada, carga geral rodante, carga geral de projeto ou carga geral solta.

A carga geral rodante, também chamada de Ro-Ro, devido à operação denominada Roll-On/Roll-Off, constitui-se principalmente do transporte de veículos. Os veículos são embarcados com o auxílio de rampa, que geralmente pertence ao armador, dispensando o uso de equipamentos de cais na operação. De maneira semelhante, também é feito embarque de gado vivo, embora essa movimentação seja pouco usual.

As cargas de projeto são cargas pesadas ou volumosas que possuem características próprias de transporte, exigindo estudos de estivação e peação específicos (ANTAQ, 2015). Geralmente essas cargas

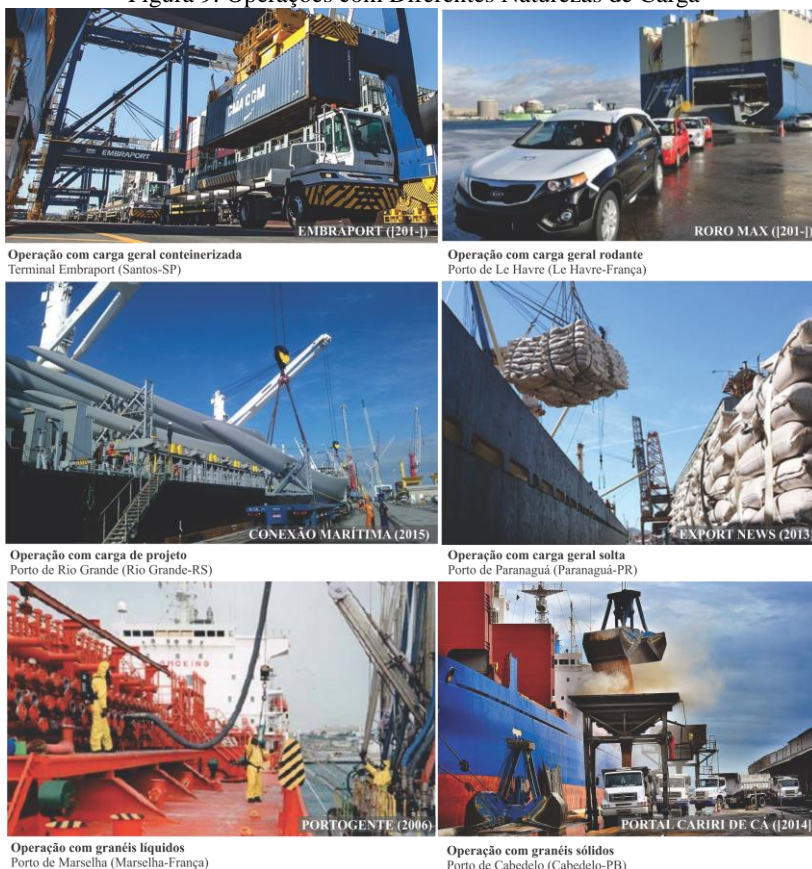
têm dimensões que impossibilitam sua containerização nos contêineres padrões de comprimento 20 pés e 40 pés.

De forma genérica, um granel é uma mercadoria transportada nos porões da embarcação sem recipiente ou embalagem, tomando a forma do local no qual é acondicionada (ANTAQ, [201-]).

Os granéis sólidos são granéis de materiais granulares ou pulverulentos. Na literatura de língua inglesa, essa natureza de carga é chamada de *dry bulk*, o que em tradução literal, corresponderia a granéis secos. Podem ser divididos em minerais (fertilizantes e minério de ferro por exemplo) e vegetais (como soja em grãos, farelo de soja e trigo). Em terminais especializados, um berço que movimenta granéis sólidos costuma ser destinado a apenas um sentido de movimentação (somente embarque ou desembarque).

Os granéis líquidos são as cargas líquidas não unitizadas, incluindo a categoria de gases liquefeitos. Para essas operações, podem ser utilizados tanto mangotes quanto braços mecânicos. A liquefação de gases, seja por resfriamento, pressurização ou combinação de ambos, faz com que o volume da carga diminua consideravelmente, aumentando a capacidade estática das embarcações e a produtividade das movimentações (LIGTERINGEN & VELSKINK, 2012). Dessa forma, não costumam ser movimentados produtos na forma gasosa.

Figura 9. Operações com Diferentes Naturezas de Carga



Fonte: Indicadas na figura

2.2.2 Indicadores de Desempenho Portuário

A análise de desempenho portuário é dificultada por uma série de fatores, dentre eles: grande número de parâmetros envolvidos; falta de dados atualizados, padronizados, confiáveis e disponíveis; divergências entre definições de determinados conceitos; grande influência de fatores locais nos dados; e diferentes interpretações por diferentes interessados sobre resultados idênticos (UNCTAD, 1987).

Sobre os interesses dos diferentes *stakeholders* (armadores, importadores/exportadores, operadores portuários, dentre outros), podem ser observados alguns comportamentos. Os operadores portuários tem

interesse em maximizar a produtividade em termos financeiros. As autoridades portuárias desejam que as estruturas tenham a maior utilização possível, e os importadores/exportadores desejam que a estadia de suas cargas no porto seja a mais breve possível. Já os armadores tem como missão o transporte de carga no tempo combinado e a custo baixo, estando preocupados com capacidade portuária, tempo de viagem de seus navios (o que inclui o tempo de ciclo dos navios no porto) e confiabilidade de serviço dos portos (PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA, 2015).

Dito isso, uma avaliação significativa do desempenho de um porto não pode considerar apenas uma única visão. Devem ser considerados: tempo de estadia da embarcação no porto; qualidade do manuseio de carga; qualidade do serviço de transbordo de carga à hinterlândia do porto. Esses aspectos não devem ser considerados isoladamente por serem extremamente correlacionados (UNCTAD, 1987).

Os indicadores devem ser fáceis de serem calculados e simples de serem entendidos (UNCTAD, 1976).

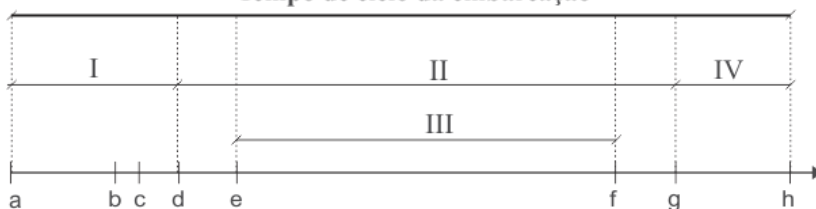
A coleta de dados tem diversas razões, sendo as duas principais a possibilidade da melhoria das operações e possibilidade de planejamento do desenvolvimento do porto. A principal razão é providenciar informações gerenciais para planejamento e controle (UNCTAD, 1976).

O planejador portuário deve atentar para mudanças de condições (como mudanças comerciais, leis trabalhistas, mudanças de linhas regulares de navios, tecnologia de equipamentos portuários), escassez de gestores executivos bem treinados, escassez de recursos financeiros. (UNCTAD, 1976).

Segundo UNCTAD (1985b), a avaliação do desempenho portuário é a última tarefa do planejamento operacional, sendo um exercício onde o manuseio de carga, o planejamento, organização e supervisão das operações são analisados minuciosamente. Com isso, é possível avaliar o desempenho do berço, identificar problemas ou fraquezas no planejamento ou práticas operacionais, estabelecer as causas do mau desempenho e tomar ação cabível para removê-las ou mitigá-las.

Os diferentes tempos envolvidos no ciclo da embarcação no porto são importantes parâmetros para avaliação do desempenho operacional. A Figura 10 ilustra os períodos e marcos mais relevantes de uma atracação em um porto.

Figura 10. Tempo de Ciclo da Embarcação e Suas Principais Subdivisões



LEGENDA

Marcos

- a - Chegada no porto
- b - Berço disponível para atracação
- c - Ida ao berço
- d - Chegada no berço
- e - Início da operação
- f - Término da operação
- g - Saída do berço
- h - Saída do porto

Tempos

- I - Tempo de espera pré-atracação
- II - Tempo de atracação
- III - Tempo operacional no berço (alterna períodos de movimentação e inoperação)
- IV - Demora devido à navegação

Fonte: UNCTAD (1987, p. 3); PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA (2015)

A seguir, são comentados os indicadores de desempenho operacional considerados mais relevantes de acordo com as publicações consultadas (UNCTAD, 1985a; UNCTAD, 1985b; UNCTAD, 1976; UNCTAD, 1987; PIANC, 2014b; CHUNG, 1993; PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA, 2015).

Para fins de avaliação do desempenho operacional, é sugerida a subdivisão do período em: tempo de berço não ocupado; tempo no qual há ocupação mas não operação; tempo no qual há ocupação e operação; e tempo no qual há ocupação mas não há condições para operação (UNCTAD, 1987).

Os principais dados a serem coletados são tempo e volumes movimentados. Sobre tempo, é desejável saber o tempo de ciclo do navio, tempo de espera, taxa de ocupação, horas de movimentação no berço, tempo de permanência das cargas, e número de movimentos de guindaste por hora. Como um primeiro passo, é recomendado o registro do tempo de permanência da embarcação no porto e quantidade movimentada (UNCTAD, 1985a).

Segundo UNCTAD (1987), os indicadores mais importantes são: tempo de ciclo do navio e suas subdivisões; e indicadores de produtividade e de movimentação, por berço, embarcação e equipe de

trabalhadores. Os indicadores de movimentação avaliam o quanto ativa é uma estrutura, e os de produtividade avaliam o quão eficiente é a utilização da mesma em termos monetários. Nesse sentido, deve ser considerado que há custos fixos e variáveis, que dependem da movimentação do porto.

Nas fontes mais antigas consultadas, como UNCTAD (1976), o termo *gang productivity* é bastante utilizado e é dada grande importância a esse indicador. Nas fontes mais recentes, especialmente que abordam sobre terminais de contêineres, a avaliação desse indicador deu lugar à avaliação da produtividade de guindaste, devido à crescente mecanização das atividades relacionadas à movimentação de carga.

O índice de ocupação de cais é um indicador muito importante, mas não fornece resposta direta das razões dos valores encontrados, nem a produtividade durante a ocupação (UNCTAD, 1987).

São citados por UNCTAD (1976) como indicadores financeiros a razão entre receitas ou custos pelo total de carga movimentado. Essas receitas são advindas da ocupação do cais e manipulação de carga, enquanto os custos são em razão de salário de trabalhadores e equipamentos portuários.

Para indicadores operacionais, são citados por UNCTAD (1976) principalmente o tempo de ciclo de navio, produtividade por hora de atendimento e a produtividade por equipe. Outros de menor importância são a taxa de chegada das embarcações, tempo médio de espera, tempo médio de atracação, lote médio, taxa de utilização do berço (razão entre horas operacionais no berço e horas nas quais as embarcações estiveram atracadas), número de equipes empregadas por navio por turno, produtividade por hora de atracação, taxa de ociosidade das equipes. Deve-se atentar para a estocasticidade desses indicadores (1976).

Segundo PIANC (2014b, p.56), os três principais indicadores de desempenho de um terminal de contêineres são a produtividade de berço, produtividade de retroárea e produtividade de equipamento de cais.

O conceito de produtividade de berço nesse caso diz respeito à razão entre a quantidade de TEUs (*Twenty-foot Equivalent Unit*, ou unidade de equivalência em 20 pés, em tradução livre) movimentada no ano por metro de comprimento de cais, no caso de terminais de contêineres. O valor desse indicador é proporcional ao comprimento de cais, profundidade dos berços e canal de acesso e quantidade e produtividade de equipamentos de cais (PIANC, 2014b).

A produtividade de retroárea é o segundo fator mais crítico de um terminal. Esse valor depende da área disponível e da densidade de

armazenagem. Em princípio, quanto mais contêineres armazenados por área, menor a sobra de capacidade e maiores os custos operacionais do terminal, devido ao maior número de operações de relocação de carga.

Essa produtividade pode ser expressa de maneira estática (TEU/ha) ou em valores dinâmicos (TEU/ha/ano) (PIANC, 2014b).

Quanto à produtividade de equipamento de cais, são desejáveis velocidade, confiança e disponibilidade dos equipamentos. A forma mais comum de ser avaliada pelos armadores (consistindo-se em indicador de tomada de decisão por parte dessas companhias) é a taxa bruta, que consiste na divisão entre o total de contêineres movimentados e número de horas de funcionamento dos equipamentos de cais em conjunto (PIANC, 2014b).

Segundo UNCTAD (1985b), há quatro principais categorias de indicadores de desempenho portuário, a saber: indicadores de movimentação (quantidade de trabalho efetuado, isto é, carga movimentada, no que diz respeito à movimentação no berço, nos navios e por equipe de trabalhadores); indicadores de serviço (avaliam qualidade do serviço, como por exemplo, tempo de ciclo do navio); indicadores de utilização (indicam o quanto os recursos são utilizados, como por exemplo, taxa de ocupação de berço) e indicadores de produtividade (indicadores de custo-benefício, como custo por tonelada de carga movimentada).

Para indicadores de serviço, o tempo de ciclo de navio é a principal medida, assim como os seus componentes, como tempo de espera e tempo de atracação do navio. Outro indicador é o *ship outturn*, podendo ser traduzido para “resultados do navio”, que é uma lista completa da carga movimentada. Comparado com o manifesto de carga, pode ser feita lista da carga faltante, da carga excedente e de cargas danificadas, indicando a qualidade do serviço de manuseio da carga (UNCTAD, 1985b).

Para indicadores de utilização, o indicador relevante é o tempo de operação no berço. É desejável que o tempo inoperante no cais seja reduzido ao máximo, e que haja movimentação de cargas durante a maior parte do tempo de atracação da embarcação (UNCTAD, 1985b).

É sugerido cálculo mensal de outros indicadores, como ocupação de berço, utilização da armazenagem, tempo médio das embarcações em trânsito (o que afeta os tempos de armazenagem de cargas), disponibilidade de equipamento (UNCTAD, 1985b). A sugestão de acompanhamento mensal dos indicadores também é feita por UNCTAD (1976).

Quanto à produtividade, devem estar disponíveis custos como por exemplo, custos dos trabalhadores portuários, custos de manutenção de equipamentos, combustíveis, dentre outros. A partir desses dados, o custo de trabalho por tonelada e o custo total por tonelada de carga movimentada podem ser calculados. (UNCTAD, 1985b).

A razão entre o tempo de espera e o tempo de serviço é comumente utilizada como indicador do nível de serviço (UNCTAD, 1985a). Segundo a publicação, essa razão não deve ser superior a 10 a 50%. No entanto, deve-se atentar que o indicador fica mais favorável quando o tempo de atendimento aumenta. Dessa forma, é recomendado apenas que o tempo de ciclo da embarcação seja considerado. No entanto, Chung (1993) diz que a razão entre tempo de espera e tempo de atracação, chamada de taxa de espera, é um indicador importante de possível congestionamento das embarcações.

Segundo Chung (1993), o tempo de ciclo do navio também é essencial. No entanto, não deve ser visto de maneira isolada, pois depende do lote médio, estrutura disponível e características da carga movimentada. Dessa forma, o tempo de ciclo do navio deve ser considerado para diferentes categorias de embarcações, considerando naturezas de carga e tipos de navegação. A publicação também considera importante o volume movimentado em toneladas por hora de atendimento.

A produtividade é geralmente medida em termos de carga movimentada por unidade de trabalho por hora. Em termos de carga geral, a estação de trabalho são as equipes, e no caso de contêineres, o guindaste (CHUNG, 1993).

Para carga geral, um indicador mais produtivo seria a carga movimentada por trabalhador por hora. No entanto, o tipo de carga e tamanho do lote têm influência no desempenho da equipe, sendo que quanto mais homogênea e em maior quantidade a carga é movimentada, maior a produtividade (CHUNG, 1993).

A avaliação do desempenho portuário do ponto de vista do exportador/importador é mais simples, pois só depende do tempo de permanência da carga no porto. Um tempo alto de estadia indica que as operações portuárias estão ineficientes. No entanto, é impossibilitada uma análise mais minuciosa, pois não há separação entre os diversos procedimentos que ocorrem na retroárea, como desembarço alfandegário e espera pelos navios (CHUNG, 1993).

A avaliação dos ativos de um porto é feita em relação à tonelagem da carga movimentada do porto. Os ativos principais de um porto são seus

berços. No sentido de avaliá-los, um indicador seria a razão entre movimentação total e o número de berços ou metros lineares de cais (CHUNG, 1993).

Outro indicador seria o grau de utilização do berço, que é a razão entre horas operacionais e horas de atracação no berço, que em termos de avaliação de ativos portuários, é mais adequada do que a taxa de ocupação do berço (CHUNG, 1993).

Segundo a UNCTAD (1985a), somente a média dos tempos de espera de um grande número de navios pode ser discutida, em vez de haver reclamação por parte dos armadores em relação à espera excessiva de poucos navios.

A prática seria, para o tempo e entre atracações sucessivas, medi-lo porém excluí-lo das medidas de utilização de berço, com a justificativa de que esse tempo não é utilizado para a movimentação de carga (PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA, 2015). No entanto, esse tempo pode ser interpretado como um tempo inoperante, e dessa forma, ser contabilizado no tempo de atendimento da embarcação.

Segundo a agência reguladora dos portos da África do Sul, os indicadores mais comumente utilizados, são: produtividade de berço (TEU/m de cais), produtividade de equipamento de cais (TEU/equipamento/hora), produtividade de retroárea (TEU/ha) e produtividade da força de trabalho (TEU/trabalhador) (PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA, 2015).

A NPA, autoridade jurídica da África do Sul, avalia o desempenho portuário por trecho do porto. Na ancoragem, são considerados os atrasos para atracação; no berço, a taxa de ocupação, taxa de utilização, movimentos de guindaste por hora e tempo de operação do navio; no terminal, a movimentação total e tempos de permanência da carga; e nos pontos de conexões intermodais, tempo de ciclo de caminhões, tempos de espera de caminhões, tempo de ciclo de comboios e pontualidade dos trens. (PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA, 2015)

O Quadro 3 sintetiza os principais indicadores de desempenho operacional portuário, relacionando-os com as fontes consultadas.

Quadro 3. Principais Indicadores de Desempenho Operacional Portuário

Fonte	Principais indicadores recomendados
UNCTAD (1985a)	Tempo de ciclo da embarcação; tempo de espera; índice de ocupação de cais; tempo de permanência das cargas; movimentos de guindaste por hora.
UNCTAD (1985b)	Tempo de ciclo da embarcação e suas subdivisões; índice de ocupação de cais; utilização da armazenagem; custo da mão de obra por tonelada movimentada; custo total por tonelada movimentada.
UNCTAD (1976)	Tempo de ciclo da embarcação; produtividade por hora de atendimento; produtividade por equipe.
UNCTAD (1987)	Tempo de ciclo da embarcação e suas subdivisões; indicadores de produtividade (financeiros) e de movimentação (volume movimentado) por berço, tipo de embarcação e equipe de trabalhadores; índice de ocupação de cais.
PIANC (2014b)	Produtividade de berço; produtividade de retroárea; produtividade de equipamentos de cais.
CHUNG (1993)	Tempo de ciclo da embarcação; movimentação por estação de trabalho por hora; tempo de permanência das cargas; taxa de espera; movimentação total pelo número de berços ou metros lineares de cais; grau de utilização do berço.
PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA (2015)	Produtividade de berço; produtividade de retroárea; produtividade de equipamento de cais; índice de ocupação de cais; taxa de utilização de cais; movimentos de guindaste por hora; tempo de operação do navio; movimentação total; tempo de permanência das cargas; tempo de ciclo de caminhões; tempos de espera de caminhões; tempos de ciclo de comboios.

Fonte: Indicadas na tabela

Segundo UNCTAD (1985b), o próximo passo após ser consolidada a medição de dados e mantido um banco de dados de um porto é o compartilhamento desses valores para identificar lições aprendidas e boas práticas, ao se comparar indicadores de portos com características similares. Isso ainda ocorre de maneira pouco expressiva,

exceto no caso de terminais de contêineres, a exemplo dos valores de referência da produtividade desses terminais publicados por PIANC (2014b). Trata-se de natureza de carga que representa apenas 15,6% do total movimentado mundialmente em toneladas, embora corresponda a mais da metade ao ser considerado o valor agregado da mercadoria (UNCTAD, 2013, p. 88).

O que ocorre, segundo a UNCTAD (1985b), é a comparação do desempenho portuário do mesmo porto com ele mesmo em anos anteriores, em vez de compará-lo com o desempenho atual de seus competidores. Essa perspectiva não seria a mais correta. No entanto, segundo a UNCTAD (2013), não só as autoridades portuárias estão coletando mais dados, como também seus clientes, de forma que isso faz com que a tendência seja disponibilidade de dados cada vez maior.

2.3 CAPACIDADE DE INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS

2.3.1 Diferentes Definições Sobre Capacidade de Instalações

Portuárias

Segundo PIANC (2014b), a capacidade em termos de movimentação de carga, é uma medida dos volumes que podem ser movimentados a um dado nível de serviço. Em princípio, segundo a publicação, a capacidade de um porto é função do calado das embarcações, comprimento de cais, valores de retroárea, uso da retroárea, horas operacionais e produtividade de movimentação comparadas com portos de referência.

A visão da SEP/PR e do LabTrans é parecida, embora na avaliação da capacidade de portos existentes, não sejam utilizados valores *benchmark* e sim dados da própria estatística portuária. Segundo SEP/PR & LabTrans (2013a):

Os problemas com o cálculo da capacidade derivam de sua associação íntima com os conceitos de utilização, produtividade e nível de serviço. Um terminal não tem uma capacidade inerente ou independente; sua capacidade é uma função direta do que é percebido como uma utilização plausível, produtividade alcançável e nível de serviço desejável. Colocando de forma simples, a

capacidade do porto depende da forma como que suas instalações são operadas.

A função do cálculo de capacidade de instalações portuárias é fornecer uma ligação entre nível de serviço alcançado e três fatores, a saber: a demanda nas instalações portuárias; a capacidade fornecida; e o desempenho esperado nas condições locais (UNCTAD, 1985, p.121). Essa visão vai em encontro à da SEP/PR e LabTrans.

Para o planejamento de instalações portuárias, devem ser considerados diferentes cenários de movimentação de cargas e no decorrer de vários instantes de tempo, de forma que um bom método deve ser rápido e fácil (UNCTAD, 1985a).

Em muitos casos, é difícil apontar as causas de congestionamentos devido aos diversos parâmetros envolvidos em um sistema portuário (GROENVELD, 2001), de forma que uma análise com parâmetros que possam ser controlados e observados é desejável. No caso de identificação de déficit de capacidade, uma análise desses parâmetros controláveis pode identificar intervenções a serem feitas, sempre buscando primeiro intervenções menos onerosas, como melhora das produtividades operacionais, redução do tempo inoperante, ou mudança no regime de prioridade de atracações.

A capacidade de um porto como um todo leva em conta não só a capacidade de cais, mas também a do acesso aquaviário, da armazenagem, do gate de entrada, acessos terrestres e a interação entre todos esses processos.

A capacidade teórica é a capacidade máxima de projeto de um componente portuário, enquanto a capacidade instalada é a capacidade máxima operacional do componente portuário sem congestionamento.

A capacidade nominal de um equipamento é baseada na movimentação de uma mercadoria específica em condições operacionais próximas do ótimo (UNCTAD, 1985a, p. 184).

É interessante a abordagem dos conceitos de capacidade máxima instantânea, capacidade máxima anual e capacidade anual ótima, conforme Ligteringen & Velsink (2012).

A capacidade máxima instantânea pode ser obtida por apenas curto período de tempo, com produtividade máxima de equipamentos, trabalhadores portuários descansados, embarcação cheia (no caso de movimentação de granéis sólidos), dentre diversos fatores. Este valor é de pouco interesse ao planejador portuário, no entanto é de interesse para o projeto de esteiras e dutos, por exemplo, para evitar entupimento (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012). Além disso, considerando que o

custo de aquisição de equipamentos de cais costuma ser mais oneroso do que o da aquisição desses equipamentos de retroárea, é desejável que o gargalo da movimentação seja mantido na movimentação no cais.

A capacidade máxima anual é a capacidade média por hora (considerando-se uma boa amostra de dados) multiplicada pelas horas do ano, ou seja, uma situação na qual há 100% de ocupação de cais, e considerando que não há restrições do fluxo da carga em terra. Novamente, este valor também não é de interesse ao planejador, pois tal índice de ocupação levaria a grandes filas de modo a levar a excessivas esperas das embarcações, levando à perda de clientes por parte do porto.

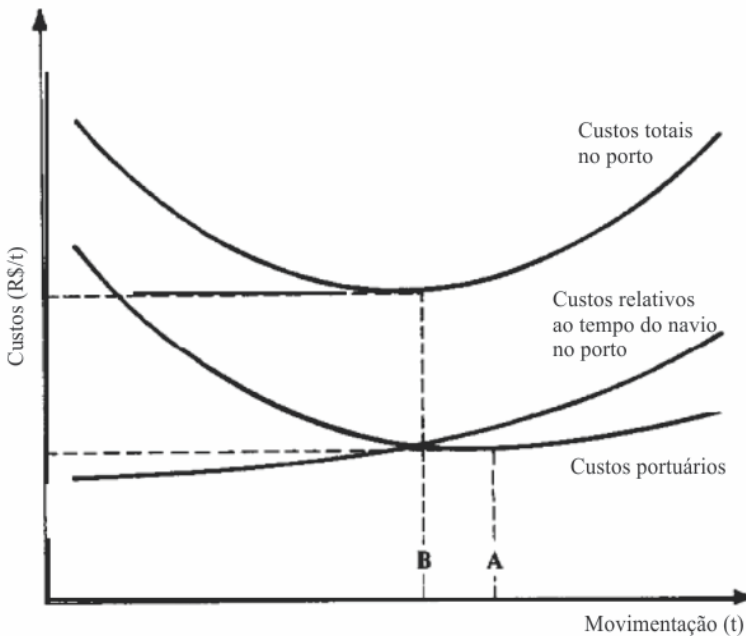
A capacidade anual ótima, por sua vez, é de maior interesse ao planejador portuário. Um método é definir a capacidade para a qual a razão entre os custos totais e a movimentação de carga em toneladas atinja um valor mínimo. Esse custo total inclui todos os custos fixos e variáveis no terminal além dos custos relativos às embarcações durante o atendimento e espera, incluindo taxas portuárias (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012). Na prática, a determinação desse custo é difícil, em função das diversas partes envolvidas, no caso, Autoridade Portuária, operadores portuários, armadores e seus clientes.

Essa capacidade ótima não necessariamente se refere a custos econômicos diretos, podendo ser relacionada ao nível de serviço. Essa questão é mais evidente no caso de terminais de contêineres, onde são estabelecidos tempos máximos de espera e atendimento das embarcações a serem respeitados para determinado percentual de embarcações que visitam o terminal (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012).

Em termos de custos totais, devem ser adicionados os custos portuários e o custo do navio no porto devido ao tempo de ciclo (UNCTAD, 1985a).

Nesse contexto, há dois pontos de custos mínimos, sendo um correspondente à curva dos custos do porto e outro correspondente aos custos totais, sendo que para esse último, a movimentação de cargas é menor. Segundo UNCTAD (1985a), o ponto mais importante e que deve ser considerado pelos planejadores portuários é o ponto de custos totais. A Figura 11 ilustra essa característica.

Figura 11. Variação dos Custos Totais no Porto em Função da Movimentação de Carga



Fonte: Adaptado de UNCTAD (1985a, p. 29)

2.3.2 Sobra de Capacidade

Segundo UNCTAD (1985a), deve haver sobra de capacidade para o caso do aumento do tráfego, pois embora possam ser tomadas medidas emergenciais em tais situações, melhorias da produtividade das movimentações são muito difíceis de serem introduzidas e mantidas. Assim, deve haver reserva de capacidade que deve ser utilizada somente em momentos de pico. No entanto, deve haver um equilíbrio entre o investimento em sobra de capacidade e a probabilidade das instalações portuárias ficarem congestionadas.

Existem diversas formas de se obter reserva de capacidade. A principal é providenciar espaço adicional de berço, porém é também a mais onerosa. Uma solução apontada é o desembarque da carga do navio diretamente para barcaças e após, para berços de barcaças, que são mais baratos. Outra opção é, no caso de terminais que foram expandidos e

possuem berços obsoletos, utilizar esses berços como reserva de capacidade para períodos de pico. Outros fatores que podem ser avaliados visando capacidade adicional são: produtividade, número de equipes locadas por navio, horas de berço disponíveis e jornada de trabalho. Devem ser procuradas soluções baratas, simples e factíveis para a realidade do porto analisado (UNCTAD, 1985a).

Os dias reservados para a manutenção e trabalhos de dragagem não pode ser considerados como tempo de reserva, já que essas atividades são essenciais para a capacidade do berço, embora possa ser pensada alguma flexibilidade no agendamento desses trabalhos, evitando períodos de pico (UNCTAD, 1985a). Assim, há maior espaço para o número de horas trabalhadas.

Ainda, segundo UNCTAD (1985a), pode ser feito:

- Aquisição de guindastes móveis de fora do porto;
- Contratação de trabalhadores extras, aumentando o número de equipes por navio;
- Maior celeridade no reparo de equipamentos ao serem adquiridas partes extras dos mesmos;
- Aquisição de barcas adicionais, e realização de movimentação na linha de cais e no outro lado da embarcação;
- Abertura de espaços adicionais para armazenagem;
- Aquisição de equipamentos extras de retroárea;
- Priorizar embarcações grandes com mercadorias perecíveis.

2.3.3 Influência da Sazonalidade

A sazonalidade, além de estar relacionada às épocas de plantio e colheita de grãos vegetais, pode estar relacionada a situações de mercado, como por exemplo, queda no preço de commodities de importação, ou aumento no preço de commodities de exportação (UNCTAD, 1985a).

Ao se detectar sazonalidade nas movimentações, a primeira ação que o planejador portuário deve fazer é a persuasão dos armadores e planejadores de indústrias a suavizar essa característica. Uma solução é a estocagem de mercadorias, processamento de produtos agrícolas para formas não perecíveis, ou procurar carga complementar para movimentar durante a baixa temporada (UNCTAD, 1985a).

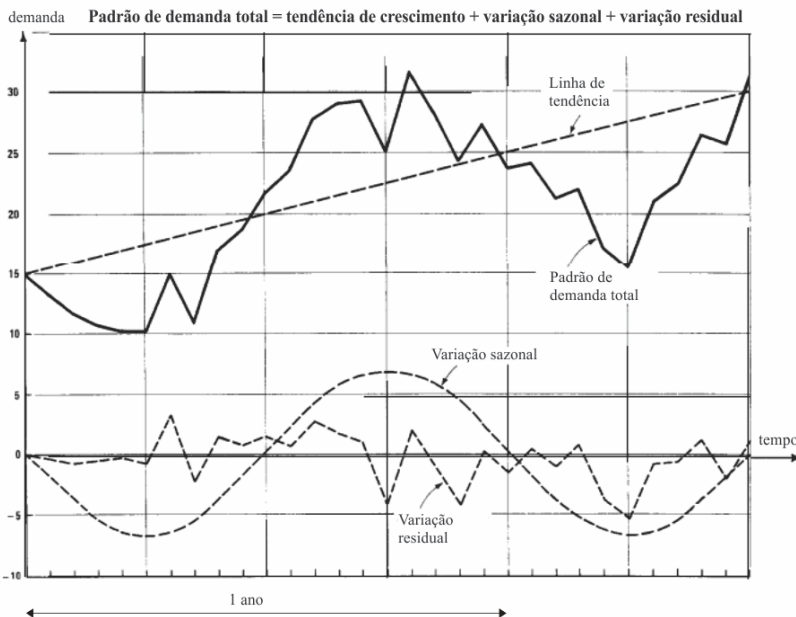
Ao ser inevitável a variação sazonal, o nível de serviço do terminal será pior durante o período pico, pois se a movimentação de projeto considerar a média do ano, haverá grandes filas, e se considerar o mês de

pico, haverá subutilização da estrutura. Deve ser aceito um nível de atraso durante período de pico, e trabalhar com as medidas para sobra de capacidade. Outra solução é a retirada de equipamentos especializados na movimentação de produtos fora da temporada, possibilitando a movimentação de outras cargas (UNCTAD, 1985a).

Essas medidas são menos onerosas do que providenciar a sobra de capacidade comentada anteriormente.

Quanto à questão da variação da demanda, após serem registradas as movimentações mensais por anos, pode ser verificado padrão cíclico de variação sazonal. Dessa forma, pode ser definido um padrão da demanda total, que seria a soma da tendência de crescimento, variação sazonal e uma variação residual, conforme mostra a Figura 12.

Figura 12. Padrão de Demanda com Variação Sazonal



Fonte: Adaptado de UNCTAD (1985a)

Outro fator que é relacionado à sazonalidade e que interfere na capacidade de um porto é a característica da produtividade aumentar com a ocupação de cais, conforme apontado por UNCTAD (1985a, p. 29).

3 METODOLOGIA

A escolha do método a se utilizar para o cálculo da capacidade de cais depende da precisão que se deseja obter, dados disponíveis e do tempo disponível para realização dos cálculos.

Como métodos de cálculo, podem ser utilizadas regras empíricas, teoria das filas, técnicas de programação linear ou simulação computacional (GROENVELD, 2001).

3.1 ESTIMATIVAS APROXIMADAS

Para fins de se realizar uma primeira estimativa, utilizam-se equações simplificadas com valores *benchmark* como entrada.

A Equação 1 é uma fórmula adaptada de Ligteringen & Velsink (2012).

$$C = P \times N \times A \times \rho \quad (1)$$

Onde:

C é a capacidade do berço (t/ano);

P é a produtividade efetiva do equipamento de cais (t/h);

N é o número de equipamentos de cais (adimensional);

A é o número de horas operacionais no ano (h);

ρ é o índice de ocupação de cais (adimensional).

Nota-se que esse método não considera o tempo para atracação e desatracação no berço. Os tempos inoperantes, diluídos na produtividade efetiva do cais, são estimados com grande imprecisão. Porém, essa estimativa fornece uma ordem de grandeza do valor de forma rápida e com poucos dados.

A mesma fonte ainda indica que um método mais preciso para o cálculo seria o produto entre o lote médio e o número de atracações esperado. Esse método converge com o utilizado pelo LabTrans/UFSC, conforme exposto na seção 3.3 deste relatório.

Os valores adotados para a ocupação do cais podem variar bastante, dependendo do nível de serviço adotado e do padrão de filas. Em terminais de contêineres de países desenvolvidos, um índice de 0,35 é adotado por pressão dos armadores (LIGTERINGEN & VELSINK, 2012). Em países em desenvolvimento, esses índices podem chegar à faixa de 80 a 90%, dependendo da natureza de carga.

3.2 TEORIA DE FILAS

A teoria de filas é um ramo da matemática aplicada que utiliza conceitos de processos estocásticos. Foi desenvolvida com intuito de prever flutuações de demanda com base em dados observados e possibilitar que um estabelecimento forneça um serviço adequado para seus clientes com tempo de espera aceitável. Trata-se de um método analítico (SAATY, 1961).

Além disso, a teoria possibilita o entendimento da situação da fila, possibilitando melhor controle da mesma. A teoria possibilita previsões sobre tempos de espera, número de usuários na fila a qualquer instante, número de usuários em um período de congestionamento e assim por diante (SAATY, 1961).

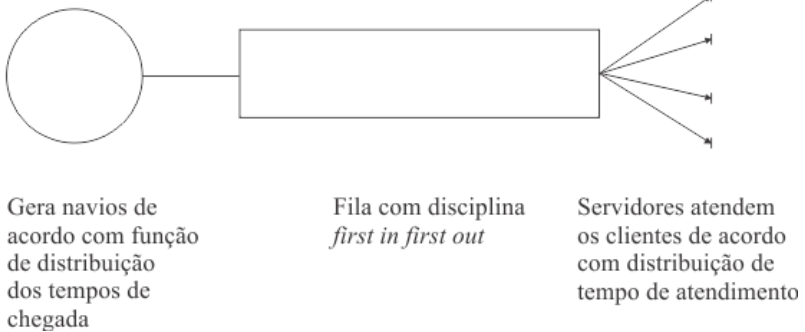
O estudo das filas é concentrado principalmente no aspecto econômico, estudando situações como minimização de perdas de tempo e ineficiência operacional, e de forma geral, investimento humano e financeiro (SAATY, 1961).

A existência de uma fila envolve a chegada de usuários que esperam atendimento de um sistema que fornece o serviço que eles procuram. Os tempos entre chegadas sucessivas dos usuários, assim como os tempos de atendimento nos servidores, podem ser expressos por meio de distribuições estatísticas. Já o sistema possui uma disciplina (*first in first out*, por exemplo) e um número de servidores (GROENVELD, 2001).

No caso da aplicação da teoria de filas a portos, os clientes são as embarcações e os servidores são os berços. A fila física das embarcações é localizada na área de fundeio. Conforme mencionado na seção 2.1.2 deste relatório, o custo de espera das embarcações é altíssimo, de forma que fica inaceitável ao armador a tolerância de tempos de ciclo de navio muito altos.

A Figura 13 ilustra o esquema simplificado dessas filas.

Figura 13. Representação Esquemática de Sistema de Filas Aplicado a Portos Gerador de navios Fila Berços



Fonte: Adaptado de Groenveld (2001)

Considerando-se a disciplina de filas *first in first out*, ou seja, a que os usuários são atendidos na ordem que chegam, um sistema pode ser descrito pela distribuição dos tempos de chegada dos usuários, distribuição dos tempos de atendimento e o número de servidores no sistema. Kendall designou uma notação que consiste na combinação de duas letras, que representam as distribuições, e um número, que representa o número de servidores (GROENVELD, 2001).

As principais funções utilizadas em teoria de filas são a distribuição negativa exponencial, designada pela letra M; distribuição Erlang, designada pela notação E_k ; distribuição determinística, designada pela letra D; e a distribuição geral, designada pela letra G. As expressões dessas distribuições são mostradas no Quadro 4.

Quadro 4. Expressões das Principais Distribuições de Probabilidade Aplicáveis à Teoria de Filas

Distribuição	Expressão
Negativa exponencial - M	$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$
Erlang - E	$f(t) = \frac{(k\mu)^k \times t^{k-1} e^{-k\mu t}}{(k-1)!}$
Determinística - D	$F(t) = \int_0^t f(\mu) \lambda \mu = \begin{cases} 0 & \text{se } t < a \\ 1 & \text{se } t > a \end{cases}$
Geral - G	Nenhuma premissa é adotada sobre a forma da distribuição

Fonte: GROENVELD (2001)

As filas M/M/s, M/D/s e M/G/1, com a letra “s” expressando um número genérico de servidores, possuem solução analítica (HILLIER & LIEBERMAN, 2001). Há outras soluções aproximadas, como das filas $E_k/E_m/1$ (GROENVELD, 2001) e M/ E_k /s (HILLIER & LIEBERMAN, 2001). Trata-se de um campo de estudo que vem sendo estudado por décadas e ainda é constante objeto de pesquisas.

Neste trabalho, foi utilizado o modelo de filas M/G/1, que utiliza a fórmula de Pollaczek-Nhintchine, conforme exposto em Hillier & Lieberman (2001, p. 871). A fórmula pode ser adaptada e expressa através da Equação 2.

$$W_q = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + \rho^2}{2\lambda(1 - \rho)} \quad (2)$$

Onde:

W_q é o tempo médio de espera dos clientes (h);

λ é a taxa média de chegadas sucessivas de clientes (clientes/h);

σ^2 é a variância da distribuição dos tempos de atendimento (h^2);

ρ é o índice de ocupação (adimensional).

O objetivo para o estudo conduzido é encontrar o índice de ocupação admissível para dado tempo médio de espera. Segundo Hillier e Lieberman (2001), o índice de ocupação de cais é a razão entre a taxa média de chegadas sucessivas e a taxa média de atendimento. Dessa forma, é possível expressar na Equação 2 a taxa média de chegadas sucessivas como o produto da taxa média de atendimento pelo índice de ocupação. Com isso, sendo definido o tempo médio de espera admissível, a taxa média de atendimento dos clientes e a variância da distribuição dos tempos de atendimento, é possível encontrar o valor do índice de ocupação de cais. A variável pode ser isolada a partir da Equação 3, que é do segundo grau e é derivada da Equação 2.

$$(\sigma^2 \mu^2 + 1 + 2\mu W_q)\rho^2 + (-2\mu W_q)\rho = 0 \quad (3)$$

Onde:

ρ é o índice de ocupação (adimensional);

μ é a taxa média de atendimento de clientes (clientes/h);

W_q é o tempo médio de espera dos clientes (h);

σ^2 é a variância da distribuição dos tempos de atendimento (h^2).

Descartando-se a solução nula da Equação 3, obtém-se a expressão da Equação 4.

$$\rho = \frac{2\mu W_q}{\sigma^2 \mu^2 + 1 + 2\mu W_q} \quad (4)$$

Onde:

ρ é o índice de ocupação (adimensional);

μ é a taxa média de atendimento de clientes (clientes/h);

W_q é o tempo médio de espera dos clientes (h);

σ^2 é a variância da distribuição dos tempos de atendimento (h^2).

O tempo de espera médio adotado como admissível neste trabalho foi de 24 horas, em conformidade com o adotado para a região do Porto Novo no Porto do Rio Grande, no Plano Mestre elaborado pela cooperação SEP/PR e LabTrans/UFSC (SEP/PR & LabTrans, 2013b, p. 288).

Segundo UNCTAD (1985a), a espera média de um dia tem o seguinte significado: 55% dos navios não precisaram esperar nada; 10% tiveram que esperar mais de 4 dias; 5% tiveram que esperar mais de 10 dias; 2 % do tempo todos os berços estavam vagos.

Para o ajuste estatístico, foram feitos testes de hipótese para verificação do ajuste dos dados de entrada em distribuições probabilísticas. Foi utilizado o programa Easy Fit (EASYFIT, 2015), que trabalha com testes de Kolmogorov-Smirnov, de Anderson-Darling e o Chi-Quadrado, e ordena as funções que mais se ajustam aos dados de entrada.

3.3 PLANOS MESTRES ELABORADOS PELO CONVÊNIO SEP/PR- LABTRANS/UFSC

A metodologia utilizada pelo LabTrans para o cálculo da capacidade emprega a teoria das filas, valendo o que foi explicado na seção 3.2.

3.3.1 Fórmula Geral

O cálculo se baseia essencialmente na fórmula exposta na Equação 5.

$$C = \frac{\rho \times A \times n_b}{\bar{T}} \times \bar{L} \quad (5)$$

Onde:

C é a capacidade do trecho de cais (t/ano);

ρ é o índice de ocupação de cais admissível (adimensional);

A é o tempo disponível no ano operacional (h/ano);

n_b é o número de berços do trecho de cais (adimensional);

\bar{T} é o tempo médio de atendimento para o trecho de cais (h/navio);

\bar{L} é o lote médio atendido no trecho de cais (t/navio).

O fator que multiplica o lote médio na Equação 5 representa o número de atracções nos trechos de cais no referido ano.

O índice de ocupação de cais expressa a razão entre o total de horas ocupadas no berço e o ano operacional em horas. Trata-se de uma medida de nível de serviço, que pode ser tratada por teoria das filas, conforme explicado na seção 3.2. O índice admissível é um valor que depende do que o armador considera um tempo de espera aceitável.

O número de berços é um valor discreto que costuma ser definido pela Autoridade Portuária em função da configuração do porto. No entanto, em caso de cais contínuo, pode ser tratado como uma variável probabilística que depende do comprimento dos navios que frequentam o porto.

O número de horas operacionais do porto depende principalmente do regime de trabalho no porto, ou seja, se o porto opera 24 horas ao dia ou menos. Também pode depender de paradas programadas para manutenção de equipamentos (como ocorre em alguns terminais de grãos vegetais durante entressafra), dentre outros fatores.

O tempo médio de atendimento depende de diversos fatores tais como: tempo utilizada para operações de limpeza de cais; tempo entre atracções sucessivas quando há espera; tempo para a liberação de caminhões para as operações devido a trâmites burocráticos; produtividade nominal dos equipamentos; estado de manutenção dos equipamentos; expertise da equipe que está realizando a operação; regime

de marés e ventos; frequência de chuvas (no caso de cargas que não possam ser molhadas).

O lote médio também depende de diversos fatores, tais como: demanda da região pela movimentação do produto; restrição de calado; tamanho da frota; escalas que a embarcação faz em diferentes portos durante sua viagem; dentre outros.

Para a adoção de valores do tempo médio de atendimento e lote médio, tendo em vista a grande quantidade de fatores envolvidos, a utilização de valores *benchmark* da literatura pode ser inadequada para a realidade do porto analisado. Assim, assume-se que todos os fatores que influenciam esses valores podem ser traduzidos em um valor esperado, com base na estatística das operações do porto. Na metodologia apresentada, foram utilizados dados hipotéticos de atracação, conforme consta no Apêndice A.

3.3.2 Fórmula Adaptada

Para que se tenha possibilidade do cálculo da capacidade futura, analisando hipóteses como a melhora da eficiência nas operações e aumento da demanda pela movimentação das mercadorias, é desejável que a Equação 5 seja reescrita em função de parâmetros controláveis. Esses parâmetros são considerados os seguintes:

- Lote médio por mercadoria (\bar{L}_k);
- Produtividade média operacional por mercadoria ($\overline{P_{opk}}$);
- Tempo médio inoperante por mercadoria k ($\overline{T_{inopk}}$);
- Tempo médio de acesso ao cais por mercadoria k ($\overline{T_{in-out_k}}$);
- Quantidade movimentada anual prevista para a movimentação da mercadoria k (Q_k);
- Número de berços do trecho de cais (n_b).

Para que se obtenha a partir da Equação 5 uma outra equação que esteja em função desses parâmetros, deve-se levar em conta as definições expostas nas Equações 6 a 10.

$$\bar{L} = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} Q_k}{\sum_{k=1}^{k=n} N_k} \quad (6)$$

Onde:

\bar{L} é o lote médio das atracções no trecho de cais (t/navio);

Q_k é a quantidade anual prevista para a movimentação da mercadoria k (t/ano);

N_k é o número de atracções previstas no ano com a mercadoria k (navios/ano).

$$\bar{T} = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} (\bar{T}_k \times N_k)}{\sum_{k=1}^{k=n} N_k} \quad (7)$$

Onde:

\bar{T} é o tempo médio de atendimento no trecho de cais (h/navio);

\bar{T}_k é o tempo médio de atendimento relativo à mercadoria k (h/navio);

N_k é o número de atracções previstas no ano com a mercadoria k (navios/ano).

$$N_k = \frac{Q_k}{\bar{L}_k} \quad (8)$$

Onde:

N_k é o número de atracções previstas no ano com a mercadoria k (navios/ano);

Q_k é a quantidade anual prevista para a movimentação da mercadoria k (t/ano);

\bar{L}_k é o lote médio em relação à mercadoria k (t/navio).

$$\bar{T}_k = \bar{T}_{op_k} + \bar{T}_{inop_k} + \bar{T}_{in-out_k} \quad (9)$$

Onde:

\bar{T}_k é o tempo médio de atendimento relativo à mercadoria k (h);

\bar{T}_{op_k} é o tempo médio de operação (movimentação) relativo à mercadoria k (h);

\bar{T}_{inop_k} é o tempo médio inoperante relativo à mercadoria k (h);

\bar{T}_{in-out_k} é o tempo médio de acesso ao cais por mercadoria (h).

$$\bar{T}_{op_k} = \frac{\bar{L}_k}{\bar{P}_{op_k}} \quad (10)$$

Onde:

$\overline{T_{opk}}$ é o tempo médio de operação (movimentação) relativo à mercadoria k (h);

$\overline{L_k}$ é o lote médio em relação à mercadoria k (t);

$\overline{P_{opk}}$ é a produtividade operacional média da mercadoria k no trecho de cais (t/h).

Assim, a Equação 5 pode ser reescrita em função desses parâmetros, conforme a Equação 11.

$$C = \frac{\rho \times A \times n_b}{\sum_{k=1}^{k=n} \left(\left(\frac{\overline{L_k}}{\overline{P_{opk}}} + \overline{T_{inopk}} + \overline{T_{in-out_k}} \right) \times \frac{Q_k}{\overline{L_k}} \right)} \times \sum_{k=1}^{k=n} Q_k \quad (11)$$

Onde:

C é a capacidade do trecho de cais (t/ano);

ρ é o índice de ocupação de cais admissível (adimensional);

A é o tempo disponível no ano operacional (h/ano);

n_b é o número de berços do trecho de cais (adimensional);

$\overline{L_k}$ é o lote médio da mercadoria k no trecho de cais (t);

$\overline{P_{opk}}$ é a produtividade operacional média da mercadoria k no trecho de cais (t/h);

$\overline{T_{inopk}}$ é o tempo inoperante médio por mercadoria k (h);

$\overline{T_{in-out_k}}$ é o tempo médio de acesso ao cais por mercadoria k (h);

Q_k é a quantidade anual prevista para movimentação da mercadoria k (t/ano).

No caso de não ser possível o emprego de teoria de filas devido às distribuições probabilísticas observadas, podem ser utilizados índices de ocupação de cais empíricos, que variam em função do número de berços. Trata-se de uma função linear, cujo valor é de 65% para um berço e aumenta em 5% para cada berço adicional, sendo estabilizada em 80% a partir do quarto berço (SEP/PR & LabTrans, 2013a).

3.4 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

As simulações computacionais são utilizadas no caso de situações mais complexas, quando a teoria das filas possui grandes limitações, não conseguindo fornecer resultados com maior precisão (GROENVELD, 2001).

Segundo Groenveld (2001), isso pode ocorrer, por exemplo, quando o tempo de navegação entre o fundeio e o berço não pode ser desprezado; quando o número de berços é uma variável estocástica dependente do comprimento dos navios; e quando as condições de maré afetam o sistema. As condições de contorno consideradas podem envolver diferentes fatores, como janela de marés e prioridades de atracação de determinados navios.

Os programas computacionais a serem utilizados são os mais diversos, podendo ser utilizados desde programas mais específicos voltados à simulação de processos, como Simio, Arena, Aimsun e Flexsim, como programas mais abrangentes, como o Matlab. O processo de modelagem e programação da situação pode levar meses, além de requerer conhecimentos específicos dos programas computacionais que são utilizados.

O programa Harboursim, utilizado pela Universidade de Delft, é uma ferramenta destinada à simulação discreta de processos em portos. Com isso, é possível calcular os tempos de espera causados pela ocupação de cais e canais de acesso, influência de correntes, ondas e janela de marés. As simulações tem algumas limitações, como por exemplo considerar a parada de navios quando há a possibilidade de redução ou aumento de velocidade para evitar conflito com outros navios, prevendo a parada da embarcação em local de espera (SMITS, 2006).

Para o desenvolvimento do modelo, primeiro é preciso estabelecer claramente os objetivos esperados, e decidir se o porto inteiro ou apenas parte dele será considerada. Após, é recomendada a procura de modelo existente que possa ser adaptado para a situação avaliada, ou se um novo modelo deve ser desenvolvido do início (GROENVELD, 2001).

Outra decisão importante a se tomar é o nível de detalhe pretendido nos vários componentes do modelo. Muitas vezes são utilizados mais de um modelo com diferentes níveis de agregação. Um modelo que contemple todos os componentes é utilizado para simular todo o processo portuário a um alto nível de agregação, e os resultados desse modelo são utilizados como condições de contorno de modelos mais detalhados e com menor nível de agregação (GROENVELD, 2001).

Há diferenças entre a escolha de um modelo mais aproximado ou de um modelo detalhado, no que diz respeito às suas vantagens, desvantagens e possíveis razões para rejeição. As principais vantagens de um modelo mais aproximado em relação ao mais detalhado são a facilidade para desenvolvimento do modelo, facilidade de obtenção de dados e maior aplicabilidade de resultados. Embora o modelo detalhado seja mais restrito, essa característica possibilita um estudo mais aprofundado do sistema, verificando melhor sua resposta a diferentes situações (GROENVELD, 2001).

Em simulações de modelos estocásticos, números aleatórios devem ser gerados, existindo diferentes métodos execução dessa tarefa (GROENVELD, 2001). Não serão expostos mais detalhes a respeito porque o trabalho desenvolvido não utilizou simulações computacionais.

Segundo UNCTAD (1985a), a principal dificuldade do uso de simulações computacionais para o cálculo da capacidade portuária é que os esforços adicionais geralmente são muito superiores ao ganho na precisão do resultado.

Deve-se sempre atentar que todo modelo é uma simplificação da realidade (GROENVELD, 2001). Além disso, um modelo sempre possui restrições de aplicação, não podendo ser considerado aplicável em situações com diferentes restrições operacionais.

3.5 MÉTODO ESCOLHIDO

Para o estudo conduzido neste trabalho, foi escolhido o método utilizado na elaboração dos Planos Mestres pelo convênio SEP/PR-LabTrans/UFSC, com algumas adaptações.

Essas adaptações foram feitas para que se considere um maior número de fatores, como a prioridade de cais, atracações que movimentam mais de uma mercadoria e sazonalidade das movimentações.

A situação analisada é relativamente simples, na qual há movimentação de três mercadorias em um trecho de cais de dois berços. A utilização de simulação computacional demoraria bastante tempo, o que, além de dificultar a conclusão deste trabalho em tempo hábil, faz com que a sua utilização comercial seja muitas vezes limitada, devido aos prazos requisitados pelos clientes. Esse pensamento vai em encontro ao exposto por UNCTAD (1985a), que diz que um bom método deve ter sua execução possibilitada com rapidez e facilidade.

Para o presente trabalho, não se tem o objetivo de confronto dos dados de capacidade com demanda futura, ou trabalhar com hipóteses de melhora de produtividade. Dessa forma, não há necessidade de se utilizar a fórmula adaptada dos Planos Mestres elaborados pelo convênio SEP/PR-LabTrans/UFSC.

Para o cálculo do índice de ocupação observado, foi feita a razão entre as horas as quais não estavam disponíveis para a atracação de outras embarcações (isto é, tempo no qual as embarcações estiveram atracadas somado ao tempo de deslocamento das embarcações do fundeio ao cais e vice-versa) e as horas operacionais no ano.

Para o cálculo do índice de ocupação admissível, utilizou-se da teoria das filas na fila M/G/1, cuja solução é exposta na seção 3.2. Para a outra fila do problema, foram utilizados resultados para a fila M/E₂/2, conforme explicado na seção 4.4.3.

Dessa forma, a capacidade de um trecho de cais pode ser calculada de acordo com a Equação 12. Essa equação é a Equação 11 escrita de forma simplificada, e sem a preocupação de serem mantidos isolados os parâmetros controláveis.

$$C = \frac{\rho_{adm}}{\rho_{obs}} \times \sum_{k=1}^{k=n} Q_k \quad (12)$$

Onde:

C é a capacidade de movimentação do trecho de cais (toneladas/ano);
 ρ_{adm} é o índice de ocupação admissível para o trecho de cais (adimensional);
 ρ_{obs} é o índice de ocupação observado no trecho de cais (adimensional);
 Q_k é a movimentação observada da mercadoria k (toneladas/ano).

Atenta-se que, em caso do trecho de cais não ter movimentação observada, e consequentemente ter índice de ocupação observado nulo, a fórmula fornece um resultado indeterminado. A Equação 11 possui o mesmo problema. Nesse caso, considerando que de fato o terminal possui estrutura para movimentação de mercadorias, deve-se empregar a Equação 11 com valores considerados alcançáveis dos parâmetros controláveis.

No caso de mercadorias prioritárias, é utilizado o artifício da divisão de trecho de cais em dois distintos. Nesta situação, primeiramente todas as horas disponíveis do berço são locadas para as cargas prioritárias. Após, as horas disponíveis para o trecho de cais não prioritário são as

horas totais descontadas das horas utilizadas pelo trecho de cais prioritário. Trata-se de situação aproximada, que leva em conta a premissa de que os navios prioritários nunca encontram o berço ocupado por navio não prioritário, ou seja, ao ser notificado da chegada de um navio prioritário, o navio não prioritário deve sair do berço.

4 CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CAIS DE TERMINAL DE GRANÉIS SÓLIDOS

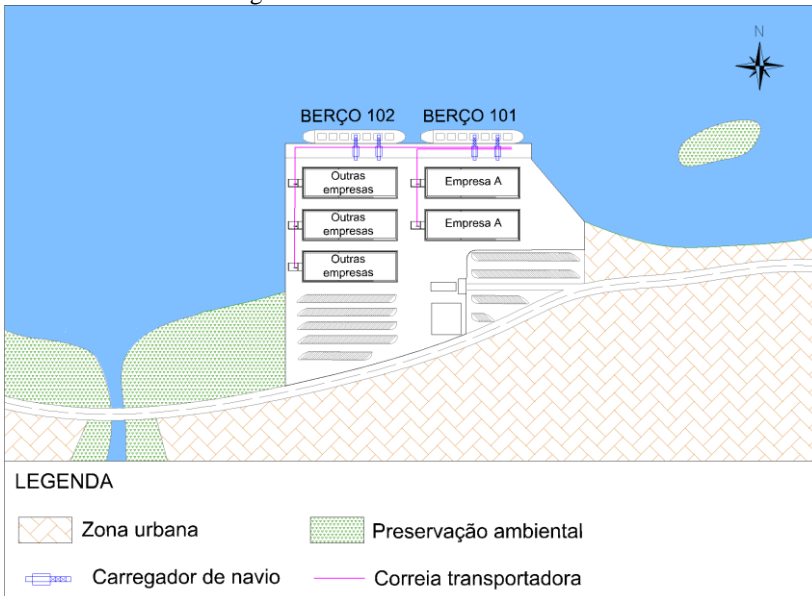
Neste capítulo são apresentadas as movimentações realizadas, indicadores operacionais e cálculo da capacidade do terminal de granéis sólidos avaliado. Todos os dados de movimentação e atracação são hipotéticos, assim como a caracterização do local de estudo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O terminal localiza-se em complexo portuário de uma baía, em local protegido da ação de ondas e ventos, e é voltado ao embarque de granéis sólidos vegetais.

A Figura 14 mostra o zoneamento do terminal.

Figura 14. Zoneamento do Terminal



✓ Infraestrutura de Cais

A infraestrutura de cais do local consiste em 600 m de cais contínuo, sendo 310 m do berço 101 e 290 m do berço 102. A profundidade de projeto de ambos os berços é de 14,0 m, sendo o calado máximo operacional de 13,30 m em baixa-mar.

Ocorrem atracações prioritárias de navios operados pela Empresa A no Berço 101, enquanto o Berço 102 é dedicado à movimentação dos navios de outros operadores.

A embarcação tipo do terminal possui 255 m de comprimento, calado de 13,3 m, boca de 45 m e deslocamento (*ship displacement*) de 110 mil t, devido às solicitações de projeto nas defensas e cabeços de amarração do cais.

✓ Instalações de Armazenagem

A estrutura de armazenagem do terminal consiste em cinco armazéns, sendo dois arrendados à Empresa A, com capacidade estática de 80 mil t cada, e três arrendados a outras empresas, com capacidade estática de 90 mil t cada.

✓ Equipamentos Portuários

Os equipamentos portuários do cais consistem em dois carregadores de navio pertencentes à Empresa A e dois carregadores de navio pertencentes à Autoridade Portuária. Os equipamentos da Empresa A possuem capacidades nominais de 2 mil t/h, enquanto os outros dois equipamentos possuem capacidade nominal de 1,5 mil t/h. Não há restrição operacional em relação ao tamanho da lança e alcance ao longo da boca do navio.

Na retroárea do terminal, há balanças rodoviárias, balanças de fluxo, moegas ferroviárias, tombadores rodoviários, elevadores de caneca e esteiras. A capacidade das esteiras é compatível com a taxa de movimentação pico dos equipamentos de cais.

✓ Acesso Aquaviário

O calado autorizado no canal de acesso é de 13,4 m. As demais dimensões do canal não imputam qualquer restrição às embarcações que podem atracar no terminal.

As manobras são feitas com o auxílio de *tugboats*, e realizadas em bacia de evolução localizada na frente do cais e com 520 m de diâmetro. A corrente é desprezível na região da bacia de evolução.

É verificado, pelo fluxo de embarcações do terminal, que o acesso aquaviário não se constitui em limitante das movimentações de carga realizadas no local.

A área de fundeio é bastante espaçosa, de forma que nunca foi observada situação na qual não havia espaço para as embarcações fundearem.

✓ Acessos Terrestres

O acesso rodoviário conta com rodovia federal passando nas proximidades, e via local com boa capacidade de tráfego.

Os acessos terrestres do local não configuram limitante do fluxo das operações do terminal, tanto em períodos de pico como em período de entressafra.

✓ Descrição das operações portuárias

As operações no terminal são voltadas ao embarque de granéis sólidos vegetais.

Os dois berços do local, que possuem características semelhantes, configuram um mesmo trecho de cais, havendo prioridade para a atracação de navios que movimentem suas cargas com o operador Empresa A no berço 101.

Há dois carregadores de navio em cada berço, com capacidades nominais diferentes e sem restrições de alcance.

Dos armazéns até o cais, o transporte é feito por meio das correias transportadoras.

Os elevadores de caneca são utilizados para elevar a carga dos tombadores rodoviários e moegas ferroviárias às correias transportadoras.

Para o transporte das mercadorias dos vagões ferroviários ou caminhões até os armazéns, são utilizados tombadores rodoviários e moegas ferroviárias.

✓ Possibilidades de expansão do terminal

Pela configuração do terminal, limites urbanos do entorno portuário, e restrições ambientais devido ao Plano Diretor do município, há a

possibilidade apenas da expansão da linha de cais em 600 m no sentido oeste, utilizando-se técnica construtiva de estaqueamento de pilotis. Assim, há a possibilidade da construção de dois berços adicionais de tamanho igual ao dos já existentes.

4.2 CARACTERÍSTICAS DA MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS

4.2.1 Produtos Movimentados

O terminal apresentou, durante o ano analisado, uma movimentação geral de 7.064.284 toneladas. O Quadro 5 mostra os produtos movimentados.

Quadro 5. Produtos Movimentados no Ano Analisado no Terminal (t)

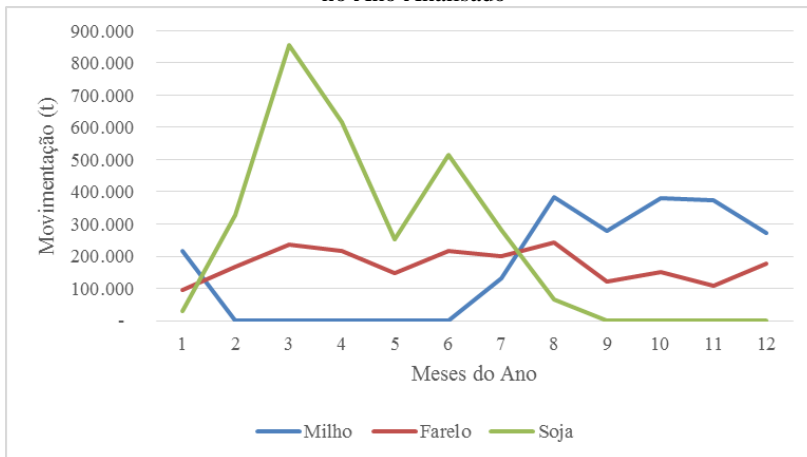
Mercadoria	Movimentação	Part.	Part. Acum.
Soja	2.947.233	41,7%	41,7%
Farelo de Soja	2.080.759	29,5%	71,2%
Milho	2.036.292	28,8%	100,0%
TOTAL	7.064.284		

Todas as movimentações do terminal neste ano e em anos anteriores foram de grânéis sólidos vegetais embarcados em longo curso, de forma que não há motivo de se avaliar a evolução das movimentações em função da natureza de carga, sentido ou tipo de navegação.

4.2.2 Verificação da Sazonalidade das Movimentações

A Figura 15 ilustra a sazonalidade das movimentações no terminal de soja, milho e farelo.

Figura 15. Evolução das Movimentações Mensais por Mercadoria Movimentada no Ano Analisado

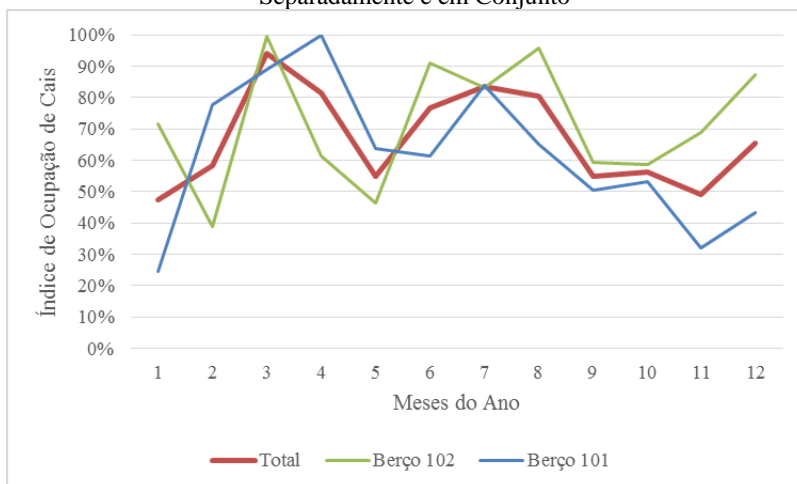


É possível notar a sazonalidade das movimentações de milho e de soja, enquanto o farelo apresenta padrão de movimentações mais constante no decorrer do ano. Há variações residuais, conforme características apontadas por UNCTAD (1985a). Para melhor verificação do padrão de demanda total, seriam necessários os registros de movimentação de outros anos do terminal, o que resultaria em maior representatividade estatística e a possibilidade de se verificar a tendência de crescimento anual das movimentações, conforme abordado na seção 2.3.3.

Fica evidente a complementaridade das movimentações de milho e soja no terminal, o que otimiza o uso das instalações portuárias. No entanto, a participação de soja é cerca de 50% maior do que a participação do milho.

Os índices de ocupação de cais observados no ano analisado nos berços 101 e 102 são mostrados na Figura 16.

Figura 16. Índices de Ocupação de Cais Observados Considerando os Berços Separadamente e em Conjunto



Percebe-se que a movimentação nos berços foi intensa no decorrer do ano. A complementaridade das mercadorias no que diz respeito à sazonalidade reduz a variação mensal do índice de ocupação de cais, porém não resulta em uma função constante, de forma que podem ser identificados dois períodos principais de pico.

4.3 INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL

4.3.1 Base de Dados

Conforme explicado na metodologia, foram utilizados dados hipotéticos, que são mostrados no Apêndice A.

No entanto, antes de serem calculados os indicadores, foram feitos alguns testes para avaliar se a base de dados adotada apresenta inconsistências:

- Cronologia dos registros de atracação: Foi verificado, para todas as atracações, se os instantes de registro de chegada, atracação, início da operação, término da operação e desatracação estão em ordem cronológica. Todas as atracações passaram neste teste.

- Simultaneidade de atracções em um mesmo berço: Conceitualmente, um berço pode receber apenas uma embarcação. Ordenando de forma crescente as atracções de um mesmo berço pelo registro do início da atracção, foi verificado se o tempo de término da atracção anterior é menor ao tempo de início da próxima. Neste teste, não foi encontrada nenhuma inconsistência.

- Tempos entre atracções sucessivas quando há espera de embarcação: Foi verificado se há dados muito discrepantes dos tempos entre atracções sucessivas quando há espera, que em teoria correspondem aos tempos reservados à saída de uma embarcação e entrada da próxima. Embora esses valores possam indicar inconsistência dos dados de registro de chegada dos navios (registros esses que são os menos confiáveis de uma base de dados portuária), os altos valores encontrados também podem ser explicados pela não disponibilidade do berço durante o período, devido a condições climáticas desfavoráveis, manutenção de equipamentos ou da infraestrutura do porto, realização de dragagem de manutenção, dentre outros motivos. Os resultados encontrados apontam tempos muito altos em vários casos (em alguns, de até 8 dias).

- Tempos de espera, de operação, pré-operação e pós-operação: Não foram encontrados valores discrepantes desses tempos, embora tenham sido registrados valores altos. Esses valores podem estar relacionados com os fatores descritos anteriormente.

- Produtividades discrepantes: Mesmo que os lotes e tempos de operação não tenham apresentado discrepâncias, é desejável verificar se a razão entre os mesmos apresenta valores muito acima ou abaixo dos demais. Neste teste, não foram encontradas discrepâncias, embora os valores tenham variado bastante.

Em suma, os dados não apresentaram inconsistências exceto pelos tempo entre atracções sucessivas quando há fila. Por esse motivo, para a verificação desses tempos, foram considerados os valores mais baixos registrados, cuja média é de aproximadamente 5 h.

Ressalta-se que não é possível avaliar mais a fundo a causa dos tempos inoperantes, considerando as diferentes etapas da operação de movimentação das cargas, períodos de parada das operações em função de condições climáticas, períodos destinados à manutenção de

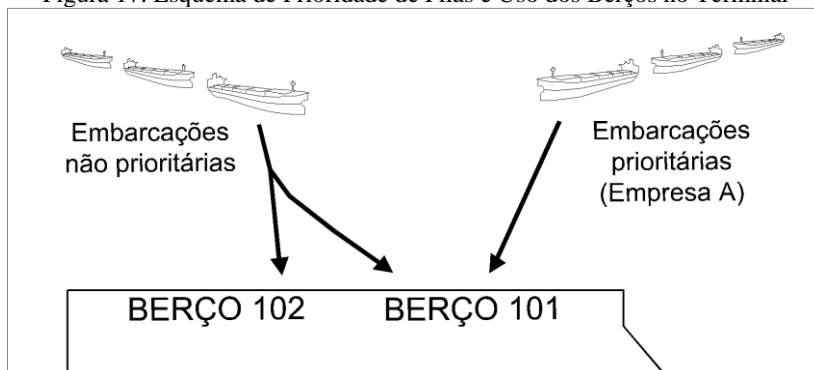
equipamentos. Dessa forma, as horas operacionais foram consideradas como as 24 horas do dia durante 364 dias no ano.

4.3.2 Operações Consideradas no Terminal

Os indicadores operacionais calculados nas seções seguintes são importantes parâmetros para que sejam avaliadas as operações do terminal, além de servirem para o cálculo da capacidade de ocupação de cais.

Há a prioridade da Empresa A para a atracação no berço 101, de forma que os navios operados pela mesma constituem uma fila à parte. Assim, são consideradas duas filas no terminal, conforme ilustra a Figura 17.

Figura 17. Esquema de Prioridade de Filas e Uso dos Berços no Terminal



Foram consideradas as seguintes operações no terminal:

- Embarque de Soja – Operador Empresa A
- Embarque de Farelo – Operador Empresa A
- Embarque de Milho – Operador Empresa A
- Embarque de Soja – demais operadores
- Embarque de Farelo – demais operadores
- Embarque de Milho – demais operadores
- Embarque de Soja e Farelo – demais operadores

As operações indicadas como “embarque de soja e farelo” correspondem às atracações nas quais houve movimentação dessas duas mercadorias.

4.3.3 Parâmetros Controláveis

Os parâmetros controláveis são os indicadores operacionais que, segundo a metodologia utilizada pela cooperação SEP/PR e LabTrans/UFSC e mostrada na seção 3.3, influenciam diretamente na capacidade portuária. Modificando-se esses valores, podem ser avaliadas hipóteses de mudanças no desempenho operacional do porto e o consequente efeito na capacidade das instalações portuárias.

Os Quadros 6 e 7 apresentam esses indicadores para as operações nos diferentes trechos de cais, considerando o ano todo.

Quadro 6. Parâmetros Controláveis do Trecho de Cais Prioritário

Parâmetro controlável	Operação (trecho prioritário)		
	Soja	Milho	Farelo
Movimentação anual prevista (t)	1.115.509	983.782	447.017
Lote médio (t)	61.973	51.778	23.527
Produtividade por hora de operação (t/h)	1.018	1.213	562
Tempo inoperante (h)	11,0	8,0	13,1
Tempo entre atracações sucessivas (com fila) (h)	4,6	4,7	4,2

Quadro 7. Parâmetros Controláveis do Trecho de Cais Não Prioritário

Parâmetro controlável	Operação (trecho não prioritário)			
	Soja	Milho	Farelo	Soja e Farelo
Movimentação anual prevista (t)	1.666.820	991.999	1.046.486	521.498
Lote médio (t)	53.768	58.353	28.283	65.187
Produtividade por hora de operação (t/h)	1.000	885	461	687
Tempo inoperante (h)	11,2	13,1	9,5	8,1
Tempo entre atracações sucessivas (com fila) (h)	4,5	4,4	4,4	4,8

Através da análise dos valores, fica claro que a produtividade dos grãos é maior do que a das movimentações de farelo de soja. A Empresa A apresentou maior produtividade por hora de operação em todas as mercadorias em relação às operações conduzidas por outras empresas.

Os lotes variaram entre 2.326 t e 95.213 t, apresentando grande variação. Os lote das embarcações que movimentaram farelo de soja foram significativamente menores do que os lotes dos grãos.

A comparação dos valores calculados com outros encontrados na literatura é feita na seção 4.3.5.

4.3.4 Demais Indicadores Operacionais

Na seção 2.2.2 do referencial teórico, foram abordadas diversas publicações que tratam da temática de indicadores de desempenho operacional. Há indicadores relevantes não utilizados para o cálculo da capacidade na Equação 11, que no entanto são interessantes para a avaliação do desempenho operacional portuário.

Os indicadores adotados dependem dos dados disponíveis, de forma que indicadores que tem relação com custos financeiros dos portos não foram considerados, por exemplo.

Os Quadros 8 e 9 apresentam esses indicadores para as operações nos diferentes trechos de cais, considerando o ano todo.

Quadro 8. Demais Indicadores de Desempenho Operacional do Trecho de Cais Prioritário

Outros indicadores	Operação (trecho prioritário)		
	Soja	Milho	Farelo
Quantidade de atracações	18	19	19
Tempo de ciclo (h)	255,0	174,2	134,0
Tempo de operação (h)	60,9	42,7	41,8
Tempo inoperante pré-operação (h)	2,5	3,3	4,5
Tempo inoperante pós-operação (h)	8,5	4,8	8,6
Tempo de atendimento (h)	76,5	55,4	59,2
Tempo de espera (h)	178,5	118,8	74,8
Taxa de espera (h)	2,34	2,14	1,26
Produtividade/m de cais (t/m.ano)	8.488		
Índice de ocupação de cais	40,6%		

Quadro 9. Demais Indicadores de Desempenho Operacional do Trecho Não Prioritário

Outros indicadores	Operação (trecho não prioritário)			
	Soja	Milho	Farelo	Soja e Farelo
Quantidade de atracções	31	17	37	8
Tempo de ciclo (h)	273,0	324,3	260,8	753,5
Tempo de operação (h)	53,7	66,0	61,4	94,8
Tempo inoperante pré-operação (h)	3,4	6,8	4,5	3,9
Tempo inoperante pós-operação (h)	7,7	6,3	5,0	4,1
Tempo de atendimento (h)	69,4	83,5	75,3	107,7
Tempo de espera (h)	203,6	240,8	185,5	645,8
Taxa de espera (h)	2,94	2,88	2,46	6,00
Produtividade/m de cais (t/m.ano)	7.045			
Índice de ocupação de cais	58,3%			

Conforme esperado, o tempo de espera das atracções prioritárias foi menor do que o das sem prioridade, no entanto, é ainda bastante alto. Os valores obtidos foram de 5 dias para embarcações prioritárias, 10 dias para embarcações sem prioridade e aproximadamente 8 dias considerando todas as atracções, muito acima do tempo admissível considerado como um dia.

Os tempos inoperantes são da ordem de 10 horas por atracção. Devem ser investigadas as causas do tempo inoperante, sobretudo no período pós-operação. Ressalta-se que, nesses valores, não constam os tempos inoperantes entre o início e término das operações de movimentação, que devido à base de dados utilizada, não puderam ser avaliados.

4.3.5 Comparação com Terminais Semelhantes Encontrados na

Literatura

Conforme apontado no referencial teórico, um terminal deve ser comparado ao seus concorrentes e não ao seu desempenho em relação a anos anteriores (UNCTAD, 1985b).

No entanto, são relativamente escassos valores de referência para indicadores operacionais de terminais que não movimentam contêineres, conforme apontado por PIANC (2014b) e UNCTAD (2013). Para a movimentação de soja em grãos, milho e farelo de soja, foram encontrados apenas os indicadores operacionais consultados nos Planos Mestres dos portos do Rio Grande, Paranaguá e São Francisco do Sul (SEP & LabTrans, 2013b; SEP & LabTrans, 2013a; SEP & LabTrans, 2012b). Esses indicadores são basicamente os parâmetros controláveis, indicados nas seções 3.3 e 4.3.3.

Para fins de comparação, considera-se que o lote médio não é tão significativo, pois o mesmo não depende só do calado operacional do porto, como também das escalas que a embarcação fez. Podem ser observadas operações nas quais ocorre *topping off*, ou seja, completamento de carga de embarcações vindas parcialmente carregadas de outro porto devido à restrição de calado (SEP/PR & LabTrans, 2012b).

Foram escolhidos, para fins de comparação de desempenho, os indicadores de produtividade por hora de operação e produtividade por hora de atracação (que inclui tempos inoperantes pré e pós operação), no que diz respeito aos volume movimentados. Quando disponível, também é exposto o tempo inoperante. Os Quadros 10, 11 e 12 mostram esses indicadores, comparando-os com os gerados para o terminal avaliado.

Quadro 10. Comparação de Indicadores Operacionais das Movimentações de Soja com Outros Terminais

Terminal	Produtividade por hora de operação (t/h)	Produtividade por hora de atracação (t/h)	Tempo inoperante (h)
TRECHO PRIORITÁRIO	1.018	862	11,0
TRECHO NÃO PRIORITÁRIO	1.000	828	11,2
Rio Grande – TUP Tergrasa	1.023	811	13,7
Rio Grande – TUP Bianchini	1.551	837	13,4
Rio Grande – TUP Termasa	506	468	7,1
Rio Grande – TUP Ceval	554	515	8,1
Paranaguá - COREX	-	842	-
Paranaguá – Berço 201		352	-
São Francisco do Sul	-	712	-

Fonte: SEP & LabTrans (2013a); SEP & LabTrans (2013b); SEP & LabTrans (2012b)

Ao se avaliar o Quadro 10, referente à soja em grãos, nota-se que as produtividades por hora de atracação dos dois trechos de cais são semelhantes às dos TUPs Bianchini e Tergrasa e do COREX em Paranaguá, e significativamente superiores às dos demais terminais. No caso da produtividade por hora de operação, o TUP Bianchini é 50% mais eficiente do que os dois trechos de cais do terminal analisado. Os tempos inoperantes estão na média dos valores disponíveis.

Quadro 11. Comparação de Indicadores Operacionais das Movimentações de Farelo de Soja com Outros Terminais

Terminal	Produtividade por hora de operação (t/h)	Produtividade por hora de atracação (t/h)	Tempo inoperante (h)
TRECHO PRIORITÁRIO	562	428	13,1
TRECHO NÃO PRIORITÁRIO	461	399	9,5
Rio Grande – TUP Bianchini	892	681	7,9
Rio Grande – TUP Termasa	265	219	14,0
Rio Grande – TUP Ceval	699	538	11,2
Paranaguá - COREX	-	505	-

Fonte: SEP & LabTrans (2013a); SEP & LabTrans (2013b); SEP & LabTrans (2012b)

Para as movimentações de farelo, o desempenho dos dois trechos de cais é abaixo da média tanto para a produtividade por hora de operação quanto por hora de atracação. Os tempos inoperantes não apresentam um padrão definido dentre os terminais analisados.

Quadro 12. Comparação de Indicadores Operacionais das Movimentações de Milho com Outros Terminais

Terminal	Produtividade por hora de operação (t/h)	Produtividade por hora de atracação (t/h)
TRECHO PRIORITÁRIO	1.213	1.020
TRECHO NÃO PRIORITÁRIO	885	738
São Francisco do Sul		742
Paranaguá - COREX	-	787
Paranaguá – Berço 201		386

Fonte: SEP & LabTrans (2013a); SEP & LabTrans (2013b); SEP & LabTrans (2012b)

As produtividades da movimentação de milho nos trechos prioritário e não prioritários possuem valores significativamente distintos.

No trecho não prioritário, o valor é comparável ao observado nos portos de São Francisco do Sul e no COREX em Paranaguá, enquanto no trecho prioritário, o valor é 35% superior ao da média desses terminais.

Os tempos médios de espera no COREX de Paranaguá foram de 645,5 h para soja, 696,3 h para farelo e 734,3 h para milho, ou seja, em torno de um mês. Esses valores são da ordem de três vezes do tempo de espera obtido para o terminal avaliado. No entanto, isso significa que tanto Paranaguá quanto o terminal avaliado estão com o nível de serviço ruim, pois o tempo médio tomado como admissível é de um dia. Essa situação deve ser verificada mais a fundo, e os pontos de vista dos armadores, operadores portuários e Autoridade Portuária devem ser considerados.

Deve-se ressaltar que os terminais escolhidos para fins de comparação, embora possuam características relativamente semelhantes, possuem diferenças nos seus equipamentos portuários e dimensões de berço. Em São Francisco do Sul, o comprimento do berço é de 220 m e a profundidade é de 14 m; no berço 2012 de Paranaguá, esses valores são respectivamente 174 m e 11 m; no COREX de Paranaguá, o comprimento dos berços varia entre 176 m e 259 m, e a profundidade é de 12,70 m; No TUP Bianchini, o comprimento do berço é de 300 m e o calado autorizado é de 12,19 m; e no TUP Termasa, o comprimento do berço é de 350 m, com calado autorizado de 12,8 m.

Em suma, verifica-se que, em comparação com os terminais brasileiros avaliados, as operações de movimentação de soja apresentaram ótimo desempenho, as de farelo, um desempenho um pouco abaixo da média, e para o milho, as operações da Empresa A tem desempenho bastante superior ao da média.

4.3.6 Influência da Sazonalidade nos Indicadores de Desempenho

Operacional

Conforme indicado pela UNCTAD (1985a), é recomendável a verificação de indicadores operacionais mensalmente para o acompanhamento do desempenho portuário.

Ainda, segundo a mesma publicação, é mencionado que a produtividade geralmente aumenta com o índice de ocupação de cais (UNCTAD, 1985a, p. 29). Como foi verificado na seção 4.2.2, os índices de ocupação de cais do terminal analisado variam bastante no decorrer do

ano, fazendo-se ainda mais desejável a verificação dos indicadores operacionais mês a mês. Dessa forma, a sazonalidade teria grande influência não só nos valores de movimentação, como de outros indicadores operacionais.

Ao serem analisados os indicadores operacionais mensalmente, no entanto, poucas conclusões puderam ser tomadas.

No caso da produtividade das movimentações, há situações nas quais houve um aumento com o índice de ocupação de cais, no entanto o contrário também ocorreu.

O comportamento dos tempos de espera é o que possui maior correlação com os índices de ocupação de cais, embora também hajam situações nas quais os tempos abaixaram com o aumento da ocupação de cais.

Essas características podem estar relacionadas com o fato do índice de ocupação de cais apresentar mais de um período de pico, em função da complementaridade das sazonalidades de soja e milho. Devido a isso, não é verificado um padrão claro de aumento e queda da produtividade de uma determinada mercadoria ao longo do ano.

No Apêndice C são expostas figuras que mostram a variação de indicadores (produtividade, lote médio, tempo de espera e tempo inoperante) mensalmente por trecho de cais (prioritário e não prioritário).

Em resumo, pôde ser verificada a tendência dos valores dos indicadores (produtividade, lote médio, tempo de espera e tempo inoperante) aumentarem com a ocupação do cais, embora esse padrão não tenha sido observado em todos os casos. Para melhor investigação do comportamento sazonal, deve ser verificado o padrão de movimentação de outros anos do terminal, para que se obtenha curvas análogas à do padrão de demanda total, conforme explicado na seção 2.3.3. Essa abordagem não foi feita devido à disponibilidade de dados, e ao fato do objetivo principal do trabalho ser o cálculo da capacidade de cais.

4.4 CAPACIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DO CAIS PORTUÁRIO

4.4.1 Distribuição de Chegada e Atendimento Para o Emprego da Teoria de Filas

Para o emprego da teoria das filas, devem ser feito testes estatísticos que verificam se as distribuições de intervalos entre chegadas sucessivas e tempos de atendimento podem ser explicadas por funções probabilísticas conhecidas. Utilizando-se esse método, é de interesse que as distribuições possam ser explicadas pelas distribuições negativa exponencial, Erlang ou determinística, conforme indicado na metodologia.

Foi utilizado o programa Easyfit (EASYFIT, 2015), que trabalha com os testes de Kolmogorov-Smirnov, de Anderson-Darling e o Chi-Quadrado.

Foram feitas verificações para as distribuições dos seguintes dados:

- Intervalos entre chegadas sucessivas de navios prioritários (operados pela Empresa A e que atracaram no berço 101);
- Tempos de atendimento de navios prioritários (operados pela Empresa A e que atracaram no berço 101);
- Intervalos entre chegadas sucessivas de navios não prioritários (operados por outras empresas, em ambos os berços);
- Tempos de atendimento de navios não prioritários (operados por outras empresas, em ambos os berços).

Os resultados encontrados apontam o seguinte:

- Para os intervalos entre chegadas sucessivas dos navios prioritários, a função negativa exponencial não foi rejeitada, apresentando boa correlação. As funções Erlang com k diferente de 1 foram rejeitadas, assim como a função determinística;
- Para os tempos de atendimento dos navios prioritários, não houve função que não foi rejeitada em teste algum. Das funções mencionadas, a que mais se assemelhou foi a função Erlang 4;
- Para os intervalos entre chegadas sucessivas dos navios não prioritários, a função exponencial não foi rejeitada, enquanto nenhuma função Erlang foi aceita;

- Para os tempos de atendimento dos navios não prioritários, a função Erlang 4 não foi rejeitada.

As Figuras 18 a 21 mostram o ajuste estatístico realizado para as distribuições mencionadas, considerando a função matemática mais encaixada e que pudesse ser utilizada em modelo de filas.

Figura 18. Ajuste Estatístico de Intervalos Entre Chegadas Sucessivas de Navios Prioritários – Distribuição Negativa Exponencial

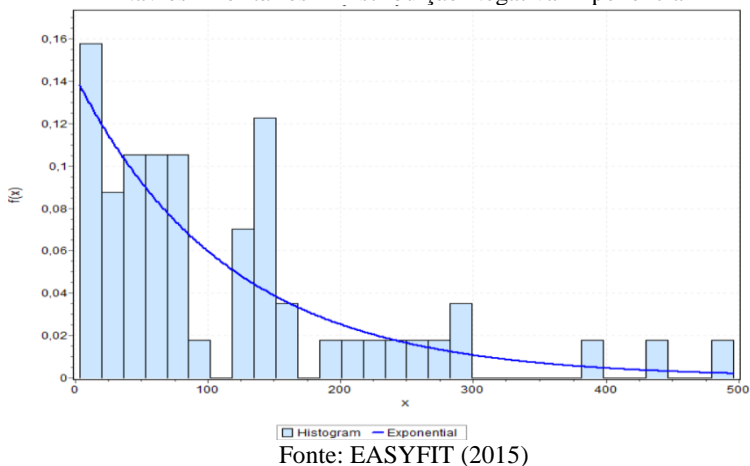
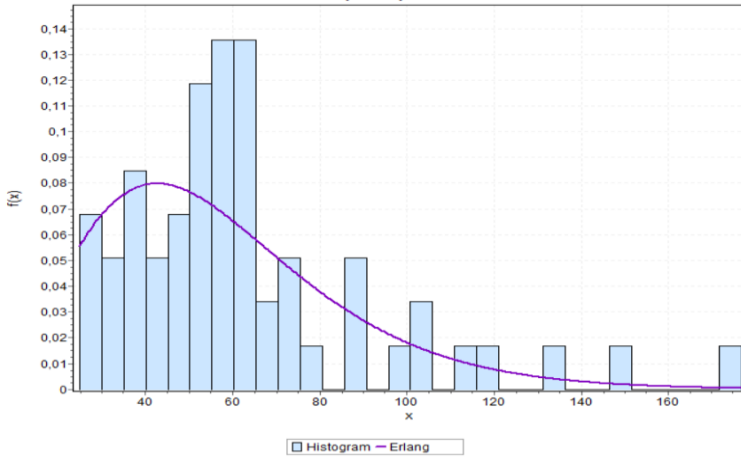
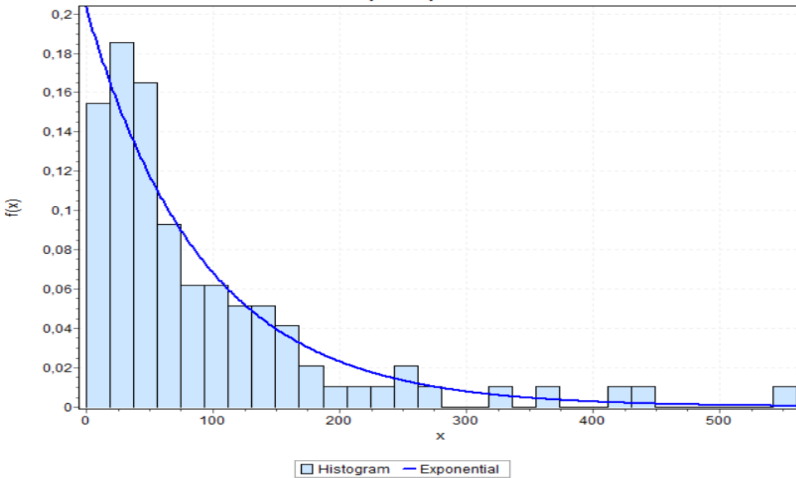


Figura 19. Ajuste Estatístico de Tempos de Atendimento de Navios Prioritários – Distribuição Erlang 4



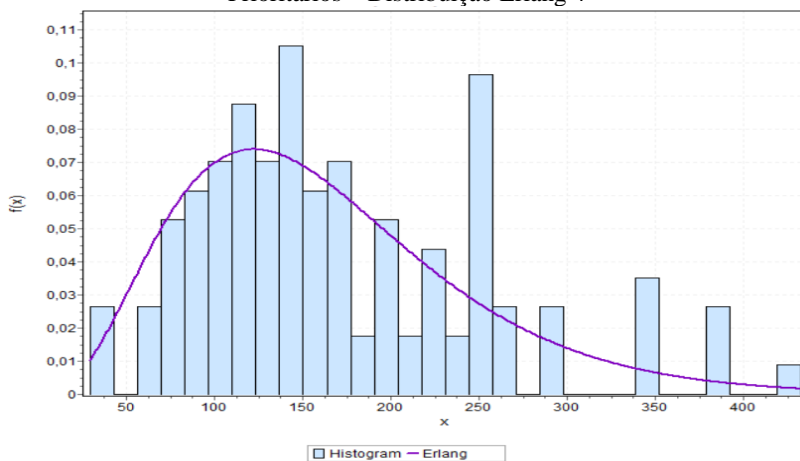
Fonte: EASYFIT(2015)

Figura 20. Ajuste Estatístico de Intervalos Entre Chegadas Sucessivas de Navios Não Prioritários – Distribuição Negativa Exponencial



Fonte: EASYFIT (2015)

Figura 21. Ajuste Estatístico de Tempos de Atendimento de Navios Não Prioritários – Distribuição Erlang 4



Fonte: EASYFIT (2015)

No Apêndice B, são mostrados em maiores detalhes os resultados dos testes estatísticos.

De acordo com os testes realizados, é possível utilizar apenas o modelo M/G/1 para os navios prioritários. Para os navios não prioritários, encaixa-se melhor a fila M/E₄/2, cuja solução analítica ou aproximada não foi encontrada na literatura. Na seção 4.4.3, são explicados os valores adotados.

4.4.2 Cálculo de Capacidade Para o Trecho Prioritário

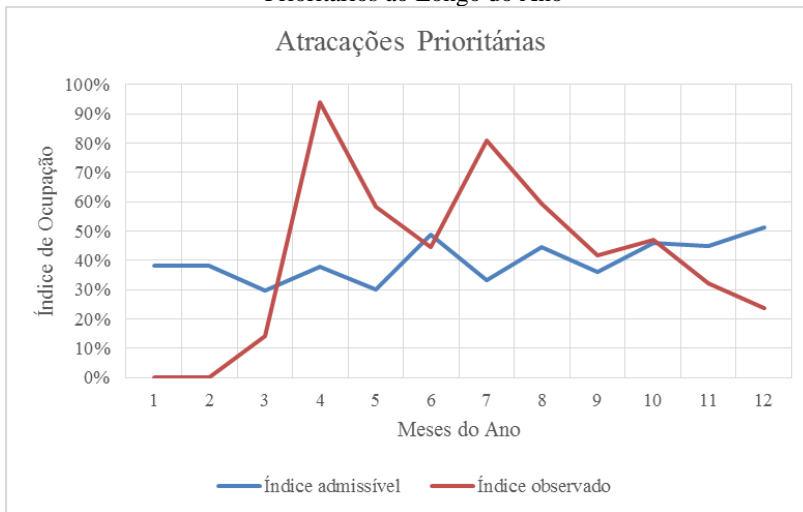
Para o cálculo da capacidade do trecho prioritário no ano analisado, é utilizada a Equação 12, exposta na metodologia, que depende da movimentação observada por mercadoria, índice de ocupação de cais admissível e índice de ocupação de cais observado.

Aplicando-se a fórmula de Pollaczek-Nhinchine de acordo com a adaptação feita na Equação 4, e variando-se os tempos de atendimento e variâncias mensalmente, é possível obter índices de ocupação admissíveis para cada mês do ano.

Os índices de ocupação de cais observados se referem às movimentações de carga operadas pela Empresa A no berço 101.

A Figura 22 mostra os índices de ocupação de cais admissíveis e observados mensalmente no trecho de cais prioritário.

Figura 22. Índices de Ocupação Admissíveis e Observados Para Navios Prioritários ao Longo do Ano



Ressalta-se que o tempo médio de espera considerado admissível foi o mesmo, de 24 horas.

As movimentações dos produtos por operação (soja, milho e farelo) são mostradas no Quadro 13.

Quadro 13. Movimentações dos Produtos do Trecho de Cais Prioritário (t)

Mês	Soja	Milho	Farelo
Janeiro	-	-	-
Fevereiro	-	-	-
Março	95.913	-	-
Abril	375.797	-	91.072
Maio	209.563	-	21.823
Junho	219.787	-	47.002
Julho	214.449	64.788	98.408
Agosto	-	234.175	78.641
Setembro	-	188.642	27.350
Outubro	-	263.534	29.881
Novembro	-	110.027	26.259
Dezembro	-	122.616	26.581

Observa-se que, para os meses de janeiro e fevereiro, a utilização da Equação 12 resulta em indeterminação (divisão de zero por zero). Assim, é utilizada a Equação 11 para parâmetros controláveis considerados factíveis. Esses parâmetros foram considerados como a média dos parâmetros para todo o ano no trecho de cais. Para o cálculo do índice admissível, foi utilizada a Equação 4 considerando a base de dados de atracação do ano todo.

O Quadro 14 mostra a capacidade mensal de movimentação de mercadorias para o trecho de cais prioritário.

Quadro 14. Capacidade de Movimentação dos Produtos do Trecho de Cais Prioritário (t)

Mês	Soja	Milho	Farelo
Janeiro	92.052	81.182	36.888
Fevereiro	85.889	75.747	34.418
Março	199.337	-	-
Abril	150.989	-	36.591
Maiο	107.991	-	11.246
Junho	241.999	-	51.753
Julho	87.938	26.567	40.353
Agosto	-	174.822	58.709
Setembro	-	162.890	23.616
Outubro	-	258.813	29.345
Novembro	-	153.538	36.644
Dezembro	-	264.007	57.231

4.4.3 Cálculo de Capacidade Para o Trecho Não Prioritário

Conforme mostrado na seção 4.4.1, a fila de navios não prioritários pode ser descrita pela notação $M/E_4/2$. No entanto, não foram encontrados na literatura soluções analíticas ou aproximadas para essa fila específica.

SEP/PR e LabTrans (2013a) sugerem nesses casos obtenção de índice de ocupação admissível por meio de função linear de 65% a 80%, variando-se o número de berços de 1 a 4. Como o trecho possui dois berços, o valor adotado seria o índice de 70% para todo o ano.

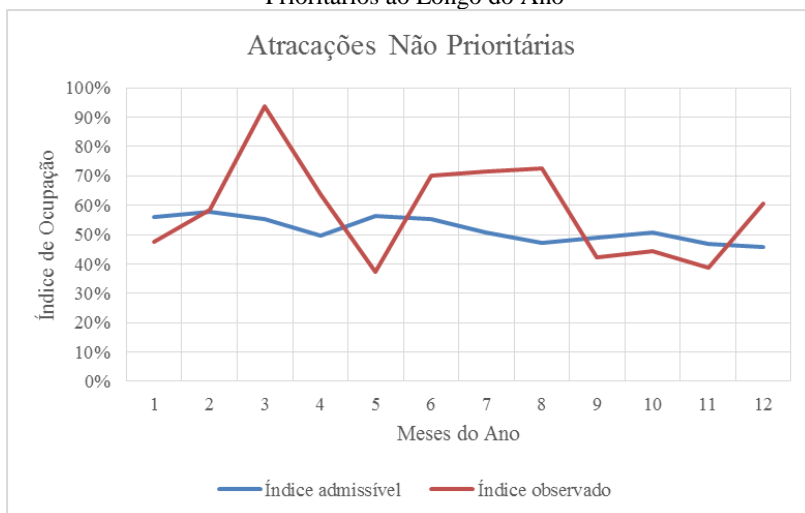
Percebe-se que, ao serem verificados os valores admissíveis calculados para o trecho prioritário, que variaram entre 30% e 50% ao longo do ano, o índice admissível de 70% é muito otimista. Assim, esse valor empírico mostra-se inadequado à situação analisada.

Embora não tenha sido aceita a distribuição Erlang 2 nos testes de hipóteses, sugere-se a adoção da fila $M/E_2/2$, cuja solução aproximada é exposta em Groenveld (2001). Essa aproximação seria a favor da segurança ao se considerar que a variância da função Erlang 2 é duas vezes maior do que a da função Erlang 4, calculando-se a variância dessas duas funções conforme mostrado em Hillier e Lieberman (2001, p.873) para tempos médios de atendimento idênticos.

Dessa forma, sendo adotada essa aproximação, é utilizado o quadro do Anexo A. É consultada a coluna respectiva a dois servidores, e verificada a razão entre tempo médio de espera admissível (24 horas) e tempo médio de atendimento observado. Ainda, é necessária a realização de interpolação linear dos dados do quadro. É possível a obtenção dos valores de índice de ocupação admissíveis variando mensalmente em função dos tempos médios de atendimento observados em cada mês.

A Figura 23 mostra os índices de ocupação de cais admissíveis e observados mensalmente no trecho de cais não prioritário.

Figura 23. Índices de Ocupação Admissíveis e Observados Para Navios Não Prioritários ao Longo do Ano



As movimentações dos produtos por operação (soja, milho e farelo) são mostradas no Quadro 15.

Quadro 15. Movimentações dos Produtos no Trecho de Cais Não Prioritário

Mês	Soja	Milho	Farelo	Farelo + Soja
Janeiro	29.987	217.259	82.328	-
Fevereiro	337.382	-	150.164	94.783 (28,2% farelo)
Março	805.439	-	31.488	214.680 (83,5% farelo)
Abril	67.264	-	86.508	84.120 (82,7% farelo)
Maiο	150.384	-	21.002	92.246 (73,2% farelo)
Junho	140.413	-	176.144	35.668 (59,1% farelo)
Julho	68.861	140.569	42.719	-
Agosto	67.090	73.284	148.688	-
Setembro	-	91.462	58.740	-
Outubro	-	182.501	51.354	-
Novembro	-	137.755	41.144	-
Dezembro	-	149.170	126.845	-

Dessa forma, é possível aplicar a Equação 12 para o cálculo da capacidade no trecho de cais não prioritário nos doze meses do ano, obtendo-se os valores de capacidade de cais expostos no Quadro 16.

Quadro 16. Capacidade de Movimentação dos Produtos no Trecho de Cais Não Prioritário

Mês	Soja	Milho	Farelo	Farelo + Soja
Janeiro	23.887	173.060	65.579	-
Fevereiro	227.432	-	101.227	63.894 (28,2% farelo)
Março	313.319	-	12.249	83.511 (83,5% farelo)
Abril	32.210	-	41.425	40.282 (82,7% farelo)
Maio	159.049	-	22.212	97.562 (73,2% farelo)
Junho	76.577	-	96.064	19.452 (59,1% farelo)
Julho	29.195	59.597	18.112	-
Agosto	25.731	28.107	57.027	-
Setembro	-	67.285	43.213	-
Outubro	-	123.912	34.867	-
Novembro	-	98.344	29.373	-
Dezembro	-	64.175	54.570	-

4.4.4 Capacidade Total do Terminal por Mercadoria

Ao calcular-se a capacidade total do terminal, deve ser considerado que os trechos de cais prioritário e não prioritário são interdependentes, pois o trecho prioritário funcionando a plena capacidade no decorrer de todo o ano influencia a capacidade do trecho não prioritário.

A compreensão dessa situação é facilitada ao tomar-se com exemplo um caso hipotético mais simples, como um berço único que movimenta fertilizantes de forma prioritária e celulose sem prioridade. A movimentação atual de fertilizantes está bem abaixo da considerada admissível. O cálculo da capacidade de movimentação de fertilizantes consideraria todas as horas do berço, enquanto a de movimentação de celulose consideraria as horas do berço descontadas das horas utilizadas para a movimentação de fertilizantes. No entanto, ao serem somados os dois valores obtidos, chegar-se-ia em valor acima da capacidade máxima do berço para o nível de serviço adotado. Isso ocorre porque as horas

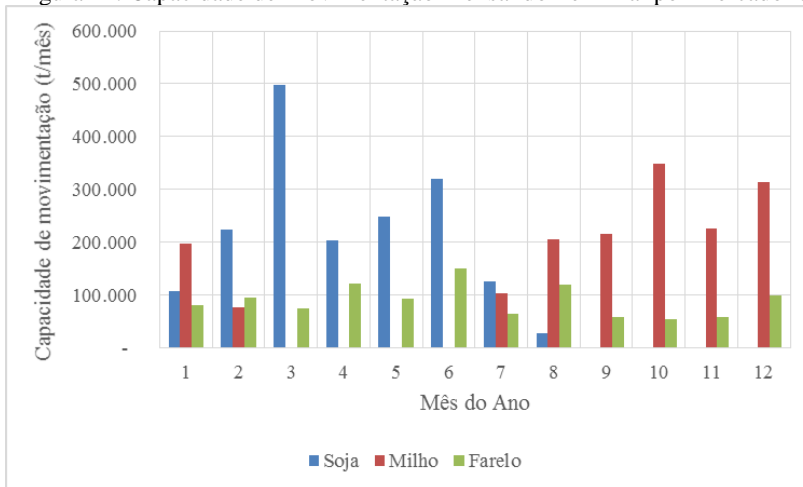
descontadas do trecho não prioritário a princípio não preveem o aumento da movimentação de fertilizantes.

Assim, a capacidade depende fortemente do crescimento esperado da movimentação das mercadorias, e seus respectivos *shares* na ocupação do cais.

Para o cálculo realizado, foi considerada situação na qual o cais prioritário atinge a ocupação admissível em todos os meses, e as horas restantes estão disponíveis para o uso do cais não prioritário.

A Figura 24 e o Quadro 17 mostram os valores encontrados para a capacidade de movimentação de soja em grãos, farelo de soja e milho nos dois berços do terminal.

Figura 24. Capacidade de Movimentação Mensal do Terminal por Mercadoria



Quadro 17. Capacidade de Movimentação das Mercadorias por Mês e Por Ano

Mês	Soja	Milho	Farelo
Janeiro	107.962	196.448	80.566
Fevereiro	223.504	75.747	94.460
Março	498.438	-	74.964
Abril	202.816	-	122.049
Mai	248.650	-	93.514
Junho	319.207	-	149.991
Julho	125.572	103.392	63.701
Agosto	27.652	205.027	119.992
Setembro	-	216.105	57.793
Outubro	-	347.917	54.418
Novembro	-	226.476	58.429
Dezembro	-	313.590	99.394
TOTAL	1.753.800	1.684.702	1.069.272

5 CONCLUSÃO

Como resultado principal, foi obtido o valor de capacidade de movimentação de carga por mês e por ano de cada mercadoria esperada. Em termos anuais, essa capacidade é de 1.753.800 t de soja em grãos, 1.684.702 t de milho e 1.069.272 t de farelo de soja, considerando-se a realidade operacional do ano analisado. Isso leva em conta a participação das diferentes cargas em relação ao total movimentado e os indicadores operacionais calculados para a movimentação das mercadorias.

Com o trabalho realizado, é possível tecer considerações finais, além de reconhecer limitações e apresentar sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que os objetivos geral e específicos foram cumpridos, ao serem obtidos valores de capacidade de movimentação de carga, avaliado o desempenho operacional do terminal por meio de indicadores e verificando-se a influência da sazonalidade nesse contexto.

Os indicadores do operador prioritário (Empresa A) são em geral melhores do que os dos demais operadores. Em comparação com os terminais brasileiros tomados como referência, as operações de movimentação de soja apresentaram ótimo desempenho, as de farelo, um desempenho um pouco abaixo da média, e para o milho, as operações da Empresa A tem desempenho bastante superior ao da média. Uma análise mais detalhada dos valores gerados não pôde ser feita devido à disponibilidade de dados, tanto do desempenho operacional do próprio terminal (dados de parada de operações, manutenção de equipamentos e infraestrutura, por exemplo) quanto de referências para a comparação com valores desejáveis.

Foi procurada a correlação entre o índice de ocupação de cais e indicadores do terminal nos doze meses do ano. As curvas geradas não apresentaram grande correlação entre esses dados, embora tenha ficado claro que todos os indicadores variam significativamente no decorrer do ano. Considera-se que, para a avaliação da sazonalidade do terminal, o indicador de maior relevância é o índice de ocupação de cais.

A respeito do método utilizado para o cálculo da capacidade, considera-se que o mesmo é adequado para a precisão desejada, a nível conceitual de projeto. No entanto, a limitação do mesmo fica a cargo,

além da adoção de solução aproximada para o emprego da teoria de filas em um dos trechos de cais, ao erro inerente à consideração de prioridades de atracação. Uma melhor verificação desse comportamento seria possível ao se utilizar de simulação computacional.

Os valores encontrados para a capacidade portuária estão muito abaixo dos valores de movimentação do terminal. Isso significa que o terminal opera a um nível de serviço muito abaixo do considerado admissível. De fato, os tempos médios de espera, de 5 dias para embarcações prioritárias e 10 dias para as sem prioridade, foram muito acima do valor tomado como admissível, de 1 dia. O respeito ao tempo de espera admissível implicaria em grande redução do volume de carga movimentado, de 36,1% em relação ao total, mantendo-se a mesma estrutura do terminal.

Tendo em vista essa drástica redução das movimentações, fica a dúvida se de fato a adoção do tempo médio de espera de 24 horas seria factível. Do ponto de vista da Autoridade Portuária e dos operadores portuários, a adoção desse tempo seria desastrosa. Já para os armadores, essa medida reduziria bastante o tempo de ciclo do navio e conseqüentemente o tempo de viagem das embarcações, reduzindo o custo relacionado a demurrage.

Embora o nível de serviço do terminal tenha sido considerado inadequado, deve ser verificado o impacto dessa característica na perda de clientes do terminal, que se dirigiram a outro porto em busca de menores custos. Ao ser feita a comparação dos tempos obtidos com os tempos de espera do Corredor de Exportação do Porto de Paraguá, cuja média foi da ordem de 30 dias no ano de 2013 (SEP & LabTrans, 2013a), fica mais evidente a possibilidade da maioria do setor operar com nível de serviço ruim.

Conforme apontado por UNCTAD (1985a), é de maior interesse ao planejador portuário a otimização dos custos portuários totais. Assim, merece maior investigação o tempo médio de espera considerado admissível para que esse ótimo seja obtido. Deve-se atentar também para a diferenciação entre tempos admissíveis de espera em período de safra e entressafra, de tal forma que não haja subutilização das instalações portuárias, tampouco congestionamento inadmissível.

5.2 LIMITAÇÕES

A respeito do cálculo de indicadores operacionais mensais, o pequeno número de atracções em cada subperíodo analisado (mês) faz com que as subamostras sejam pouco significativas. Para maior representatividade dos dados, seria adequado o uso de dados mensais de anos anteriores em conjunto com os do ano analisado.

O índice de ocupação admissível foi considerado o mesmo durante todo o ano, pois não foram encontrados na literatura tempos de espera considerados aceitáveis diferenciando-se períodos de safra e entressafra.

Os valores obtidos para a capacidade possuem limitações intrínsecas à teoria de filas decorrentes de ajuste estatístico e, quando necessário, uso de soluções aproximadas.

O método adotado tem limitações sobretudo devido à aplicação de teoria de filas quando há prioridade de atracções de determinadas mercadorias. Ao se considerar o trecho de cais não prioritário, considera-se que estão sempre disponíveis dois servidores. À medida que o índice de ocupação da carga prioritária chega próximo do admissível, o berço não fica mais sempre disponível para as cargas não prioritárias, o que mudaria o índice admissível devido à diminuição do número de servidores. Outra limitação é a hipótese de que o berço nunca estará ocupado por embarcação não prioritária quando uma prioritária deseja atracar.

Os resultados para ocupação de cais mês a mês foram ligeiramente otimistas, visto que não consideraram redução das horas disponíveis no ano devido a manutenção de equipamentos, serviços de dragagem, manutenção de infraestrutura, dentre outros.

No geral, essas limitações descritas tornam o modelo menos preciso, porém não descredenciam os valores. No entanto, como foram utilizados dados hipotéticos de atracção, a comparação dos valores obtidos com dados de terminais reais não pode ser feita para fins de tomada de decisão.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São feitas as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- Verificação da sazonalidade de um terminal utilizando-se de mais de um ano de registros de atracção;

- Verificação do número de berços necessários para que se tenha um período médio de espera de apenas um dia no terminal analisado;
- Simulação computacional com modelo mais detalhado, que aborde com maior precisão a questão de prioridade de atracação.

REFERÊNCIAS

AAPA – American Association of Port Authorities. **Glossary of Maritime Terms**. 2013. Disponível em: <<http://www.aapa-ports.org/Industry/content.cfm?ItemNumber=1077>>. Acesso em: 09 jun 2015.

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. **Engenharia portuária**. São Paulo: Blucher, 2014. 1307 p.

ANTAQ. **Definição de algumas expressões portuárias**. [201-]. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/DesempenhoPortuario/Documentos/ApresentacaoDefinicaoExpressaoPortuaria.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2015.

_____. **Definições de termos e conceitos técnicos utilizados neste anuário**. Brasília, mar. 2010. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/anuarios/portuario2009/termos.htm>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

_____. **Glossário**. [S.l.], mar. 2011a. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/glossario_antaq_marco_2011.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2015.

_____. **Resolução nº 01 – ANTAQ, de 13 fevereiro de 2015**. [S.l.], fev. 2015. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdfSistema/Publicacao/Resolucoes_Normativas/20150213_Resolucao_Normativa_001_2015.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2015.

_____. **Resolução nº 2240 – ANTAQ, de 4 de outubro de 2011**. [S.l.], out. 2011b. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdfSistema/Publicacao/0000004615.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

APPA – Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. **Painel Porto de Paranaguá**. Paranaguá-PR, [201-]. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

APSFS – Administração do Porto de São Francisco do Sul; PETCON – Planejamento em Transporte e Consultoria Ltda. **Atualização do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de São Francisco do Sul.** 7º Relatório, PDZ Final, Tomo I. [S.l.], 2003. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/EVTEAs/APSFS/7Rel_Tomo_I.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2015.

ARGOSFOTO. **Minério de ferro no pátio da CVRD/ Iron Ore in the storage Yard.** São Luís-MA, jun. 2006. Disponível em: <<http://argosfoto.photoshelter.com/image/I0000h2zV6ZG17JY>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

BAHIA ECONÔMICA. **Porto de Salvador terá R\$98 milhões para ampliar o quebramar.** [201-]. Disponível em: <<http://www.bahiaeconomica.com.br/noticia/65137,porto-de-salvador-tera-r-98-milhoes-para-ampliar-o-quebramar.html>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

BRASIL. Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013.** Brasília, 5 jun. 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 11.518, de 5 de setembro de 2007.** Brasília, 5 set. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111518.htm>. Acesso em: 24 jun. 2015.

BRASIL. Marinha do Brasil. CHN – Centro de Hidrografia da Marinha. Cartas da Costa Brasileira. **Proximidades do Porto de Santos.** Carta 1711. [2004?]. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html>. Acesso em: 25 jun. 2015.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Transporte Aquaviário.** [S.l.], 12 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/transporte-aquaviario.html>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

CHUNG, Kek Choo. World Bank - Transportation, Water and Urban Development Department. **Port Performance Indicators.** [S.l.], dez. 1993. Disponível em:

<<http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1119275973157/td-ps6.pdf>>. Acesso em: 30 mai 2015.

CODERN – Companhia Docas do Rio Grande do Norte. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento**. Natal-RN, 2010. Disponível em: <http://www.codern.com.br/pdfs/PDZ/PDZ_NATAL_REVISADO_OUT_2011.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2015.

CONEXÃO MARÍTIMA. **Operações com pás eólicas crescem em Rio Grande**. [S.l.], jan. 2015. Disponível em: <<http://www.conexaomaritima.com.br/index.php?option=noticias&task=detalhe&Itemid=22&id=15499>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

DE ROUCK, Julien; VAN DE WALLE, Björn; TROCH, Peter; VAN DER MEER, Jentsje; VAN DAMME, Luc; MEDINA, Josep R.; WILLEMS, Marc; FRIGAARD, Peter. **Wave Run-Up on the Zeebrugge Rubble Mound Breakwater: Full-Scale Measurement Results**. [S.l.]: Journal of Coastal Research: Volume 23, 2007. Issue 3, p. 577 – 583. Disponível em: <<http://jcronline.org/doi/abs/10.2112/04-0157.1>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

DREDGING TODAY. **Konecranes Introduces World's First Hybrid Reach Stacker (Sweden)**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.dredgingtoday.com/2013/01/11/konecranes-introduces-worlds-first-hybrid-reach-stacker-sweden/>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

EASYFIT Professional. Version 5.6. [S.l.]: Mathwave Technologies, 2015. Disponível em: <<http://www.mathwave.com>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

EMBRAPORT. **Galeria de fotos**. [S.l.], [201-]. Disponível em: <<http://www.termineembraport.com.br/imprensa/galeria-de-fotos/>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

ESTÚDIO 58. **Imagens aéreas**. [201-]. Disponível em: <<http://www.imagensaereas.com.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2015

EXPORT NEWS. **Movimentação de cargas em portos do país cresceu 2% em 2012**. [S.l.], 2013. Disponível em:

<<http://www.exportnews.com.br/2013/02/movimentacao-de-cargas-em-portos-do-pais-cresceu-2-em-2012>>. Acesso em: 15 jun. 2015

GIBSON, Felipe; CARVALHO, Fred. **G1 RN**. Porto de Natal apresenta proposta para receber torcida mexicana. Natal, 15 abr. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2014/04/porto-de-natal-quer-receber-torcida-mexicana-na-copa-msc-nega-pedido.html>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

GOOGLE EARTH. [201-]. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 2 abr. 2015.

GROENVELD, R. **Service Systems in Ports and Inland Waterways**. Livro-texto utilizado no mestrado da TU Delft no curso de Portos e Vias Navegáveis. Delft (Holanda): VSSD, 2001. 76 p.

HILLIER, Frederick S; LIEBERMAN, Gerald J. **Introduction to operations research**. Seventh Edition. McGraw-Hill: New York-USA, 2001. 1214p.

JEQUITIBÁ. **Construção e Montagem de Tanques da Tequimar no Porto de Aratu-BA**. [S.l.], [201-?]. Disponível em: <<http://jequitibaengenharia.com.br/construcao-e-montagem-de-tanques-da-tequimar-no-porto-de-aratu-ba/>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

LIGTERINGEN, H.; VELSINK, H. **Ports and Terminals**. Livro-texto utilizado no mestrado da TU Delft no curso de Portos e Vias Navegáveis. Delft (Holanda): VSSD, 2012. 276 p.

MELHADO, Nicole. **G1 Vale do Paraíba e Região**. Justiça mantém suspensa licença de ampliação do porto de São Sebastião. [S.l.], 24 fev. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2015/02/justica-mantem-suspensa-licenca-de-ampliacao-do-porto-de-sao-sebastiao.html>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

OGMO ITAJAÍ. **MHC**. Itajaí, 2011. Disponível em: <<http://www.ogmo-itj.com.br/novo/info/mhc.asp>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

OGMO SANTOS – Órgão Gestor de Mão de Obra do Trabalho Portuário do Porto Organizado de Santos. **Lei dos Portos altera o perfil de**

profissionais na operação. Santos, 30 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.ogmo-santos.com.br/site/noticias/noticias.php?WNOTICIARIO=961>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

PETROBRAS. **Terminais e oleodutos.** [S.l.], [201-]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

PIANC - PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES. **Harbour Approach Channels: Design Guidelines.** Bruxelles, 2014a. Disponível em: <<http://www.pianc.org/downloads/publications>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

_____. **Masterplans for the Development of Existing Ports.** PIANC Report nº 158 – Maritime Navigation Commission. Bruxelles, 2014b. Disponível em: <<http://www.pianc.org/downloads/publications>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

PORTAL CARIRI DE CÁ. **Protesto bloqueia acesso ao Porto de Cabedelo e postos de JP podem ficar sem combustíveis.** [S.l.], [2014]. Disponível em: <<http://www.carirideca.com.br/2014/06/78.html>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

PORTO DE MANAUS. **Terminal de Cargas.** Manaus, [201-]. Disponível em: <<http://www.portodemanaus.com.br/?pagina=fotos&secao=4>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

PORTO DE SANTOS. **Áreas de fundeio.** Santos, 4 out. 1999. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/fundeio.php>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

PORTOGENTE. **Portopédia: Demurrage.** [201-?]a. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/demurrage-78562>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

_____. **Portopédia: Logística de Transportes.** [201-?]b. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/logistica-de-transportes-73441>>. Acesso em: 16 abr 2015.

_____. **Principais atividades e cargas movimentadas no terminal francês.** 19 fev. 2006. Disponível em: <<https://portogente.com.br/colunistas/silvio-dos-santos/principais-atividades-e-cargas-movimentadas-no-terminal-frances-6064>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

_____. **Portopédia: Retroárea.** [201-?]c. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/retroarea-74607>>. Acesso em: 09 jun. 2015.

_____. **Portopédia: Transporte Dutoviário.** [201-?]d. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/transporte-dutoviario-74920>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

PORTOS E NAVIOS. **OGMO prejudica produtividade, diz estudo.** [S.I], 22 fev. 2013. Disponível em: <<https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/18239-ogmo-prejudica-produtividade-diz-estudo>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

PORTS REGULATOR OF SOUTH AFRICA. **SA port teminals: capacity and utilization review.** [S.I.], 2015. Disponível em: <<http://www.portsregulator.org/images/documents/South-African-Port-Capacity-and-Utilisation-2014-15.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2015.

RORO MAX. **The terminal.** [S.I.], [201-]. Disponível em: <<http://www.terminal-ro-ro-lehavre.fr/en/ro-ro-terminal>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

SAATY, Thomas L. **Elements of Queuing Theory.** McGraw-Hill Book Company: Nova Iorque-EUA, 1961. 423 p.

SEP/PR – Secretaria de Portos da Presidência da República; LabTrans – Laboratório de Transportes e Logística. **Plano Mestre: Porto de Aratu.** Florianópolis, mar. 2012a. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/porto-de-aratu.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de Paranaguá. Florianópolis, ago. 2013a. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/porto-de-paranagua-1.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de Porto Velho. Florianópolis, out. 2014. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/plano-mestre-do-porto-de-porto-velho-versao-final.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto do Rio Grande. Florianópolis, out. 2013b. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/plano-mestre-do-porto-do-rio-grande.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de São Francisco do Sul. Florianópolis, nov. 2012b. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/porto-de-sao-francisco-do-sul.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

_____. **Plano Mestre:** Porto de Suape. Florianópolis, mar. 2012c. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/porto-de-suape.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

SIPORT21. **Ship Manoeuvring Simulation for vessels in the new maritime terminal in the Port of Barcelona.** [201-]. Disponível em: <<http://fr.siport21.com/project-singulaires/croisieres/>>. Acesso em: 25 jun. 2015

SMITS, Robert. **Capacity study for the Port of Buenos Aires, Argentina.** Delft, abr. 2006. Disponível em: <<http://repository.tudelft.nl/>>. Acesso em: 10 jun. 2006.

THE HINDU. **SPM facility commissioned.** Visakhapatnam-Índica, 12 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.thehindu.com/todays-paper/tp-national/tp-andhrapradesh/spm-facility-commissioned/article1415832.ece>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

THOMALLA, Frank; VINCENT, Chris E. **Designing Offshore Breakwaters Using Empirical Relationships: A Case Study from Norfolk, United Kingdom.** [S.l.]: Journal of Coastal Research: Volume 20, 2004. Issue 4. p. 1224-1230. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2112/01046.1>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development. **Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity.** Monographs on Port Management – Monograph no. 6. [S.l.], 1987. Disponível em: <http://unctad.org/en/Docs/ship4946_en.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2015.

_____. **Port development:** A handbook for panner in developing countries. 2ª ed. Nova Iorque (Estados Unidos), 1985a.

_____. **Port performance indicators.** Geneva, mai. 1976. Disponível em: <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tdbc4d131sup1rev1_en.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

_____. **Operations Planning in Ports.** Monographs on Port Management – Monograph no. 4. [S.l.], 1985b. Disponível em: <http://unctad.org/en/Docs/ship4944_en.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2015.

_____. **Review of Maritime Transport.** Nova Iorque (Estados Unidos) e Genebra (Suíça): United Nations Publication, 2013. Disponível em: <http://unctad.org/en/publicationslibrary/rmt2013_en.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

VAN DER MOLEN, Willem. **Behaviour of Moored Ships in Harbours.** Enschede-Holanda, 2006. Disponível em: <<http://repository.tudelft.nl>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A. REGISTROS DE ATRACAÇÃO NO TERMINAL

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
102	Outro	539300	25/12/00 8:30	27/12/00 18:25	27/12/00 19:00	31/12/00 19:00	2/1/01 14:45	Farelo	29363
102	Outro	543800	28/12/00 7:00	2/1/01 16:35	2/1/01 20:58	6/1/01 14:45	6/1/01 19:30	Milho	67864
102	Outro	479900	6/1/01 23:00	6/1/01 23:00	7/1/01 2:14	10/1/01 16:34	11/1/01 0:15	Soja	29987
101	Outro	532400	17/12/00 5:15	7/1/01 19:50	7/1/01 21:36	9/1/01 14:13	9/1/01 18:15	Milho	39321
101	Outro	544000	5/1/01 23:00	9/1/01 20:40	9/1/01 22:00	11/1/01 4:26	11/1/01 9:15	Farelo	17220
102	Outro	539300	11/1/01 8:50	11/1/01 8:50	11/1/01 12:00	13/1/01 1:47	13/1/01 4:10	Farelo	13948
102	Outro	543900	2/1/01 13:45	13/1/01 6:45	13/1/01 10:58	17/1/01 1:00	17/1/01 16:10	Milho	61242
101	Outro	532400	14/1/01 23:15	14/1/01 23:15	15/1/01 7:00	16/1/01 20:54	17/1/01 3:00	Milho	12151
102	Outro	534000	17/1/01 20:25	17/1/01 20:25	18/1/01 0:48	21/1/01 3:50	21/1/01 6:35	Farelo	34949
102	Outro	5611	12/1/01 11:30	21/1/01 10:55	21/1/01 13:00	23/1/01 17:13	23/1/01 20:15	Milho	36682
101	Outro	24511	19/1/01 20:52	30/1/01 18:20	30/1/01 20:18	31/1/01 23:59	1/2/01 2:40	Farelo	16211
101	Outro	29711	4/2/01 16:00	4/2/01 18:55	4/2/01 19:00	7/2/01 4:25	7/2/01 7:45	Soja	67539
102	Outro	552300	1/1/01 14:48	5/2/01 11:30	5/2/01 13:00	9/2/01 19:00	10/2/01 1:06	Farelo	66670
101	Outro	34311	6/2/01 4:00	8/2/01 14:00	8/2/01 14:30	10/2/01 13:00	10/2/01 13:35	Soja	64891
102	Outro	14511	13/1/01 20:35	10/2/01 15:40	10/2/01 19:00	12/2/01 21:38	12/2/01 23:10	Farelo	23768
101	Outro	552300	11/2/01 0:35	11/2/01 0:35	11/2/01 1:00	11/2/01 5:49	11/2/01 12:50	Farelo	2326
101	Outro	29311	8/2/01 7:00	11/2/01 17:20	11/2/01 19:00	13/2/01 14:44	14/2/01 3:30	Soja	68405

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
101	Outro	31111	14/2/01 18:35	14/2/01 18:35	15/2/01 1:00	17/2/01 13:00	17/2/01 18:10	Farelo	14824
101	Outro	58811	15/2/01 8:55	17/2/01 20:35	17/2/01 23:50	20/2/01 2:00	20/2/01 6:09	Soja	64868
102	Outro	16011	14/1/01 1:30	18/2/01 20:45	18/2/01 21:00	20/2/01 20:30	21/2/01 1:06	Farelo	26700
101	Outro	31111	20/2/01 15:35	20/2/01 15:35	20/2/01 16:10	21/2/01 16:31	21/2/01 20:10	Farelo	15876
101	Outro	74211	20/2/01 11:00	23/2/01 5:00	23/2/01 7:00	25/2/01 2:51	25/2/01 7:20	Soja	60820
101	Outro	44311	2/2/01 22:20	25/2/01 12:00	25/2/01 13:00	1/3/01 20:31	2/3/01 1:55	Farelo	26732
101	Outro	44311	2/2/01 22:20	25/2/01 12:00	25/2/01 13:00	1/3/01 20:31	2/3/01 1:55	Soja	68051
102	Outro	33611	28/2/01 19:10	28/2/01 19:10	28/2/01 20:35	1/3/01 16:37	2/3/01 3:45	Soja	10860
101	Outro	69711	25/2/01 12:30	2/3/01 8:05	2/3/01 9:00	4/3/01 13:00	4/3/01 16:15	Soja	64309
102	Outro	61211	2/3/01 9:30	2/3/01 9:30	2/3/01 10:20	2/3/01 16:32	3/3/01 3:15	Soja	6245
102	Outro	34411	3/3/01 5:40	3/3/01 5:40	3/3/01 7:00	6/3/01 8:14	6/3/01 15:20	Farelo	43506
102	Outro	34411	3/3/01 5:40	3/3/01 5:40	3/3/01 7:00	6/3/01 8:14	6/3/01 15:20	Soja	9436
101	Outro	76811	26/2/01 0:01	5/3/01 15:10	5/3/01 19:00	8/3/01 8:58	8/3/01 23:00	Soja	64147
102	Outro	36511	26/1/01 1:00	6/3/01 17:15	6/3/01 20:25	9/3/01 14:40	9/3/01 20:55	Soja	58860
102	Outro	36511	26/1/01 1:00	6/3/01 17:15	6/3/01 20:25	9/3/01 14:40	9/3/01 20:55	Soja	4298
101	Outro	85411	3/3/01 0:01	9/3/01 1:20	9/3/01 1:50	10/3/01 18:00	10/3/01 21:50	Soja	64878
102	Outro	89511	27/2/01 10:18	10/3/01 1:05	10/3/01 4:00	12/3/01 0:03	12/3/01 4:10	Soja	58980
102	Outro	34211	27/1/01 5:00	12/3/01 7:25	12/3/01 10:48	17/3/01 7:00	17/3/01 13:00	Farelo	61563

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
102	Outro	34211	27/1/01 5:00	12/3/01 7:25	12/3/01 10:48	17/3/01 7:00	17/3/01 13:00	Soja	12288
101	Outro	99811	8/3/01 12:40	13/3/01 12:15	13/3/01 13:35	14/3/01 10:06	14/3/01 15:10	Soja	26293
101	Outro	87211	10/3/01 1:45	14/3/01 20:15	14/3/01 20:45	16/3/01 14:38	16/3/01 17:15	Soja	58971
101	Outro	80011	24/2/01 23:00	17/3/01 2:25	17/3/01 3:00	19/3/01 21:28	20/3/01 2:50	Soja	95074
102	Outro	82711	26/2/01 13:20	17/3/01 22:00	18/3/01 0:14	19/3/01 22:40	20/3/01 4:45	Soja	64878
102	Outro	84411	4/3/01 23:10	20/3/01 7:40	20/3/01 10:00	23/3/01 8:59	23/3/01 20:00	Soja	64878
101	Outro	87711	25/2/01 22:00	20/3/01 8:45	20/3/01 9:00	22/3/01 11:57	22/3/01 18:20	Farelo	31488
101	Outro	96911	6/3/01 6:02	22/3/01 23:20	23/3/01 7:48	25/3/01 1:53	25/3/01 12:00	Soja	58977
102	Outro	41611	5/2/01 7:00	24/3/01 2:00	24/3/01 7:00	29/3/01 22:30	30/3/01 1:15	Farelo	74125
102	Outro	41611	5/2/01 7:00	24/3/01 2:00	24/3/01 7:00	29/3/01 22:30	30/3/01 1:15	Soja	13763
101	Outro	105911	5/3/01 19:00	25/3/01 14:30	25/3/01 19:00	27/3/01 21:21	28/3/01 1:10	Soja	50754
101	A	120411	24/3/01 7:20	28/3/01 11:40	28/3/01 19:00	1/4/01 4:45	1/4/01 14:55	Soja	95913
102	Outro	74711	21/2/01 6:00	30/3/01 5:45	30/3/01 8:52	1/4/01 14:55	2/4/01 1:45	Soja	63895
101	A	132811	29/3/01 19:30	1/4/01 19:40	1/4/01 21:16	3/4/01 4:17	3/4/01 14:45	Farelo	20542
101	A	134711	28/3/01 7:30	3/4/01 17:45	3/4/01 22:28	5/4/01 23:59	7/4/01 19:35	Soja	64892
102	Outro	61011	17/2/01 11:12	7/4/01 2:05	7/4/01 10:20	12/4/01 2:00	12/4/01 6:10	Farelo	69585
102	Outro	61011	17/2/01 11:12	7/4/01 2:05	7/4/01 10:20	12/4/01 2:00	12/4/01 6:10	Soja	14534

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
101	A	123111	20/3/01 8:00	7/4/01 22:55	8/4/01 3:22	9/4/01 22:04	10/4/01 1:30	Soja	64019
101	Outro	112411	13/3/01 4:06	10/4/01 7:30	10/4/01 9:31	11/4/01 19:07	11/4/01 22:50	Farelo	20871
101	A	121411	26/3/01 12:15	12/4/01 0:20	12/4/01 1:00	16/4/01 13:07	16/4/01 15:35	Soja	63330
102	Outro	150311	13/4/01 6:15	13/4/01 12:37	14/4/01 14:00	18/4/01 8:50	18/4/01 15:10	Soja	63415
101	A	139211	5/4/01 0:10	16/4/01 20:40	16/4/01 21:00	19/4/01 2:00	19/4/01 16:15	Soja	63808
102	Outro	112411	18/4/01 17:34	18/4/01 17:34	18/4/01 19:00	23/4/01 5:28	23/4/01 11:45	Farelo	65637
101	A	142911	5/4/01 7:30	19/4/01 19:15	19/4/01 19:40	23/4/01 1:14	23/4/01 4:45	Soja	61178
101	A	163911	21/4/01 18:15	23/4/01 7:20	23/4/01 10:32	25/4/01 23:28	26/4/01 1:50	Farelo	19640
102	Outro	137311	23/4/01 14:25	23/4/01 14:25	23/4/01 15:30	23/4/01 18:30	25/4/01 12:40	Soja	3848
101	A	164111	22/4/01 15:30	26/4/01 5:35	26/4/01 7:00	27/4/01 9:10	27/4/01 12:20	Farelo	20832
101	A	153011	15/4/01 20:00	27/4/01 14:45	27/4/01 15:00	29/4/01 12:53	30/4/01 0:40	Soja	58570
101	A	171311	26/4/01 2:54	30/4/01 2:55	30/4/01 7:00	2/5/01 3:01	2/5/01 14:40	Farelo	30058
102	Outro	123811	20/3/01 21:11	1/5/01 1:50	1/5/01 9:33	4/5/01 22:10	5/5/01 2:15	Farelo	38345
102	Outro	123811	20/3/01 21:11	1/5/01 1:50	1/5/01 9:33	4/5/01 22:10	5/5/01 2:15	Soja	9718
101	A	172811	28/4/01 18:40	2/5/01 20:10	2/5/01 20:25	4/5/01 23:59	5/5/01 3:40	Soja	75798
102	Outro	177111	29/4/01 23:12	5/5/01 6:30	5/5/01 9:02	7/5/01 11:01	7/5/01 18:45	Soja	67090
101	Outro	123811	5/5/01 7:25	5/5/01 7:25	5/5/01 7:45	6/5/01 16:49	6/5/01 19:45	Farelo	21002

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
101	A	181211	5/5/01 13:30	8/5/01 22:55	9/5/01 1:24	11/5/01 19:00	12/5/01 1:05	Soja	58971
102	Outro	174311	10/5/01 16:00	10/5/01 16:00	11/5/01 0:09	12/5/01 6:05	12/5/01 13:30	Soja	18416
101	A	191111	11/5/01 4:00	12/5/01 5:05	12/5/01 6:11	12/5/01 23:59	13/5/01 14:10	Farelo	7970
101	A	191111	11/5/01 4:00	12/5/01 5:05	12/5/01 6:11	12/5/01 23:59	13/5/01 14:10	Soja	7560
102	Outro	188811	30/4/01 22:45	12/5/01 22:55	13/5/01 1:30	15/5/01 18:41	15/5/01 21:00	Farelo	29200
102	Outro	188811	30/4/01 22:45	12/5/01 22:55	13/5/01 1:30	15/5/01 18:41	15/5/01 21:00	Soja	14984
101	A	201211	22/5/01 9:00	22/5/01 10:30	22/5/01 13:00	28/5/01 12:43	29/5/01 14:10	Farelo	21823
101	A	205011	22/5/01 16:48	30/5/01 3:37	30/5/01 7:00	1/6/01 11:35	1/6/01 15:15	Soja	74794
102	Outro	214011	24/5/01 7:30	30/5/01 20:20	30/5/01 22:10	2/6/01 9:07	2/6/01 16:05	Soja	64878
101	A	224811	1/6/01 22:00	1/6/01 23:03	2/6/01 1:37	2/6/01 23:59	3/6/01 3:55	Soja	19603
102	Outro	194511	2/6/01 20:08	2/6/01 20:08	2/6/01 22:22	5/6/01 19:00	5/6/01 20:20	Farelo	21098
102	Outro	194511	2/6/01 20:08	2/6/01 20:08	2/6/01 22:22	5/6/01 19:00	5/6/01 20:20	Soja	14571
101	A	220211	1/6/01 16:42	3/6/01 13:10	3/6/01 13:30	5/6/01 1:48	5/6/01 4:45	Farelo	29007
101	Outro	220811	5/6/01 9:20	5/6/01 9:20	5/6/01 10:25	6/6/01 8:15	6/6/01 18:20	Farelo	18172
102	Outro	214911	3/6/01 3:14	6/6/01 0:28	6/6/01 4:15	8/6/01 8:32	8/6/01 14:00	Soja	58980
101	A	230111	4/6/01 10:45	6/6/01 21:48	7/6/01 1:07	7/6/01 18:50	7/6/01 22:15	Soja	25630
101	Outro	220111	6/6/01 15:40	8/6/01 1:45	8/6/01 7:04	11/6/01 6:55	11/6/01 9:15	Farelo	29819

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
102	Outro	220111	11/6/01 9:15	11/6/01 9:30	11/6/01 13:00	14/6/01 7:00	14/6/01 10:45	Farelo	28486
101	A	235911	13/6/01 0:30	13/6/01 1:30	13/6/01 7:00	13/6/01 21:01	14/6/01 1:40	Soja	20386
102	Outro	245811	13/6/01 8:00	14/6/01 14:05	14/6/01 16:00	16/6/01 19:19	17/6/01 4:55	Soja	64251
101	A	237311	16/6/01 10:00	16/6/01 10:50	16/6/01 13:00	18/6/01 9:41	18/6/01 18:50	Soja	62081
102	Outro	185411	17/6/01 12:50	17/6/01 12:50	17/6/01 13:00	21/6/01 5:37	21/6/01 10:15	Soja	17182
102	Outro	232011	2/6/01 14:55	21/6/01 17:05	21/6/01 19:00	24/6/01 16:31	24/6/01 20:15	Farelo	32186
101	A	243111	22/6/01 7:00	23/6/01 10:35	23/6/01 11:00	24/6/01 19:37	25/6/01 1:10	Farelo	17996
102	Outro	220111	24/6/01 22:20	24/6/01 22:20	25/6/01 1:52	26/6/01 7:00	26/6/01 7:45	Farelo	12090
101	A	258011	23/6/01 2:30	25/6/01 5:30	25/6/01 7:15	27/6/01 19:07	28/6/01 1:10	Soja	92087
102	Outro	259011	14/6/01 21:55	26/6/01 11:50	26/6/01 13:00	30/6/01 1:00	30/6/01 1:50	Farelo	26542
102	Outro	258511	23/6/01 6:55	30/6/01 6:45	30/6/01 12:07	3/7/01 5:14	3/7/01 10:05	Farelo	28848
101	A	274411	1/7/01 13:30	1/7/01 16:50	2/7/01 13:00	4/7/01 5:31	5/7/01 13:10	Farelo	31097
102	A	235311	3/7/01 15:05	3/7/01 15:05	3/7/01 19:43	4/7/01 12:35	5/7/01 18:10	Farelo	10074
101	A	262811	28/6/01 1:20	6/7/01 14:25	6/7/01 15:00	10/7/01 22:06	11/7/01 4:00	Soja	92117
102	Outro	267511	27/6/01 3:36	8/7/01 4:05	8/7/01 13:53	13/7/01 10:42	13/7/01 14:40	Soja	68861
101	A	270511	11/7/01 4:00	11/7/01 6:45	11/7/01 10:47	12/7/01 14:33	12/7/01 16:05	Farelo	20890
102	A	274411	13/7/01 21:20	13/7/01 21:20	13/7/01 21:35	17/7/01 7:00	18/7/01 20:20	Farelo	38072

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
101	A	281011	4/7/01 10:30	14/7/01 3:35	14/7/01 7:00	17/7/01 1:54	17/7/01 16:05	Soja	61689
101	A	294111	17/7/01 7:12	17/7/01 19:30	17/7/01 20:10	19/7/01 15:46	19/7/01 20:20	Farelo	26755
102	Outro	269111	4/7/01 15:18	18/7/01 23:55	19/7/01 4:10	21/7/01 3:54	21/7/01 14:15	Milho	64878
101	Outro	301311	17/7/01 18:45	20/7/01 11:50	20/7/01 13:00	20/7/01 23:59	21/7/01 4:10	Farelo	10207
102	Outro	279911	10/7/01 8:30	21/7/01 17:25	21/7/01 21:11	24/7/01 18:03	24/7/01 21:20	Farelo	32512
101	A	289511	11/7/01 13:15	23/7/01 17:35	23/7/01 19:00	29/7/01 14:19	29/7/01 16:40	Soja	60643
102	Outro	287911	15/7/01 5:00	27/7/01 22:10	28/7/01 11:06	2/8/01 4:59	2/8/01 9:10	Milho	75691
101	A	300011	26/7/01 14:48	29/7/01 19:20	29/7/01 19:55	31/7/01 12:36	31/7/01 17:25	Milho	64788
101	A	297111	29/7/01 12:00	31/7/01 20:50	31/7/01 21:15	1/8/01 23:59	2/8/01 8:45	Farelo	19666
102	Outro	301311	2/8/01 12:55	2/8/01 12:55	2/8/01 13:00	10/8/01 5:03	10/8/01 13:30	Farelo	27114
102	Outro	301311	2/8/01 12:55	2/8/01 12:55	2/8/01 13:00	10/8/01 5:03	10/8/01 13:30	Farelo	9722
101	A	312911	29/7/01 17:48	2/8/01 13:45	2/8/01 19:00	3/8/01 6:03	3/8/01 9:40	Farelo	9323
101	A	315111	2/8/01 17:15	3/8/01 12:35	3/8/01 13:00	4/8/01 9:51	4/8/01 14:10	Milho	32437
101	A	322811	1/8/01 1:18	9/8/01 4:30	9/8/01 11:33	10/8/01 22:03	11/8/01 2:40	Farelo	27292
102	Outro	311811	24/7/01 0:35	10/8/01 15:55	10/8/01 20:13	15/8/01 13:09	15/8/01 17:10	Soja	67090
101	A	330411	8/8/01 22:40	12/8/01 13:20	12/8/01 19:00	15/8/01 21:59	16/8/01 1:00	Milho	68310
102	Outro	298611	27/7/01 7:25	15/8/01 20:45	15/8/01 23:36	20/8/01 7:00	20/8/01 9:10	Farelo	37102

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
101	Outro	315711	6/8/01 8:20	16/8/01 3:45	16/8/01 7:13	17/8/01 11:21	17/8/01 15:50	Farelo	20521
101	A	340811	14/8/01 9:00	17/8/01 20:00	18/8/01 7:00	19/8/01 14:18	19/8/01 17:10	Farelo	20408
101	A	333911	16/8/01 12:00	19/8/01 21:35	20/8/01 1:00	21/8/01 16:13	21/8/01 20:07	Milho	65325
102	Outro	315011	28/7/01 17:30	20/8/01 23:20	21/8/01 2:18	23/8/01 15:10	24/8/01 1:00	Milho	73284
101	A	339211	12/8/01 6:00	21/8/01 22:50	22/8/01 10:53	23/8/01 23:59	24/8/01 14:45	Farelo	21618
102	Outro	315711	25/8/01 5:00	25/8/01 5:00	25/8/01 8:08	28/8/01 20:21	28/8/01 23:10	Farelo	49779
101	A	347611	21/8/01 17:00	28/8/01 8:55	28/8/01 13:00	30/8/01 7:20	30/8/01 16:05	Milho	68104
102	Outro	344311	16/8/01 22:00	29/8/01 2:45	29/8/01 8:40	1/9/01 18:36	1/9/01 21:15	Farelo	41286
102	Outro	345011	18/8/01 7:00	2/9/01 0:05	2/9/01 3:25	5/9/01 6:20	5/9/01 13:15	Milho	64878
101	Outro	350111	21/8/01 7:00	7/9/01 17:40	8/9/01 7:16	10/9/01 4:07	10/9/01 8:00	Farelo	36469
101	A	343011	27/8/01 13:30	10/9/01 10:30	10/9/01 14:39	12/9/01 14:21	12/9/01 19:55	Milho	64878
102	Outro	350111	12/9/01 0:25	12/9/01 0:25	12/9/01 8:19	17/9/01 1:09	17/9/01 5:20	Farelo	21842
102	Outro	384611	17/9/01 16:00	17/9/01 16:45	17/9/01 19:00	23/9/01 1:00	23/9/01 4:05	Farelo	22271
101	A	375211	8/9/01 20:30	17/9/01 17:40	17/9/01 19:00	18/9/01 16:58	18/9/01 20:40	Milho	29701
101	A	386311	16/9/01 16:24	21/9/01 18:00	22/9/01 7:00	22/9/01 23:52	23/9/01 2:10	Milho	26984
101	A	383211	19/9/01 14:48	25/9/01 8:55	25/9/01 10:58	30/9/01 12:27	30/9/01 18:10	Milho	67080
102	Outro	395311	27/9/01 2:06	27/9/01 23:35	29/9/01 7:00	30/9/01 4:26	30/9/01 7:35	Milho	5420

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
102	Outro	395311	27/9/01 2:06	27/9/01 23:35	29/9/01 7:00	30/9/01 4:26	30/9/01 7:35	Milho	21164
101	A	386411	20/9/01 6:54	30/9/01 21:50	1/10/01 1:00	2/10/01 21:48	3/10/01 0:15	Farelo	27350
101	Outro	398211	3/10/01 23:40	3/10/01 23:40	4/10/01 1:00	5/10/01 11:33	5/10/01 15:25	Farelo	14000
102	Outro	398211	5/10/01 15:25	5/10/01 15:45	6/10/01 10:15	12/10/01 19:00	12/10/01 20:40	Farelo	42359
101	A	383311	18/9/01 9:48	5/10/01 17:20	5/10/01 19:00	7/10/01 21:23	8/10/01 2:20	Milho	70189
101	A	421711	10/10/01 22:55	10/10/01 23:50	11/10/01 7:00	12/10/01 4:34	12/10/01 8:35	Milho	32436
102	Outro	422811	5/10/01 15:30	12/10/01 23:30	13/10/01 1:00	15/10/01 14:56	15/10/01 17:45	Farelo	37353
101	A	428311	12/10/01 9:24	15/10/01 6:20	15/10/01 7:00	17/10/01 14:20	17/10/01 17:45	Milho	64627
102	Outro	422911	8/10/01 21:40	16/10/01 1:05	16/10/01 7:50	17/10/01 23:55	18/10/01 2:40	Milho	52595
101	A	425811	15/10/01 1:40	17/10/01 22:00	18/10/01 1:05	19/10/01 14:55	20/10/01 1:15	Farelo	29881
101	A	429511	13/10/01 10:15	20/10/01 11:45	20/10/01 13:00	22/10/01 12:50	22/10/01 15:17	Milho	32334
101	A	447111	27/10/01 5:36	27/10/01 15:00	27/10/01 16:31	29/10/01 9:26	29/10/01 14:05	Milho	63949
102	Outro	447611	28/10/01 1:00	28/10/01 2:25	28/10/01 13:35	30/10/01 20:19	30/10/01 23:00	Milho	64878
102	Outro	447711	27/10/01 6:00	31/10/01 1:55	31/10/01 7:48	4/11/01 3:33	4/11/01 14:05	Milho	65028
101	A	464211	1/11/01 10:15	1/11/01 11:40	1/11/01 13:00	3/11/01 7:52	3/11/01 13:00	Milho	45968
102	Outro	447811	4/11/01 18:00	4/11/01 18:00	5/11/01 10:13	11/11/01 15:13	11/11/01 18:10	Farelo	32491
102	Outro	466511	3/11/01 6:15	12/11/01 2:10	12/11/01 5:19	16/11/01 13:21	16/11/01 22:45	Milho	72877

Quadro 18. Registros de Atracação no Terminal (Continuação)

Berço	Operador	ID Atrac.	Chegada	Atracação	Início Op.	Fim Op.	Desatracação	Mercadoria	Lote (t)
101	A	480611	17/11/01 15:48	18/11/01 14:50	18/11/01 16:48	20/11/01 7:25	20/11/01 14:45	Milho	64058
102	Outro	453711	19/11/01 20:55	19/11/01 20:55	19/11/01 21:20	22/11/01 13:00	22/11/01 16:05	Farelo	41144
102	Outro	456211	1/11/01 16:24	22/11/01 19:50	23/11/01 1:25	25/11/01 9:05	25/11/01 12:45	Milho	64878
101	A	489611	23/11/01 11:00	25/11/01 16:15	25/11/01 19:00	27/11/01 22:34	28/11/01 9:25	Farelo	26259
101	A	483211	26/11/01 7:00	28/11/01 12:40	28/11/01 14:30	30/11/01 11:55	30/11/01 15:30	Farelo	9772
101	A	483211	26/11/01 7:00	28/11/01 12:40	28/11/01 14:30	30/11/01 11:55	30/11/01 15:30	Milho	60510
102	Outro	480811	1/12/01 2:05	2/12/01 2:05	2/12/01 7:00	7/12/01 3:19	7/12/01 8:20	Farelo	23685
101	Outro	480811	7/12/01 8:20	7/12/01 8:40	7/12/01 9:30	8/12/01 17:58	9/12/01 0:10	Farelo	22704
101	A	500111	26/11/01 23:18	9/12/01 4:50	9/12/01 6:56	11/12/01 4:41	11/12/01 8:10	Milho	57444
102	Outro	518711	9/12/01 2:00	9/12/01 5:45	9/12/01 7:00	14/12/01 2:22	14/12/01 5:45	Farelo	46433
102	Outro	510811	3/12/01 9:00	14/12/01 8:55	14/12/01 14:02	16/12/01 22:30	17/12/01 4:10	Milho	70186
101	A	526011	15/12/01 14:00	15/12/01 15:55	15/12/01 19:00	17/12/01 4:28	17/12/01 10:10	Farelo	26581
102	Outro	520011	11/12/01 14:00	17/12/01 12:55	17/12/01 16:30	21/12/01 13:50	21/12/01 18:20	Milho	78984
101	A	519611	15/12/01 17:30	17/12/01 14:00	17/12/01 15:24	18/12/01 6:51	18/12/01 14:10	Milho	26201
101	A	524411	18/12/01 22:05	18/12/01 22:50	19/12/01 7:00	20/12/01 9:05	20/12/01 15:05	Milho	38970
102	Outro	525611	21/12/01 19:45	21/12/01 19:45	22/12/01 1:00	30/12/01 12:46	30/12/01 17:35	Farelo	40401
101	Outro	531911	23/12/01 8:25	23/12/01 9:25	26/12/01 7:00	27/12/01 5:33	27/12/01 10:40	Farelo	17306

APÊNDICE B. DETALHES DO AJUSTE ESTATÍSTICO REALIZADO COM O PROGRAMA EASYFIT

Figura 25. Tempo Entre Chegadas Sucessivas de Embarcações Prioritárias –
Distribuição Negativa Exponencial

Exponential [#13]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	57				
Statistic	0,06462				
P-Value	0,95877				
Rank	5				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,13919	0,15906	0,17669	0,19758	0,21199
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	57				
Statistic	0,19508				
Rank	6				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	2,5754				
P-Value	0,76509				
Rank	8				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	7,2893	9,2364	11,07	13,388	15,086
Reject?	No	No	No	No	No

Fonte: Easyfit (2015)

Figura 26. Tempo de Atendimento de Embarcações Prioritárias – Distribuição Erlang 4

Erlang [#9]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	59				
Statistic	0,16609				
P-Value	0,06847				
Rank	36				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,13686	0,15639	0,17373	0,19427	0,20844
Reject?	Yes	Yes	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	59				
Statistic	2,5285				
Rank	39				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	Yes	Yes	Yes	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	5				
Statistic	9,4831				
P-Value	0,09128				
Rank	31				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	7,2893	9,2364	11,07	13,388	15,086
Reject?	Yes	Yes	No	No	No

Fonte: Easyfit (2015)

Figura 27. Tempo Entre Chegadas Sucessivas de Embarcações Não Prioritárias
– Distribuição Negativa Exponencial

Exponential [#11]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	97				
Statistic	0,05792				
P-Value	0,88194				
Rank	12				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,10722	0,12249	0,13606	0,15214	0,16324
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	97				
Statistic	0,3604				
Rank	10				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	6				
Statistic	2,874				
P-Value	0,82449				
Rank	12				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	8,5581	10,645	12,592	15,033	16,812
Reject?	No	No	No	No	No

Fonte: Easyfit (2015)

Figura 28. Tempo de Atendimento de Embarcações Não Prioritárias –
Distribuição Erlang 4

Erlang [#9]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	114				
Statistic	0,07418				
P-Value	0,53267				
Rank	23				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,1005	0,11454	0,12719	0,14217	0,15257
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	114				
Statistic	1,0618				
Rank	25				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	6				
Statistic	6,9584				
P-Value	0,32471				
Rank	27				
α	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	8,5581	10,645	12,592	15,033	16,812
Reject?	No	No	No	No	No

Fonte: Easyfit (2015)

APÊNDICE C. VARIAÇÃO MENSAL DOS INDICADORES OPERACIONAIS

Figura 29. Variação Mensal da Produtividade Por Hora de Operação no Trecho de Cais Prioritário

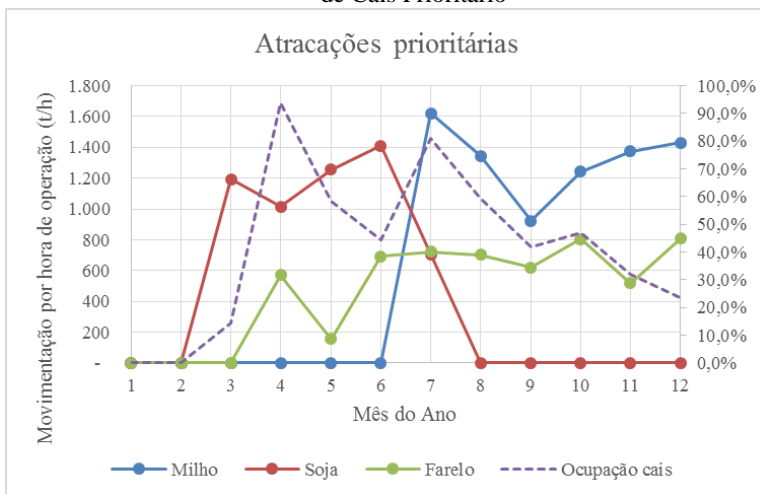


Figura 30. Variação Mensal da Produtividade Por Hora de Operação no Trecho de Cais Não Prioritário

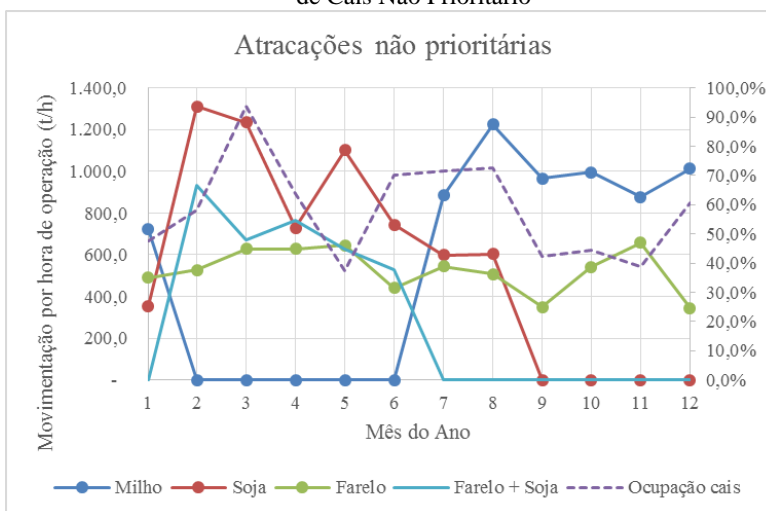


Figura 31. Variação Mensal dos Lotes Médios das Embarcações do Trecho de Cais Prioritário

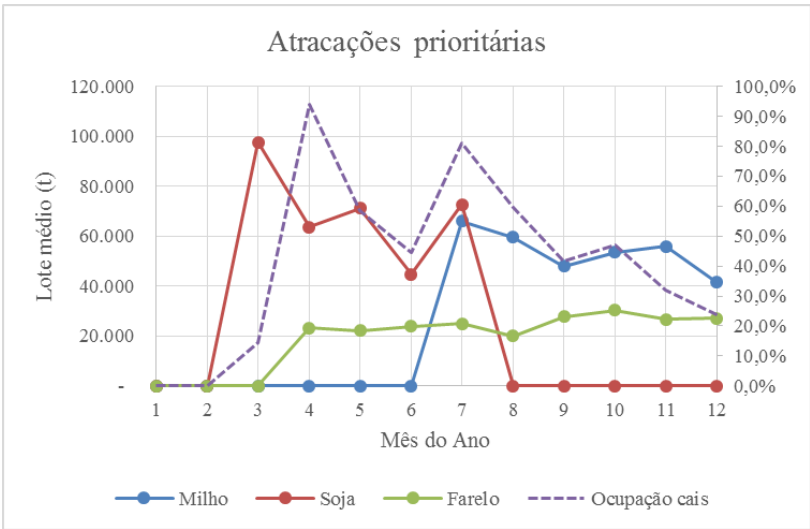


Figura 32. Variação Mensal dos Lotes Médios das Embarcações do Trecho de Cais Não Prioritário

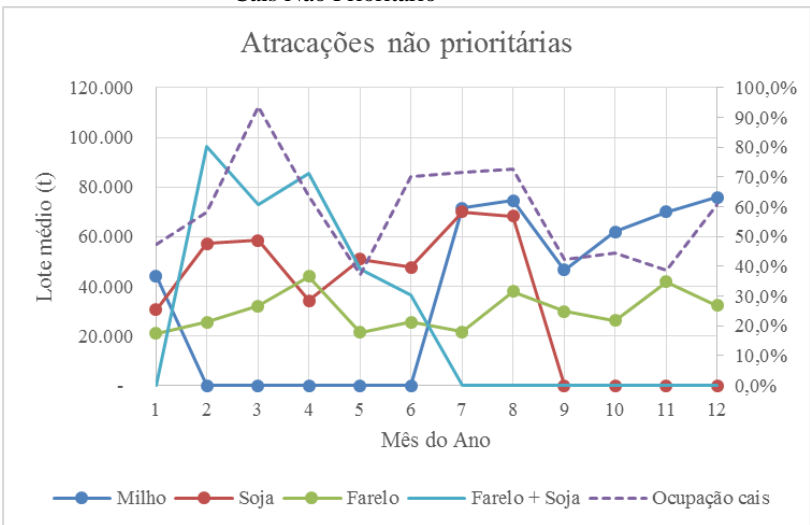


Figura 33. Variação Mensal dos Tempos Médios Inoperantes das Embarcações do Trecho de Cais Prioritário

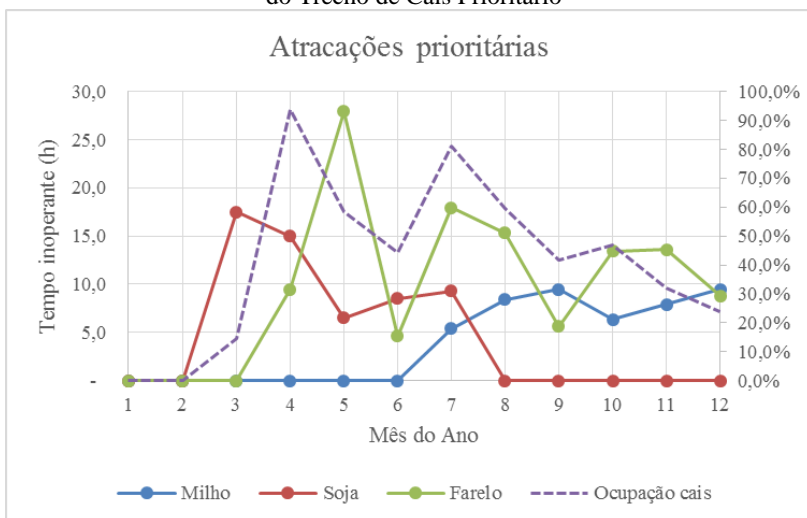


Figura 34. Variação Mensal dos Tempos Médios Inoperantes das Embarcações do Trecho de Cais Não Prioritário

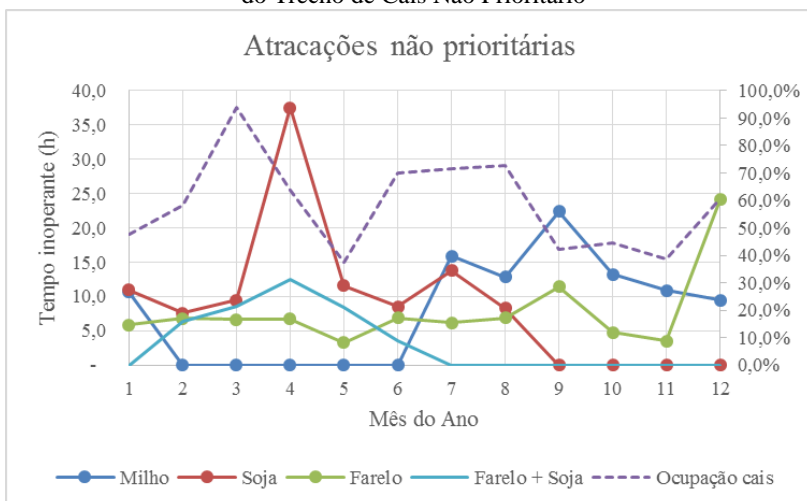


Figura 35. Variação Mensal dos Tempos Médios de Espera das Embarcações do Trecho de Cais Prioritário

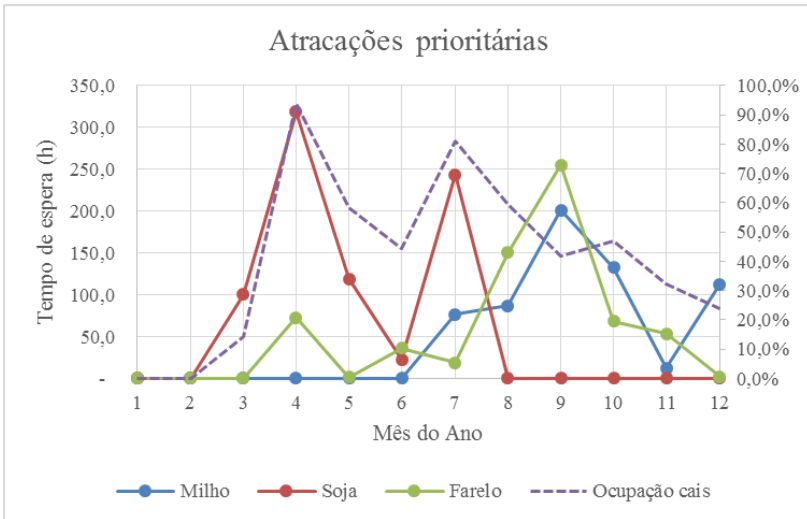
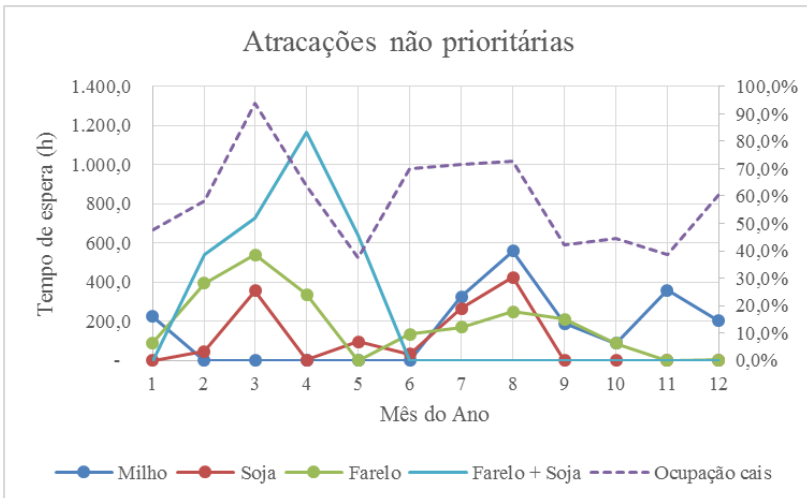


Figura 36. Variação Mensal dos Tempos Médios de Espera das Embarcações do Trecho de Cais Não Prioritário



ANEXOS

ANEXO A. SOLUÇÃO APROXIMADA PARA A FILA M/E₂/S

Quadro 19. Tempo de Espera Médio de Embarcações na Fila M/E₂/s (em Unidades de Tempo Médio de Atendimento)

Índice de Ocupação	Número de servidores			
	1	2	3	4
0,10	0,08	0,01	0,00	0,00
0,15	0,13	0,02	0,00	0,00
0,20	0,19	0,03	0,01	0,00
0,25	0,25	0,05	0,02	0,00
0,30	0,32	0,08	0,03	0,01
0,35	0,40	0,11	0,04	0,02
0,40	0,50	0,15	0,06	0,03
0,45	0,60	0,20	0,08	0,05
0,50	0,75	0,26	0,12	0,07
0,55	0,91	0,33	0,16	0,10
0,60	1,13	0,43	0,23	0,14
0,65	1,38	0,55	0,30	0,19
0,70	1,75	0,73	0,42	0,27
0,75	2,22	0,96	0,59	0,39
0,80	3,00	1,34	0,82	0,57
0,85	4,50	2,00	1,34	0,90
0,90	6,75	3,14	2,01	1,45

Fonte: Adaptado de Groenveld (2001)